

**Aus dem Institut für Arbeitsmedizin  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster  
- Univ.-Prof. Dr. med. Ute Witting -  
und dem polizeiärztlichen Dienst des Polizeipräsidium Münster  
- Prof. Dr. med. Dirk Clasing -**

**BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG DER  
POLIZEIVOLLZUGSBEAMTINNEN UND -BEAMTEN  
DURCH DAS GEWICHT DER EINSATZKLEIDUNG  
UND AUSTRÜSTUNG**

**Inaugural - Dissertation  
zur  
Erlangung des doctor medicinae  
der Medizinischen Fakultät der  
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

**vorgelegt von:  
Petra Schwarz, geb. Herbst  
aus Datteln  
2003**

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität Münster**

**Dekan : Univ.-Prof. Dr. med. H. Jürgens**

**1. Berichterstatter : Univ.-Prof. Dr. med. Ute Witting**

**2. Berichterstatter : Univ.-Prof. Dr. med. K. Völker**

**Tag der mündlichen Prüfung : 12.09.2003**

**Aus dem Institut für Arbeitsmedizin  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster  
- Univ.-Prof. Dr. med. Ute Witting -  
und dem polizeiärztlichen Dienst des Polizeipräsidium Münster  
- Prof. Dr. med. Dirk Clasing -  
Referent : Univ.-Prof. Dr. med. Ute Witting  
Koreferent : Univ.-Prof. Dr. med. K. Völker**

**Zusammenfassung :**

## **BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG DER POLIZEIVOLLZUGSBEAMTINNEN UND -BEAMTEN DURCH DAS GEWICHT DER EINSATZKLEIDUNG UND AUSTRÜSTUNG**

Schwarz, Petra

Männer und Frauen sind im Polizeidienst in einer Einsatzhundertschaft den gleichen Arbeitsbedingungen unterworfen. Die körperliche Belastung wird insbesondere durch das Gewicht der Einsatzkleidung und Ausrüstung bestimmt, das nur bedingt der körperlichen Konstitution Rechnung trägt. Ziel dieser Studie war es, in einer vergleichenden Untersuchung die Belastung und Beanspruchung von Frauen und Männern zu ermitteln und zu prüfen, ob Frauen aufgrund ihrer konstitutionellen Voraussetzungen in höherem Maße beansprucht werden.

Dazu wurde die Belastung und Beanspruchung von 12 Frauen und 29 Männern auf dem Laufband in Sport- und Einsatzkleidung verglichen. Die Laufbandgeschwindigkeit betrug über eine Stunde 6 km/h und anschließend über 7,5 min 9 km/h. Das Gesamtgewicht der Einsatzkleidung und Ausrüstung im Verhältnis zum Körpergewicht ergab bei den Frauen einen Anteil von 29 % und bei den Männern einen Anteil von 23 % des mittleren Körpergewichts. Als Parameter der Beanspruchung wurden Herzfrequenz, Laktatkonzentration und subjektive Befindlichkeit nach der Borg-Skala in regelmäßigen Abständen und während der Laufbandbelastung erfasst und statistisch ausgewertet.

Bei der Belastung in Sportkleidung bei einer Gehgeschwindigkeit von 6 km/h zeigte sich ein Steady-State-Verhalten der Beanspruchungsparameter mit mittleren Herzfrequenzen und Laktatkonzentrationen von 125 /min bzw. 1,25 mmol/l bei den Frauen und 102 /min bzw. 1,23 mmol/l bei den Männern. Im letzten Belastungsintervall bei 9 km/h Laufgeschwindigkeit stiegen Herzfrequenzen und Laktatkonzentrationen bei den Frauen auf 174 /min bzw. 4mmol/l und bei den Männern auf 148 /min bzw. 2,7 mmol/l an. Das subjektive Belastungsempfinden wurde in beiden Gruppen als leicht bezeichnet. In Einsatzkleidung und Ausrüstung wurde bei 6 km/h ein deutlicher Ermüdungsanstieg beobachtet mit Herzfrequenzen bis zu 170 /min bei den Frauen und bis zu 155 /min bei den Männern. Die Laktatkonzentration lag bei den Frauen mit 2,5 mmol/l im aerob-anaeroben Übergangsbereich, bei den Männern mit 1,5 mmol/l deutlich darunter. Im letzten Belastungsintervall stiegen Herzfrequenzen und Laktatwerte bei den Frauen auf 187 /min bzw. 5,6 mmol/l und bei den Männern auf 182/min bzw. 4,7 mmol/l an. Das subjektive Belastungsempfinden wurde von den Männern als schwer, von den Frauen als sehr schwer bezeichnet. 10 der 12 Frauen und 12 der 29 Männer brachen den Testlauf vor Erschöpfung ab. Die Ergebnisse zeigen, dass Frauen in Einsatzkleidung und Ausrüstung im Vergleich zu Männern einer weitaus höheren Belastung und Beanspruchung ausgesetzt sind. Sie gelangen durch die überproportional schwere Einsetzausrüstung deutlich eher an ihre Leistungsgrenzen. Valide ergonomische Daten zur Begrenzung des Lastgewichts von Schutzausrüstungen liegen bislang nicht vor. Insoweit kann zur Zeit nur empfohlen werden, die Belastung der individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen. Ob dies durch modifizierte Anforderungen in der Arbeit- und Einsatzorganisation, durch gezieltes Training unter Einsatzbedingungen, vor allem aber durch ein geringeres Gewicht erreicht werden kann, muss dringend geprüft werden.

**Tag der mündlichen Prüfung: 12.09**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>6</b>
2.1	Übersicht.....	6
2.2	Studienkollektiv .....	6
2.3	Anthropometrische Daten des Studienkollektivs .....	7
2.4	Untersuchungsverlauf der Laufbandergometrie .....	7
2.4.1	Belastungsschema .....	7
2.4.2	Untersuchungsschema.....	8
2.4.3	Messgrößen.....	10
2.4.4	Teilnahme des Untersuchungskollektivs .....	12
2.4.5	Fragebogen .....	13
2.5	Fahrradergometrie.....	14
2.6	Statistische Auswertung.....	16
<b>3</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>17</b>
3.1	Laufbandergometrie .....	17
3.1.1	Frauen .....	17
3.1.2	Männer .....	27
3.1.3	Frauen und Männer .....	37
3.1.4	Fragebogen: Frauen und Männer.....	44
3.2	Fahrradergometrie: Frauen und Männer .....	47
3.2.1	Frauen .....	47
3.2.2	Männer .....	48
3.2.3	Fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von Frauen und Männern bei der Einstellungsuntersuchung in NRW .....	49

<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>50</b>
4.1	Beanspruchung von Frauen und Männern auf dem Laufband .....	52
4.2	Fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von Frauen und Männern .	54
4.3	Eignung von Frauen in anderen Berufsfeldern .....	57
4.4	Arbeitsphysiologische Bewertung einer Last bzw. schweren Ausrüstung .....	59
4.4.1	Rechtsgrundlagen .....	64
4.5	Thermoregulation während dynamischer Arbeit: Temperaturerhöhung und Gewichtsverlust .....	66
4.6	Konzeption der Körperschutzausstattung unter Berücksichtigung der Fragebogenergebnisse im Hinblick auf arbeitsmedizinische Empfehlungen .....	68
4.7	Arbeitphysiologische Bewertung der Studienergebnisse.....	72
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>76</b>
<b>7</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>82</b>
<b>9</b>	<b>Bildanhang .....</b>	<b>I</b>

# 1 Einleitung

Anfang 1993 hat der leitende Arzt der Polizei Bayern das Problem der körperlichen Belastung von Polizeivollzugsbeamtinnen und -beamten mit Einsatzanzug und der zusätzlichen Ausrüstung untersucht ( Jung, 1997 ). Die Einsatzkleidung wiegt rund 6 kg, die Ausrüstung rund 12 kg. Er verglich die Herzkreislaufbelastungen von Beamten, die verschieden groß und schwer waren, mittels der Fahrradergometrie. Diese erste Untersuchung war aus mehreren Gründen noch unvollständig: Die Fahrradergometrie ist nicht diensttypisch; das zugeladene Gewicht ruhte auf dem Sattel und eine Vergleichsuntersuchung in normaler Sportkleidung fehlte. Fahrradergometrische Belastungen sind zwar in der Arbeits- und Sportmedizin zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit üblich ( Lehmann et al., 1983 ), aber eine Aussage darüber, wie sich die Einsatzrüstung als zusätzliches Element auf die körperliche Belastung auswirkt, kann eine fahrradergometrische Untersuchung nicht leisten.

Aussagen über die Beanspruchung lassen sich im direkten Einsatz schwerlich erfassen, vor allem aber nicht standardisiert; auf einem Laufbandergometer kann ein Modell in Einsatzbelastung geschaffen werden. Dabei liegt der Vorteil der Laufbandergometrie darin, dass die diensttypischen Verrichtungen wie Gehen und Laufen mit Einsatzrüstung standardisiert untersucht werden können (Bild 1). Nach Kindermann liegen die Vorteile der Laufbandergometrie in einer maximal möglichen Ausbelastung aufgrund geringerer lokaler Muskelermüdung und in dem natürlichen Bewegungsablauf ( Kindermann, 1987 ).

In der vorgelegten Studie wurde eine Einsatzsituation der Bereitschaftspolizei im Labor auf dem Laufband simuliert; über eine Stunde wurde die Beanspruchung bei der Fortbewegung in der gesamten Einsatzkleidung bei Frauen und Männern beobachtet. Die Laufbandergometrie kommt den alltäglichen und damit den eingeübten Bewegungsabläufen am nächsten ( Lehmann et al., 1983 ). Schlei-

sing betrachtet die Gehgeschwindigkeit bei Lastenträgern von 4 - 6 km/h als ideal ( Schleusing und Ohl, 1967 ). Nach den Untersuchungen von Stoffert beträgt die durchschnittliche Gehgeschwindigkeit von Straßenpassanten 5,34 km/h, die der schnellsten Passanten 7,5 km/h und das Marschtempo der Bundeswehr 5,47 km/h ( Stoffert, 1986 ).

Bei der Polizei Nordrhein-Westfalen wurde 1982 mit der Ausbildung von Frauen begonnen. Zur Zeit werden etwa gleich viele Frauen wie Männer eingestellt. Von guten konditionellen und konstitutionellen Voraussetzungen der Polizeivollzugsbeamten kann aufgrund der polizeiärztlichen Auswahluntersuchung mit den Auswahlkriterien gemäß der Polizei-Dienst-Vorschrift 300 ausgegangen werden ( Innenminister des Landes NRW, 1988 ). Das Leistungsvermögen wird fahrradergometrisch und durch einen Sporttest überprüft. Nach Einstellung und Ausbildung in einer Polizeieinrichtung folgt die Versetzung zu einer Kreispolizeibehörde. Später kann eine Verwendung in einer Einsatzhundertschaft erfolgen oder der Beamte wird zum Einsatz aus besonderen Anlässen gemäß Polizei-Dienst-Vorschrift 350 herangezogen ( Innenminister des Landes NRW, 1995 ). Er trägt dabei die Einsatzkleidung gemäß Dienstkleidungsordnung ( Innenminister des Landes NRW, 1991 ).

Die Einsatzkleidung besteht zur Zeit aus einem Einsatzanzug, einer Einsatzjacke, ein Paar Einsatzstiefeln und Einsatzhandschuhen. Als Ausrüstung werden eine Schutzweste, ein halboffener Schutzhelm, ein Schutzschild mit integriertem Schlagstock, jeweils ein Paar Arm- und Beinprotektoren, eine Dienstwaffe mit Halter, ein Paar Handschellen, ein Reizstoffsprühgerät und ein Funkgerät mitgeführt (Bild 2). Diese Ausrüstung wiegt insgesamt je nach Größe rund 18 bis 20 kg.

Die Bedeutung des Gewichtes von polizeilichen Schutzausrüstungen wurde in der Ergonomie bisher noch nicht umfassend untersucht. Schutzkleidung wird im Berufsleben in den verschiedensten Arbeitsbereichen getragen, um den Anwender vor gesundheitsgefährdenden Einwirkungen auf seinen Körper zu schützen. Als

Beispiel sei hier die Schutzkleidung und Ausrüstung der Feuerwehrmänner erwähnt.

Ziel dieser Arbeit ist es, Beanspruchungen beim Tragen von schwerer Einsatzrüstung zu untersuchen und zwischen Frauen und Männern zu vergleichen. Im Zuge zunehmender Beschäftigung von Frauen bei der Polizei NRW werden in Zukunft auch Frauen vermehrt Einsatzkleidung tragen. Die körperliche Konstitution von Frauen wirft hier die Frage auf, ob und inwieweit Frauen mit dem Tragen der Einsatzkleidung mehr beansprucht werden als Männer; das Tätigkeitsprofil und der Gefährdungsbereich im Einsatz ist dabei für beide Geschlechter absolut gleich. Eine derartige identische Arbeitsanforderung von Frauen und Männern in körperlich beanspruchenden Berufen ist selten zu finden. Neben dem kardiopulmonalen Parameter wie der Herzfrequenz sollen der Laktatspiegel und die subjektive Bewertung der Belastung sowie der Gewichtsverlust und der Temperaturanstieg beobachtet werden. Die Ergebnisse sollen die geschlechtsspezifische Beanspruchung darstellen.

In der anschließenden Diskussion sollen die Leistungsunterschiede zwischen Männern und Frauen aus arbeitsphysiologischer Sicht erörtert werden. Praktische Empfehlungen zur Lösung der Probleme sollen aus heutiger Sicht und aktuellen rechtlichen Vorgaben abgeleitet und konkret benannt werden.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Übersicht

<b><i>Untersuchungen</i></b>
1. Laufbandergometrie
Fragebogen
Temperaturmessung
Gewichtsverlust
2. Fahrradergometrie

### 2.2 Studienkollektiv

An der Studie nahmen insgesamt 41 Beamte, davon 12 Beamtinnen aus den Einsatzhundertschaften Münster und Recklinghausen teil. Nach der Laufbandergometrie fand einige Tage später eine Fahrradergometrie statt.

Untersucht wurden 12 Frauen und 29 Männer, davon 12 im August 1996, weitere 29 Teilnehmer im Juni bis September 1997. Die Teilnahme war freiwillig und nicht mit materieller Zuwendung verbunden; Voraussetzung für die Teilnahme war die Zugehörigkeit zu einer Einsatzhundertschaft. Die Studienteilnehmer waren alle körperlich gesund und einsatzfähig.

## 2.3 Anthropometrische Daten des Studienkollektivs

Die Frauen waren im Mittel 26 Jahre und 10 Monate alt, 166 cm groß, 61,4 kg schwer mit einem mittleren Body-Mass-Index ( Gewicht in kg/ [Größe in m]<sup>2</sup> ) von 22,3 kg/m<sup>2</sup> (Tab.1).

Die Männer waren im Mittel 30 Jahre und 5 Monate alt, 182 cm groß, 83,4 kg schwer mit einem mittleren Body-Mass-Index ( Gewicht in kg/ [Größe in m]<sup>2</sup> ) von 25,1 kg/m<sup>2</sup> (Tab.1).

Parameter	Frauen (n=12)				Männer (n=29)			
	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max
Alter (Jahre; Monate)	26;10	2;1	24	30	30;5	5;7	23	47
Größe (cm)	166	3	162	172	182	7	167	194
Gewicht (kg)	61,4	6,6	53,4	76	83,4	8,7	65,8	99,4
Body-Mass-Index (kg/m <sup>2</sup> )	22,3	2,8	19,4	27,9	25,1	2,1	20,3	29,4

Tab.1 : Übersicht der Ergebnisse aus den Jahren 1996 und 1997

## 2.4 Untersuchungsverlauf der Laufbandergometrie

### 2.4.1 Belastungsschema

Die Laufbandergometrie wurde auf einem Laufband der Fa. Woodway<sup>®</sup> durchgeführt und bei einer konstanten Laufbandneigung von 1% geleistet. Nach den Erfahrungen von Hundertschaftsführern, eigenen Überlegungen und der o.g. Literatur wurde das Gehen mit 6 km/h und das Laufen mit 9 km/h Geschwindigkeit in der Studie definiert. Die Geschwindigkeit betrug über eine Stunde 6 km/h und anschließend über 7,5 min 9 km/h. Nach jeweils 7,5 min Belastung wurden für 30 s Pausen zur Kapillarblutentnahme eingelegt (Tab. 2, Tab. 3).

Die insgesamt zurückgelegte Strecke betrug 7,125 km. In der anschließenden Erholungsphase von 5 min wurde für einige Meter die Geschwindigkeit noch nicht sofort auf Null reduziert. Die Belastung dauerte 67,5 min, die Pausen insgesamt 4,5 min und die gesamte Untersuchung 77 min (Tab. 2):

Intervall	Geschwindigkeit	Gesamtdauer	Intervalldauer	Strecke
<b>Gehen</b>	6 km/h	60 min	7,5 min	6 km
<b>Laufen</b>	9 km/h	7,5 min	7,5 min	1.125 km
<b>Pausen</b>	0 km/h	4,5 min	0,5 min	0 km
<b>Erholung</b>	2-3 km/h	5 min	1.,3.,5. min	0,250 km

Tab. 2: Gesamtübersicht zum Belastungsschema

#### 2.4.2 Untersuchungsschema

Die Probanden absolvierten die Laufbandergometrie an jeweils zwei aufeinanderfolgenden Tagen. Am ersten Tag wurde als Sportkleidung ein Trainingsanzug mit Sportschuhen getragen. Am zweiten Tag wurden als Einsatzkleidung und Ausrüstung die persönlich zugewiesenen Modelle der Fa. Sitec® oder Fa. Mktec® mitgebracht.

Die Laufbandergometrien fanden immer vormittags statt. Die klimatischen Bedingungen waren an allen Untersuchungstagen konstant, der Luftdruck lag im Mittel bei 973 - 1000 hPa, die relative Luftfeuchte bei 59 - 60 % und die Raumtemperatur bei 19 - 20 C°. Bei der Untersuchung im Labor war der Luftwiderstand im Freien ausgeschaltet; er wurde durch eine Laufbandneigung von 1% simuliert. Der natürliche Bewegungsablauf wird allerdings beim Tragen eines Schutzschildes durch die seitlichen Begrenzungen des Laufbands eingeschränkt (Bild 1).

Die Tab. 3 zeigt die **Intervalle** der Laufbandergometrie in ihrer zeitlichen Reihenfolge sowie die zu den einzelnen Zeitpunkten erhobenen Messgrößen :

Beschreibung der Intervalle	Messzeitpunkt (min)	Laufbandgeschwindigkeit (km/h)	Messgrößen
<b>Vor der Laufbandergometrie</b>	0	0	Körpergröße, Gewicht der Sport-/Einsatzkleidung, Körpertemperatur, Körpergewicht
		0	Herzfrequenz Laktat
		6	Herzfrequenz Laktat + subj. Befindlichkeit
		6	Herzfrequenz Laktat
		6	Herzfrequenz Laktat
		6	Herzfrequenz Laktat
		6	Herzfrequenz Laktat + subj. Befindlichkeit
		9	Herzfrequenz Laktat + subj. Befindlichkeit
		2-3	Herzfrequenz Laktat
		2-3	Herzfrequenz Laktat
		2-3	Herzfrequenz Laktat + subj. Befindlichkeit
<b>ergometrie</b>			Körpertemperatur, Körpergewicht, Fragebogen

Tab. 3: Intervalle, Laufbandgeschwindigkeit, Messgrößen und Messzeitpunkte vor, während und nach der Laufbandergometrie

### 2.4.3 Messgrößen

Folgende Messgrößen wurden gemäß Tab. 3 zu den entsprechenden Zeitpunkten erhoben:

Vor der Laufbandergometrie wurde das **Körpergewicht** ermittelt und das Gewicht der Sport- oder Einsatz-Bekleidung als Differenz vom Körpergewicht bekleidet und unkleidet errechnet. Weiterhin wurde die Körpergröße im Stehen ohne Schuhwerk gemessen. Die Gewichtsmessung wurde auf 100 g genau durchgeführt.

Die **Herzfrequenz** wurde mit dem Pulstester Typ Fa. Polar<sup>®</sup> ermittelt; dazu wurde ein befeuchteter Elektrodengurt mit Sender um den Brustkorb angelegt und eine Polar-Pulsuhr<sup>®</sup> als Empfänger am rechten Handgelenk getragen (Bild 1). Die Herzfrequenz wurde in Ruhe, am Ende jeden Belastungsintervalls von 7,5 min und in der 1., 3. und 5. min der Erholungszeit auf der Polar-Pulsuhr<sup>®</sup> abgelesen und auf dem Auswertbogen dokumentiert (Tab. 3). Um einen Pauseneffekt auf die Herzfrequenz weitgehend auszuschließen, wurde die Herzfrequenz am Ende des jeweiligen Belastungsintervalls registriert.

Die **Laktatbestimmung** wurde in regelmäßigen Abständen von 7,5 min durchgeführt; dazu wurde die Laufbandbelastung für jeweils 30 s unterbrochen. Der Laktatspiegel wurde in Ruhe, in den jeweils 30 s Pause nach jedem Belastungsintervall von 7,5 min und in der 1., 3. und 5. min der Erholungszeit bestimmt (Tab. 3); dazu stellte sich der Proband auf die seitlichen Begrenzungen des Laufbands und legte Schutzschild und Helm auf das Haltegeländer.

Zur sofortigen Auswertung diente das Reflexionsphotometer Accusport<sup>®</sup> der Fa. Boehringer<sup>®</sup>. Ein Teststreifen wurde mit einem Tropfen Kapillarblut aus einem hyperämisierten Ohrläppchen benetzt. Trockenchemisch wurde der Laktatwert nach 60 s bestimmt und digital angezeigt. Bei vorzeitigem Abbruch der Belastung wurden die Werte für das nachfolgende Intervall berücksichtigt, sofern mindestens 2

min des Intervalls absolviert wurden. Gleichzeitig wurden der Laktatspiegel und der Grund für den Belastungsabbruch notiert.

Die **subjektive Befindlichkeit** wurde nach der Borg-Skala ( Borg, 1970 ) numerisch erfasst. Vor Beginn der Untersuchung wurde den Probanden die numerische Skala erläutert. Während der Belastung konnte der Teilnehmer sich auf einem Aushang und durch Rückfragen zu den verschiedenen Abstufungen wiederholt orientieren. Bei vorzeitigem Abbruch der Belastung wurden die Werte für das nachfolgende Intervall berücksichtigt, sofern mindestens 2 min des Intervalls absolviert wurden. Die verbalen und numerischen Termini der Borg-Skala sind in der Abb. 1 gegenübergestellt. Der RPE-Wert, zur Vereinfachung um den Faktor 10 reduziert, korreliert mit der Herzfrequenz.

Verbale Termini	RPE-Wert
sehr, sehr schwer	20
	19
	18
sehr schwer	17
	16
schwer	15
	14
etwas stärker	13
	12
leicht	11
	10
sehr leicht	9
	8
sehr, sehr leicht	7
	6

Abb. 1: Borg-Skala ( Borg, 1970 )

Verbale Termini und RPE-Werte (Received Perception of Exertion)

Die **Körpertemperatur** wurde tympanal mit dem Gerät Thermoscan® der Fa. Braun vor und nach der Laufbandergometrie bestimmt. Die Körpertemperatur

konnte nur bei den 29 Teilnehmern von 1997 ermittelt werden, da 1996 noch kein entsprechendes Messgerät zur Verfügung stand.

#### 2.4.4 Teilnahme des Untersuchungskollektivs

Die erste Gruppe von 1996 gehörte der BPH (Bereitschaftspolizeihundertschaft) Münster, die zweite Gruppe von 1997 der BPH Recklinghausen und der BPH Gelsenkirchen an.

Zunächst wurde bei jedem Teilnehmer die Laufbandergometrie an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt; am ersten Tag wurde Sportkleidung und am zweiten Tag die Einsatzkleidung getragen. Daran anschließend wurde der Fragebogen ausgefüllt. Die zusätzliche fahrradergometrische Untersuchung fand am Heimatstandort einige Wochen später statt.

Die Ergebnisse wurden wie folgt erhoben:

<b>Untersuchungen</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>
1.Laufbandergometrie	n = 12	n = 29
Fragebogen	-	n = 29
Temperaturmessung	-	n = 29
Gewichtsverlust	n = 12	n = 29
2.Fahrradergometrie	-	n = 29

### 2.4.5 Fragebogen

Im Anschluss an die zweite Laufbanduntersuchung füllten 29 Teilnehmer von 1997 einen Fragebogen aus, in dem sie Stellung zur Schutzkleidung nahmen:

**Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker.....**

	<u>genau-</u> <u>so</u>	<u>kaum</u> <u>stärker</u>	<u>etwas</u> <u>stärker</u>	<u>deutlich</u> <u>stärker</u>	<u>viel</u> <u>stärker</u>	<u>sehr</u> <u>viel</u> <u>stärker</u>
1. Ist die Einsatzkleidung für Luft undurchlässig?						
2. Belastet Sie das Gewicht der Einsatzkleidung?						
3. Fühlen Sie sich durch die Einsatzkleidung geschützt?						
4. Gibt Ihnen die Ausrüstung das Gefühl der Sicherheit?						
5. Nimmt Ihnen die Bekleidung die Sicherheit bei der Bewegung? a)s.u.						
6. Nimmt ihnen die Ausrüstung die Sicherheit der Bewegung? b)s.u.						
7. Fühlen Sie sich durch die Bekleidung beansprucht?						
8. Fühlen Sie sich durch die Ausrüstung beansprucht?						

Zu 5 a. Durch welches Bekleidungsteil am meisten? \_\_\_\_\_

Zu 6 b. Durch welches Ausrüstungsteil am meisten? \_\_\_\_\_

9. Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz die komplette Ausrüstung getragen? \_\_\_\_\_

10. Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz Teile der Ausrüstung getragen? \_\_\_\_\_

11. Welche Teile wurden oft kombiniert getragen? \_\_\_\_\_

12. Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie auf dem Laufband am meisten gestört? \_\_\_\_\_

13. Warum? \_\_\_\_\_

14. Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie bisher im Einsatz am meisten gestört? \_\_\_\_\_

15. Warum? \_\_\_\_\_

## 2.5 Fahrradergometrie

Die Fahrradergometrie bei den 29 Teilnehmern von 1997 wurde am jeweiligen Standort der Polizeivollzugsbeamten ausgeführt. Dazu dienten die Fahrradergometer der Fa. Lode<sup>®</sup> in Münster und der Fa. Hellige<sup>®</sup> (Meditronic 40-3) in Recklinghausen und Gelsenkirchen.

Die benutzten Fahrradergometer sind elektrisch gebremst und drehzahlunabhängig; sie werden in regelmäßigen Abständen kalibriert.

### Belastungsschema der Fahrradergometrie:

Die Anfangsbelastung lag für Frauen bei 75 Watt, für Männer bei 100 Watt. Die Belastung wurde dann stufenweise alle 3 Minuten um 50 Watt bis zur maximalen Belastbarkeit gesteigert. In Ruhe, am Ende jeder Belastungsstufe und in der 1., 3. und 5. min der Erholungszeit wurde die Herzfrequenz aus dem registrierten EKG ermittelt.

Die W 170 wurde aus den Daten der Fahrradergometrie ermittelt; sie ist unter einer stufenweise ansteigenden Belastung diejenige Leistung, die bei einer Herzfrequenz von 170/min erreicht wird. Dabei wird der Wert durch Interpolation zwischen dem nächsthöheren und dem niedrigeren Wert berechnet. Die relative Leistungsfähigkeit wird in Watt/kg Körpergewicht angegeben, die absolute Leistungsfähigkeit in Watt.

Das hier untersuchte Kollektiv bildete nur eine kleine Gruppe; daher wurden die W 170 von 555 Bewerberinnen und 680 Bewerbern bei der Einstellungsuntersuchung der Polizei NRW ausgewertet: die Daten wurden im polizeiärztlichen Werbe- und Auswahldienst erhoben und in der Studie als repräsentatives Kollektiv bewertet. Folgende Daten standen geschlechtsspezifisch zur Auswertung zur Verfügung: Alter, Größe, Gewicht und Ergometrieergebnisse; bei den Frauen Herzfrequenz in Ruhe, bei 75 Watt und 125 Watt, bei den Männern Herzfrequenz in Ruhe, bei 100 Watt und 150 Watt. Aus diesen Angaben wurde die W170 ermittelt, zunächst als absoluter Wert und dann als Wert bezogen auf das jeweilige Gewicht. Im Anschluss wurde errechnet, wieviel Prozent des Kollektivs mindestens 150 Watt leisten konnten und wieviel Prozent eine PWC-Leistung von mindestens 2,5 Watt erbringen konnte (siehe 3.2.3 Fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von Frauen und Männern bei der Einstellungsuntersuchung in NRW auf Seite 49)

## 2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm **SPSS 6.0.1**.

Als Kennwerte dienten das arithmetische Mittel (  $\bar{x}$  ), die Standardabweichung (  $\pm s$  ), Minimum ( min ) und Maximum ( max ).

Bei den Mittelwertvergleichen wurde der gepaarte t-Test eingesetzt. Die Prüfverfahren wurden für zweiseitige Fragestellungen konzipiert. Der p-Wert wurde für den zweiseitigen Fall berechnet und die Signifikanz wie folgt klassifiziert:

$p > 0,05$  als nicht signifikant ( $\emptyset$ ),  $p < 0,05$  und  $> 0,01$  als schwach signifikant (+),  $p < 0,01$  und  $> 0,001$  als signifikant (++) und  $p < 0,001$  als hoch signifikant (+++).

Einige Ergebnisse wurden in **Boxplots** dargestellt. Im Boxplot wird die Verteilung einer Variablen dargestellt: Die untere und obere Grenze entspricht dem unteren bzw. oberen Quartil, die Länge der Box dem Interquartilbereich mit 50 % der Werte. Die Linie in der Box repräsentiert den Median. Je länger die Box ist, desto stärker streuen die Beobachtungswerte.

Die von der Box weggehenden Linien reichen jeweils bis zum letzten Wert, der weniger als einen Interquartilbereich außerhalb der Box liegt. Außerhalb liegen mit o gekennzeichnete Ausreißer (outliers) oder mit \* gekennzeichnete Extremwerte; die Ausreißer liegen weniger als das 1,5-fache des Interquartilbereiches außerhalb der Box, die Extremwerte mehr als das 1,5-fache.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Laufbandergometrie

#### 3.1.1 Frauen

Das **Gewicht der Sportkleidung** betrug bei den Frauen im Mittel 1,1 kg (Tab. 4). Das **Gewicht der Einsatzkleidung** der Frauen lag im Mittel bei 17,5 kg. Die mittlere Belastung in Prozent des jeweiligen Körpergewichts betrug 29 %. Mit dem Gewicht der Einsatzkleidung wurde minimal 25 %, maximal 34 % des Körpergewichts als zusätzliche Last getragen (Tab. 4).

	Sportkleidung (kg)	Einsatzkleidung (kg)	Einsatzkleidung prozentual zum KG (%)
$\bar{x}$	<b>1,1</b>	<b>17,5</b>	<b>29</b>
$\pm s$	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	<b>3</b>
min	<b>0,8</b>	<b>15,9</b>	<b>25</b>
max	<b>1,4</b>	<b>19,0</b>	<b>34</b>

Tab. 4: Gewicht der Sportkleidung (kg), Gewicht der jeweiligen Einsatzkleidung (kg) bei Frauen und prozentual zum jeweiligen Körpergewicht (%)

Die Untersuchung in Sportkleidung wurde von jeder Probandin bis zum Ende absolviert. In Einsatzkleidung wurde der Durchlauf nur von 2 Frauen vollständig beendet. Das letzte Belastungsintervall wurde von 5 Frauen abgebrochen (Tab. 5, Abb. 3).

	<b>Sportkleidung</b>	<b>Einsatzkleidung</b>	
<b>Zeit (min)</b>	<b>n</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>0</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>100</b>
<b>7,5</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>100</b>
<b>15,5</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>92</b>
<b>23,5</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>92</b>
<b>31,5</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>92</b>
<b>39,5</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>75</b>
<b>47,5</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>75</b>
<b>55,5</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>75</b>
<b>63,5</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>58</b>
<b>71,5</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>17</b>

Tab. 5: Anzahl n der Frauen in den einzelnen Belastungsintervallen mit Sport- bzw. Einsatzkleidung; prozentualer Anteil der Probandinnen in Einsatzkleidung in den einzelnen Belastungsintervallen

Die mittlere **Herzfrequenz** stieg beim Tragen der Sportkleidung von 87/min in Ruhe schnell auf 129/min zu Anfang der Belastung. Im Verlauf stieg sie zunächst nicht weiter an. Im letzten Belastungsintervall stieg sie bis auf 174/min. In der Erholungsphase normalisierte sich die Herzfrequenz schnell bis auf 116/min (Tab. 6, Abb. 2).

Die mittlere **Herzfrequenz** lag in Ruhe bereits beim Tragen der Einsatzkleidung mit 98/min deutlich über dem Ruhepuls beim Tragen der Sportkleidung. Zu Belastungsbeginn stieg die Frequenz steil bis auf 156/min an. Während der weiteren Belastung erhöhte sie sich langsam, aber stetig. Nach einer Stunde Gehen wurde ein Frequenzniveau von 170/min erreicht. Im letzten Belastungsintervall stieg die Frequenz um 17/min bis auf 187/min. Während der Erholung sank sie von 187/min langsam bis 142/min. Bei der Bewegung mit Einsatzkleidung wurde zu jedem Messzeitpunkt ein signifikanter, zumeist hoch signifikanter Unterschied zum Bewegen mit Sportkleidung beobachtet (Tab. 6, Abb. 2).

Zeit (min)	Sportkleidung			Einsatzkleidung			Signifikanz
	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	
0	12	87	10	12	98	18	++
7,5	12	129	23	12	156	18	+++
15,5	12	125	19	12	161	19	+++
23,5	12	123	16	11	162	15	+++
31,5	12	123	16	11	166	16	+++
39,5	12	122	16	9	165	12	+++
47,5	12	123	18	9	165	14	+++
55,5	12	126	20	9	169	13	+++
63,5	12	127	22	8	170	9	+++
71,5	12	174	18	4	187	12	n.b.
Erholungsphase							
1.	12	140	25	12	163	13	++
3.	12	119	21	12	142	18	++
5.	12	116	21	12	142	15	+++

Tab. 6: Mittlere Herzfrequenz  $\bar{x}$ , Standardabweichung  $\pm s$  und Signifikanz im t-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben, Anzahl n der Frauen in Sport- oder Einsatzkleidung, n.b. = nicht bestimmt

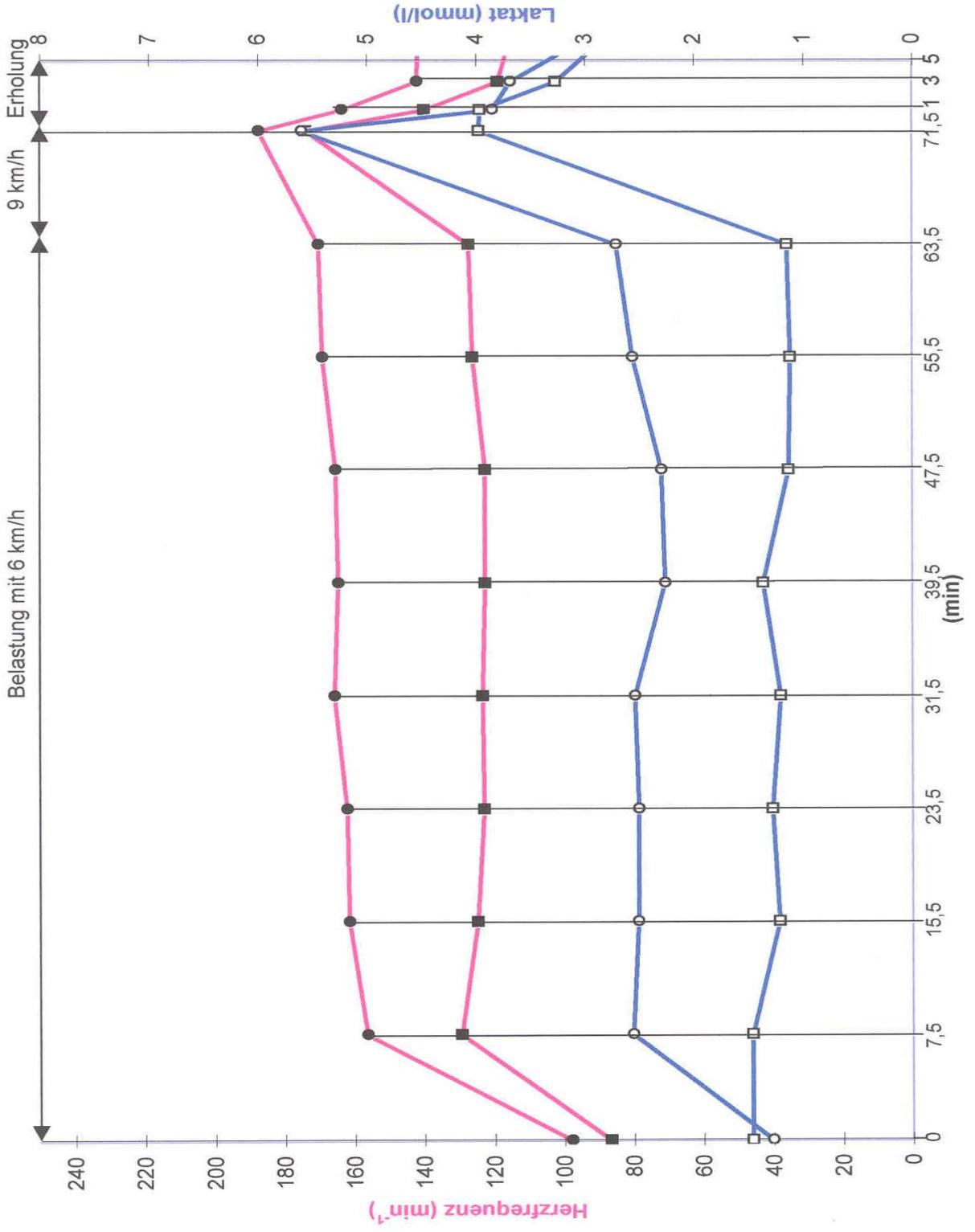


Abb.2: Laufbandergometrie der Frauen in Sportkleidung (Quadrate) und Einsatzkleidung (Kreise); Mittelwerte der Herzfrequenzen (geschlossene Symbole) und der Laktatkonzentrationen (offene Symbole)

Abb. 3: Abbruchzeitpunkt und Herzfrequenzkurve jeder Probandin

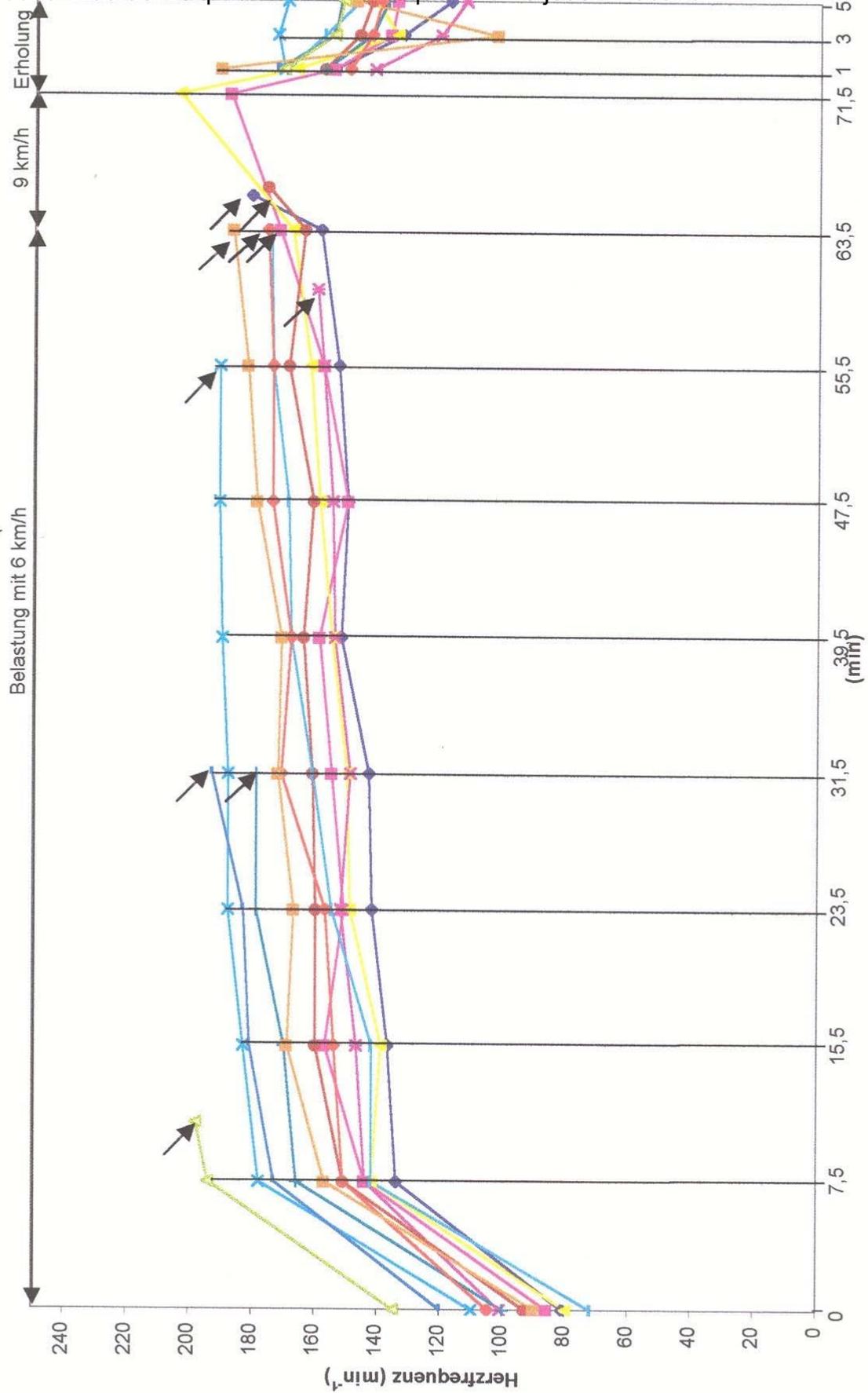


Abb. 3: Individuelle Herzfrequenzwerte der weiblichen Probanden in Einsatzkleidung während der Laufbandergometrie und der Erholungsphase. Abbrüche während der Belastung sind durch einen Pfeil markiert.

Der **Laktatspiegel** lag beim Tragen der Sportkleidung im Mittel bei 1,5 mmol/l in Ruhe. Während der Belastung sank er anfangs leicht und lag nach einer Stunde Gehen bei 1,2 mmol/l. Im letzten Belastungsintervall stieg er bis 4 mmol/l. In der Erholungsphase sank er langsam bis auf 3 mmol/l (Tab. 7, Abb. 2).

Der mittlere **Laktatspiegel** lag beim Tragen der Einsatzkleidung in Ruhe bei 1,3 mmol/l. Zu Beginn der Belastung stieg er um 1,3 mmol/l bis auf 2,6 mmol/l an. Danach hielt er sich auf einem konstanten Niveau zwischen 2,6 - 2,7 mmol/l. Im letzten Belastungsintervall stieg der Laktatspiegel bis auf 5,6 mmol/l. Während der Erholung sank er auf 3,2 mmol/l. Signifikante Abweichungen vom Gehen mit Sportkleidung waren nahezu in jedem Belastungsintervall mit 6 km/h Laufbandgeschwindigkeit zu beobachten. Im letzten Belastungsintervall und während der Erholung ließ sich kein signifikanter Unterschied mehr nachweisen (Tab. 7, Abb. 2).

Zeit (min)	Sportkleidung			Einsatzkleidung			Signifikanz
	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	
0	12	1,5	0,4	12	1,3	0,4	∅
7,5	12	1,5	0,3	12	2,6	0,8	++
15,5	12	1,2	0,3	12	2,5	1,0	++
23,5	12	1,3	0,3	11	2,5	1,1	++
31,5	12	1,2	0,3	11	2,6	1,2	++
39,5	12	1,4	0,7	9	2,3	0,9	∅
47,5	12	1,1	0,1	9	2,3	0,9	++
55,5	12	1,1	0,2	9	2,6	0,8	++
63,5	12	1,2	0,3	8	2,7	1,3	+
71,5	12	4,0	2,0	4	5,6	3,1	n.b.
Erholungsphase							
1.	12	4,0	1,8	12	3,9	2,0	∅
3.	12	3,3	1,7	12	3,7	1,9	∅
5.	12	3,0	1,4	12	3,2	1,7	∅

Tab. 7: Mittlerer Laktatspiegel  $\bar{x}$ , Standardabweichung  $\pm s$ , Signifikanz im t-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben, Anzahl n der Frauen in Sport- oder Einsatzkleidung, n.b.= nicht bestimmt

Bei der **Herzfrequenz- und Laktatkurve** für die Belastung in Sportkleidung wurde ein zeitgleicher Anstieg im letzten Belastungsintervall beobachtet: Der Laktatspiegel stieg bis auf 4 mmol/l bei einem Anstieg der Herzfrequenz über 170/min ( Abb. 2).

Bei der Untersuchung in Einsatzkleidung wurden **Laktatspiegel** über 2 mmol/l bei **Herzfrequenzen** um 160 - 170/min beobachtet. Laktatspiegel über 4 mmol/l wurden bei einer Frequenzhöhe von über 180/min erreicht ( Abb. 2).

Die im Mittel erreichte Wegstrecke in Einsatzkleidung der Frauen entsprach 5263 m. Die Standardabweichung betrug 1891 m Wegstrecke (Tab. 8).

	<b>Sportkleidung</b>	<b>Einsatzkleidung</b>
	erreichte Wegstrecke (m)	erreichte Wegstrecke (m)
$\bar{x}$	<b>7125</b>	<b>5263</b>
$\pm s$	<b>0</b>	<b>1891</b>
min	<b>7125</b>	<b>1050</b>
max	<b>7125</b>	<b>7125</b>

Tab. 8: Erreichte Wegstrecke im Mittel für die gesamte Frauengruppe

Die Frauen empfanden laut ihren Angaben nach der Borg-Skala die erste halbe Stunde Gehen in Sportkleidung als eine sehr leichte Belastung. Nach einer Stunde Gehen mit 6 km/h blieb die subjektive Bewertung der Belastung gleich.

Das letzte Belastungsintervall wurde als eine etwas stärkere Belastung empfunden. Fünf Minuten nach der Belastung wurde die Belastung subjektiv als sehr leicht eingestuft (Tab. 9, Abb. 4).

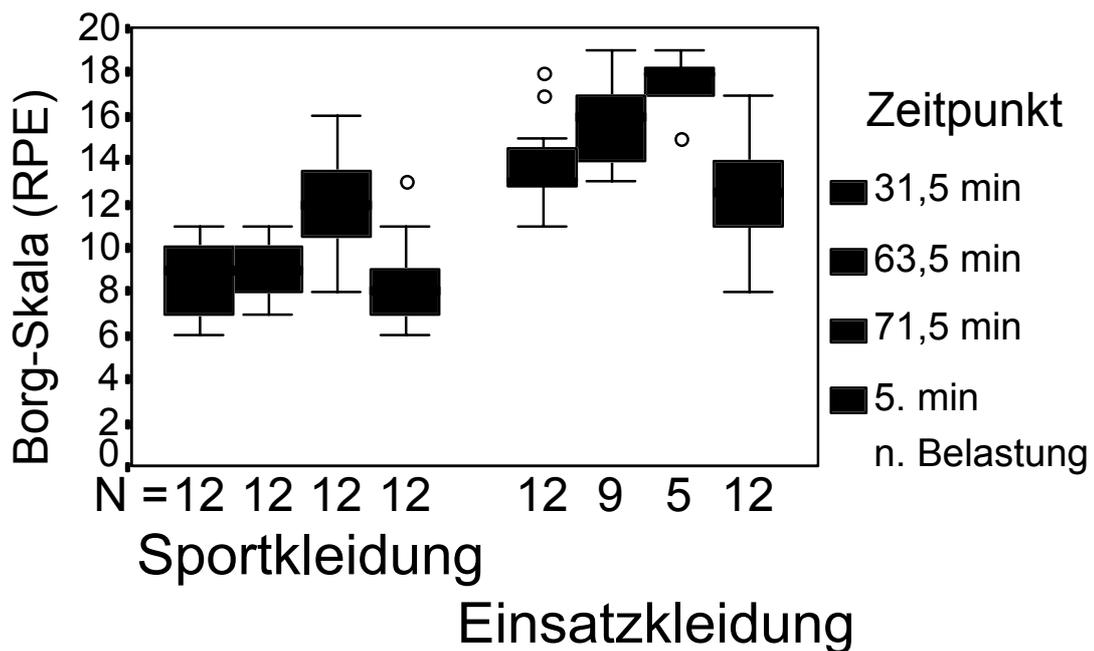


Abb. 4: Boxplot zum Vergleich der RPE-Werte nach der Borg-Skala für die Angaben der Frauen bei Belastung in Sport- oder Einsatzkleidung zu den gewählten Zeitpunkten

Beim Tragen der Einsatzkleidung empfanden die Frauen **die Belastung nach der Borg-Skala** im Mittel als schwer. Nach einer Stunde Gehen und im letzten Belastungsintervall wurde die subjektive Belastung als sehr schwer empfunden.

Nach der Erholung empfanden die Frauen immer noch eine etwas stärkere Belastung. Die angegebenen RPE-Werte lagen zu jedem Zeitpunkt signifikant bis hoch signifikant über der Belastungsempfindung beim Tragen der Sportkleidung (Tab. 9, Abb. 4).

	Sportkleidung			Einsatzkleidung			
Zeit (min)	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	Signifikanz
31,5	12	9	2	11	14	2	+++
63,5	12	9	1	8	15	2	+++
71,5	12	12	3	5	17	2	n.b.
Erholungsphase							
5.	12	9	2	12	12	3	++

Tab. 9: Belastungsempfinden von n Frauen nach Borg-Skala mit Sport- oder Einsatzkleidung (RPE), Mittelwert  $\bar{x}$ , Standardabweichung  $\pm s$  und Signifikanz im T-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben, n.b.= nicht bestimmt

Der mittlere **Gewichtsverlust** in Einsatzkleidung wurde nur bei den zwei Frauen gewertet, die die Untersuchung vollständig absolvieren konnten, da sich der Wert in Abhängigkeit zur Belastungszeit stark ändert. Er betrug beim Tragen der Sportkleidung 0,5 kg, beim Tragen der Einsatzkleidung 1,2 kg (Tab. 10).

Der mittlere **Temperaturanstieg** wurde nur bei der Untersuchung 1997 gemessen ( n = 10 ) und betrug beim Tragen der Sportkleidung 0,7 C°. Mit Einsatzkleidung stieg die Körpertemperatur im Mittel um 1,5 C° an (Tab. 10). Der **Temperaturanstieg** war signifikant verschieden von dem beim Tragen der Sportkleidung ( $p < 0,01$ ).

	Gewichtsverlust (kg)		Temperaturanstieg (C°) bei Belastungsende / -abbruch	
	Sportkleidung n = 12	Einsatzkleidung n = 2	Sportkleidung n = 10	Einsatzkleidung n = 10
$\bar{x}$	<b>0,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0,7</b>	<b>1,5</b>
$\pm s$	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>
min	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>
max	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>3,3</b>

Tab. 10: Mittlerer Gewichtsverlust und Temperaturanstieg der Probandinnen bei Belastung in Sport- oder Einsatzkleidung

### 3.1.2 Männer

Das **Gewicht Sportkleidung** betrug bei den Männern im Mittel 1,2 kg (Tab. 11). Die Männer trugen im Mittel 19,2 kg **Gewicht Einsatzkleidung**. Die mittlere Belastung in Prozenten des jeweiligen Körpergewichts betrug 23 %. Mit dem Gewicht der Einsatzkleidung wurde minimal 20 %, maximal 30 % des Körpergewichts als zusätzliche Last getragen (Tab. 11).

	Sportkleidung (kg)	Einsatzkleidung (kg)	Einsatzkleidung prozentual zum KG (%)
$\bar{x}$	<b>1,2</b>	<b>19,2</b>	<b>23</b>
$\pm s$	<b>0,3</b>	<b>1,4</b>	<b>2</b>
Min	<b>0,8</b>	<b>16,8</b>	<b>20</b>
Max	<b>1,8</b>	<b>22,0</b>	<b>30</b>

Tab. 11: Gewicht der Sportkleidung bei Männern (kg), Gewicht der jeweiligen Einsatzkleidung (kg) und prozentual zum jeweiligen Körpergewicht (%)

Die Untersuchung in Sportkleidung wurde von einem Mann vorzeitig in der 66. min wegen Wadenkrämpfen abgebrochen (Tab. 12).

Mit Einsatzkleidung gingen und liefen 26 von 29 Männern bis zur 63,5. min, ohne abzubrechen. Also waren 90 % der Männer fähig, mit der zusätzlichen Belastung eine Stunde bei 6 km/h mit Einsatzkleidung zu gehen. Das letzte Belastungsintervall wurde von 9 Männern abgebrochen. In diesem Intervall wurde die höchste Rate an Abbrüchen (31%) beobachtet: 59 % der Männer hielten die Belastung bis zum Ende durch (Tab. 12, Abb. 6).

	Sportkleidung	Einsatzkleidung	
Zeit (min)	n	n	%
0	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>100</b>
7,5	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>100</b>
15,5	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
23,5	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
31,5	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
39,5	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>97</b>
47,5	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>93</b>
55,5	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>93</b>
63,5	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>90</b>
71,5	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>59</b>

Tab. 12: Anzahl n der Männer in den einzelnen Belastungsintervallen mit Sport- oder Einsatzkleidung; prozentualer Anteil der Probanden in Einsatzkleidung in den einzelnen Belastungsintervallen

Die mittlere **Herzfrequenz** in Sportkleidung stieg zu Beginn der Belastung von 75/min in Ruhe auf 105/min. Daraufhin blieb sie bis zum Ende der Belastung mit 6 km/h konstant. Im letzten Belastungsintervall stieg sie weiter auf 148/min. In der Erholungsphase sank die Herzfrequenz wieder rasch von 148/min auf 97/min (Tab. 13, Abb. 5).

In Einsatzkleidung stieg die mittlere **Herzfrequenz** anfänglich von 83/min schnell bis auf 122/min. Während der Belastungszeit mit 6 km/h kletterte sie um 25/min bis 147/min. Im letzten Belastungsintervall stieg die Frequenz bis auf 182/min. In der Erholungszeit sank sie bis auf 131/min. Die Unterschiede der Herzfrequenzhöhe bei der Belastung mit Einsatzkleidung gegenüber der mit Sportkleidung war nahezu immer hoch signifikant (Tab. 13, Abb. 5).

Zeit(min)	Sportkleidung			Einsatzkleidung			Signifikanz
	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	
0	<b>29</b>	75	<b>14</b>	<b>29</b>	83	<b>16</b>	<b>++</b>
7,5	<b>29</b>	105	<b>14</b>	<b>29</b>	122	<b>18</b>	<b>+++</b>
15,5	<b>29</b>	103	<b>13</b>	<b>29</b>	125	<b>19</b>	<b>+++</b>
23,5	<b>29</b>	102	<b>13</b>	<b>28</b>	128	<b>18</b>	<b>+++</b>
31,5	<b>29</b>	101	<b>14</b>	<b>28</b>	132	<b>18</b>	<b>+++</b>
39,5	<b>29</b>	102	<b>13</b>	<b>28</b>	136	<b>20</b>	<b>+++</b>
47,5	<b>29</b>	101	<b>13</b>	<b>28</b>	140	<b>19</b>	<b>+++</b>
55,5	<b>29</b>	103	<b>13</b>	<b>27</b>	143	<b>21</b>	<b>+++</b>
63,5	<b>29</b>	103	<b>13</b>	<b>26</b>	147	<b>20</b>	<b>+++</b>
71,5	<b>28</b>	148	<b>18</b>	<b>23</b>	182	<b>10</b>	<b>+++</b>
Erholungsphase							
1.	<b>29</b>	115	<b>21</b>	<b>29</b>	151	<b>13</b>	<b>+++</b>
3.	<b>29</b>	102	<b>15</b>	<b>29</b>	138	<b>14</b>	<b>+++</b>
5.	<b>29</b>	97	<b>14</b>	<b>29</b>	131	<b>14</b>	<b>+++</b>

Tab. 13: Mittlere Herzfrequenz  $\bar{x}$ , Standardabweichung  $\pm s$  und Signifikanz im t-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben, Anzahl n der Männer in Sport- oder Einsatzkleidung

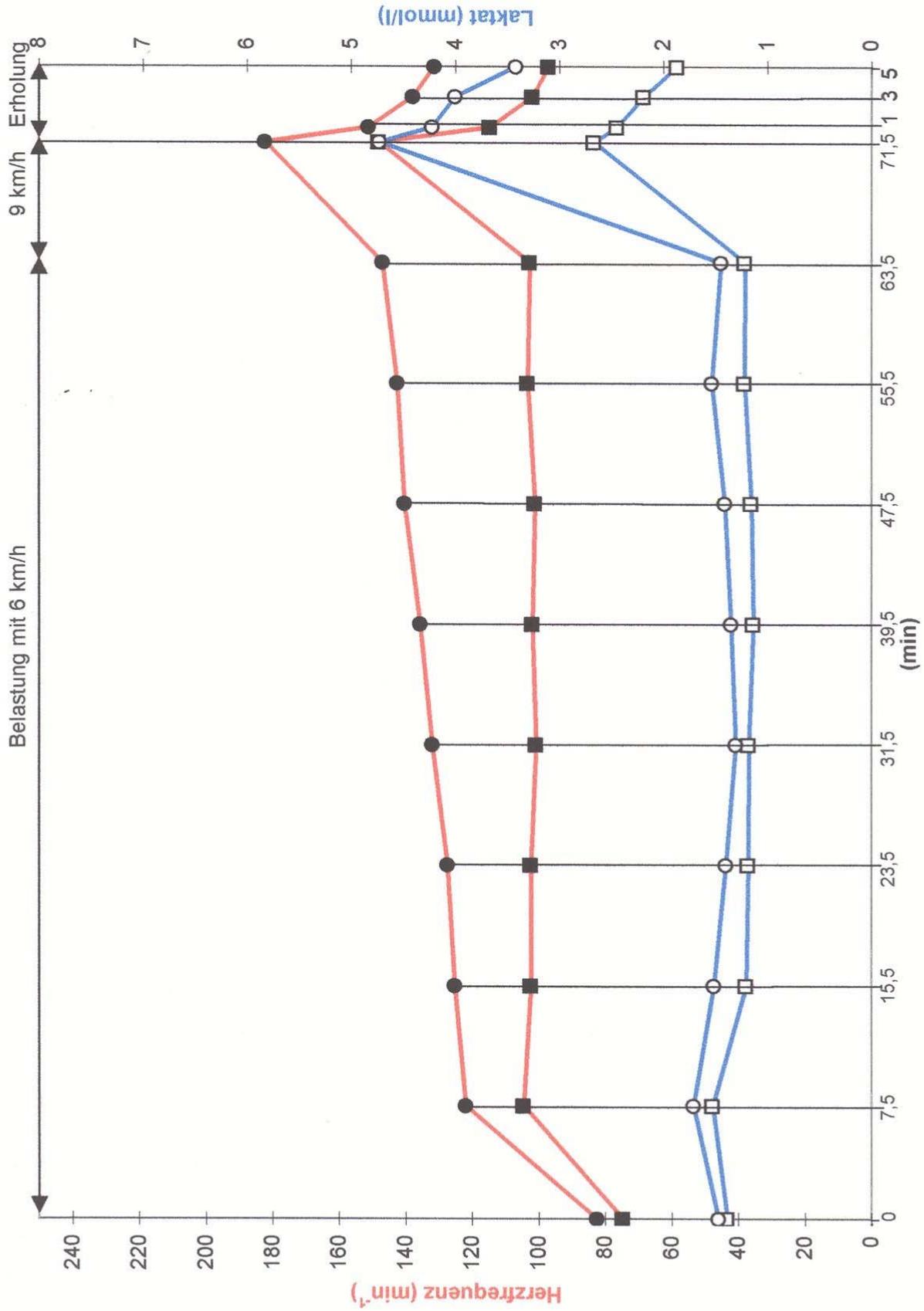


Abb. 5: Laufbandergometrie der Männer in Sportkleidung (Quadrate) und Einsatzkleidung (Kreise); Mittelwerte der Herzfrequenzen (geschlossene Symbole) und der Laktatkonzentrationen (offene Symbole)

Abb. 6: Abbruchzeitpunkt und Herzfrequenzkurve jedes Probanden

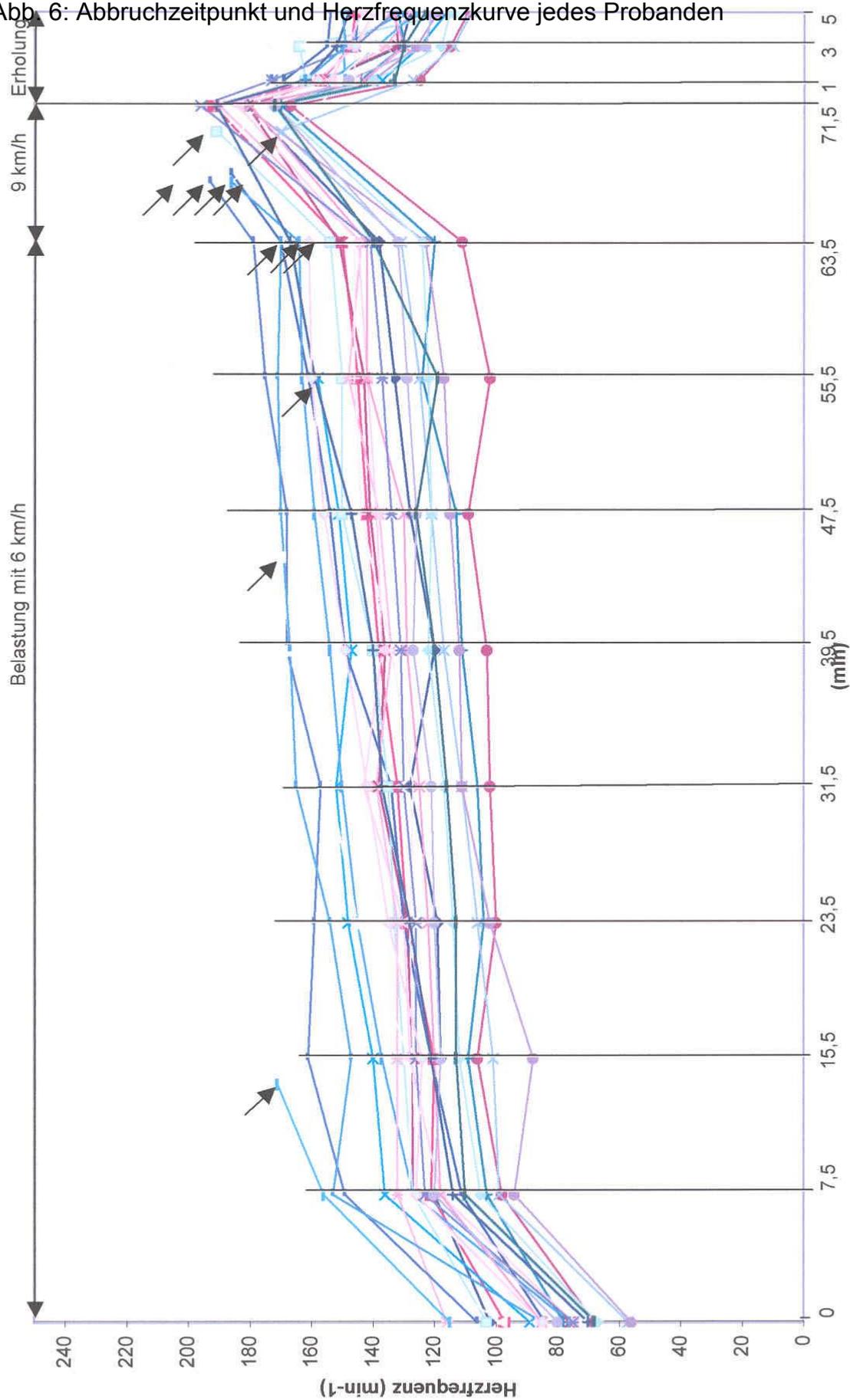


Abb. 6: Individuelle Herzfrequenzwerte der männlichen Probanden in Einsatzkleidung während der Laufbandergometrie und der Erholungsphase. Abbrüche während der Belastung sind durch einen Pfeil markiert.

Der **Laktatspiegel** bei der Untersuchung in Sportkleidung lag in Ruhe im Mittel bei 1,4 mmol/l. Zu Belastungsbeginn stieg er geringfügig auf 1,5 mmol/l, im weiteren Verlauf blieb er konstant bei etwa 1,2 mmol/l. Im letzten Belastungsintervall stieg der Laktatspiegel auf 2,7 mmol/l. In der Erholungsphase sank er auf 1,9 mmol/l (Tab. 14, Abb. 5).

Der mittlere **Laktatspiegel** in Einsatzkleidung blieb zunächst unter 2 mmol/l. Erst im letzten Belastungsintervall stieg der Laktatspiegel bis auf 4,7 mmol/l. In der Erholungszeit sank er nur mäßig bis auf 3,4 mmol/l. Während der Belastung mit 6 km/h waren die Abweichungen von der Sportkleidung teils signifikant, teils nicht signifikant verschieden. Im letzten Belastungsintervall und während der Erholungsphase waren sie hoch signifikant (Tab. 14, Abb. 5).

Zeit(min)	Sportkleidung			Einsatzkleidung			Signifikanz
	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	
0	29	1,4	0,4	29	1,5	0,3	∅
7,5	29	1,5	0,5	29	1,7	0,8	∅
15,5	29	1,2	0,3	29	1,5	0,6	++
23,5	29	1,2	0,4	28	1,4	0,3	++
31,5	29	1,2	0,3	28	1,3	0,3	∅
39,5	29	1,1	0,3	28	1,4	0,3	+
47,5	29	1,2	0,3	28	1,4	0,5	+
55,5	29	1,2	0,3	27	1,5	0,6	++
63,5	29	1,2	0,3	26	1,5	0,5	+
71,5	29	2,7	1,5	23	4,7	1,9	+++
Erholungsphase							
1.	29	2,5	1,4	29	4,2	1,9	+++
3.	29	2,2	1,2	29	4,0	2,2	+++
5.	29	1,9	1,0	29	3,4	1,8	+++

Tab. 14: Mittlerer Laktatspiegel  $\bar{x}$ , Standardabweichung  $\pm s$  und Signifikanz im t-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben, Anzahl n der Männer bei der Untersuchung in Sport- oder Einsatzkleidung

Die **Herzfrequenz- und Laktatkurve** wiesen bei Belastung in Sportkleidung einen zeitgleichen Anstieg auf: Der mittlere Laktatspiegel stieg bei einer Herzfrequenz über 140/min bis auf über 2 mmol/l im letzten Belastungsintervall (Abb. 5).

Die **Herzfrequenzkurve** stieg bei Belastung in Einsatzkleidung zunächst an, während die **Laktatkurve** konstant blieb. Erst im letzten Belastungsintervall stieg der Laktatspiegel über 4 mmol/l bei einem zeitgleichen Frequenzanstieg über 180/min (Abb. 5).

Die im Mittel erreichte Wegstrecke der Männer in Einsatzkleidung entsprach 6552 m. Die Standardabweichung betrug 1212 m (Tab. 15).

	<b>Sportkleidung</b>	<b>Einsatzkleidung</b>
	erreichte Wegstrecke (m)	erreichte Wegstrecke (m)
$\bar{x}$	<b>7093</b>	<b>6552</b>
$\pm s$	<b>174</b>	<b>1212</b>
min	<b>6188</b>	<b>1350</b>
max	<b>7125</b>	<b>7125</b>

Tab. 15: Erreichte Wegstrecke im Mittel für die gesamte Männnerguppe

Die Männer gaben als **subjektives Belastungsempfinden** in Sportkleidung nach einer halben und nach einer Stunde eine sehr leichte und dann eine leichte Belastung an. Das letzte Belastungsintervall wurde als etwas stärker empfunden. Nach der Erholungsphase wurde eine sehr leichte Belastung angegeben (Tab. 16, Abb. 7).

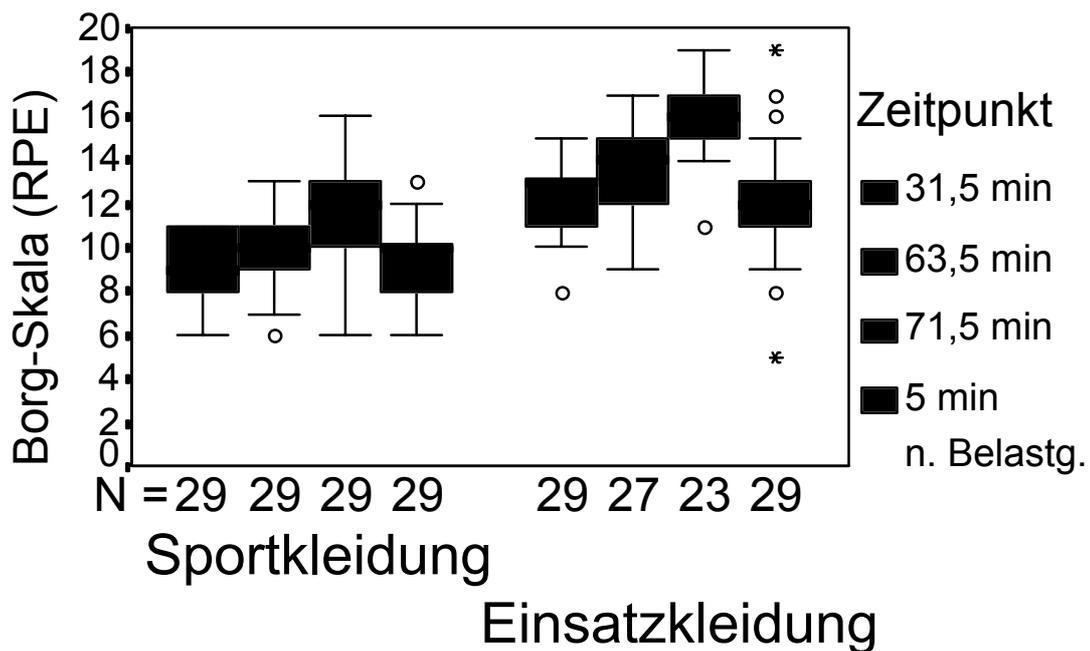


Abb. 7: Boxplot zum Vergleich der RPE-Werte nach der Borg-Skala für die Angaben der Männer bei Belastung in Sport- oder Einsatzkleidung zu den gewählten Zeitpunkten

Die Männer empfanden die Belastung in Einsatzkleidung im Mittel etwas stärker nach der Borg-Skala, entsprechend einem RPE-Wert von 12. Nach einer Stunde

und im letzten Belastungsintervall entsprach die Belastung einer schweren Belastung. Nach der Erholungsphase fiel die Beurteilung als eine etwas stärkere Belastung aus. Die Belastung in Einsatzkleidung wurde von den Männern zu jedem Zeitpunkt signifikant höher empfunden als in Sportkleidung (Tab. 16, Abb. 7).

	Sportkleidung			Einsatzkleidung			
Zeit (min)	n	$\bar{x}$	$\pm s$	n	$\bar{x}$	$\pm s$	Signifikanz
31,5	29	9	2	29	12	2	+++
63,5	29	10	2	27	14	2	+++
71,5	29	12	2	23	16	2	+++
<b>Erholungsphase</b>							
5. min	29	9	2	29	12	3	+++

Tab. 16: Subjektives Belastungsempfinden von n Männern nach der Borg-Skala bei der Untersuchung mit Sport- oder Einsatzkleidung (RPE), Mittelwert  $\bar{x}$  und Standardabweichung  $\pm s$ , Signifikanz im t-Test auf Vergleich der Mittelwerte für verbundene Stichproben

Der mittlere **Gewichtsverlust** wurde nur bei den 17 Männern, die die Belastung bis zum Ende absolvieren konnten, ermittelt, da sich der Wert in Abhängigkeit von der Belastungszeit stark ändert. Er betrug in Sportkleidung im Mittel 0,6 kg, in Einsatzkleidung 1,5 kg (Tab. 17).

Die **Temperatur** wurde nur bei der Untersuchung 1997 gemessen und stieg in Sportkleidung im Mittel um 0,5 C° an. Die Körpertemperatur stieg bei der Belastung mit Einsatzkleidung im Mittel um 1,4 C° (Tab. 17). Der **Temperaturanstieg** war hoch signifikant verschieden von dem bei der Belastung mit Sportkleidung ( $p < 0,001$ ).

	Gewichtsverlust (kg)		Temperaturanstieg (C°) bei Belastungsende bzw. -Abbruch	
	Sportkleidung n = 28	Einsatzkleidung n = 17	Sportkleidung n = 19	Einsatzkleidung n = 19
$\bar{x}$	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1,4</b>
$\pm s$	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>
Min	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>
max	<b>1,8</b>	<b>2,2</b>	<b>1,1</b>	<b>3,0</b>

Tab. 17: Mittlerer Gewichtsverlust und Temperaturanstieg der Probanden bei Belastung in Sport- oder Einsatzkleidung

### 3.1.3 Frauen und Männer

Das **Gewicht der Sportkleidung** war im Mittel bei beiden Geschlechtern gleich groß.

Das mittlere **Gewicht der Einsatzkleidung** war bei den Frauen um 1,7 kg niedriger und signifikant verschieden von dem der Männer. Prozentual zum jeweiligen Körpergewicht trugen Frauen 6% mehr Gewicht als Männer. Hier ließ sich statistisch eine hohe Signifikanz absichern (Abb.8).

Signifikanz	++	+++
-------------	----	-----

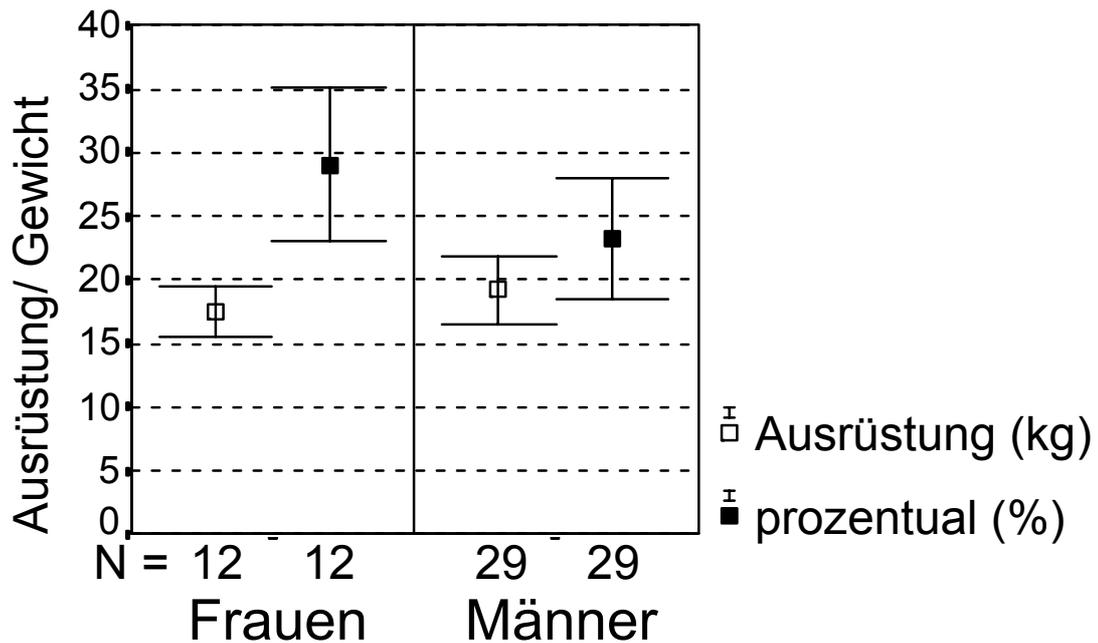


Abb.8: Mittelwerte und  $\pm 2$  Standardabweichungen für das Gewicht der Ausrüstung (kg) und für die Belastung in Prozenten des Körpergewichts (%) der **Frauen** und **Männer**

Der mittlere **Laktatspiegel in Sportkleidung** variierte zwischen beiden Gruppen in der Ruhe- und Belastungszeit nur wenig. Im letzten Belastungsintervall traten bei den Frauen um 1,3 mmol/l höhere Werte auf. Während der Erholungsphase lag der Laktatspiegel der Frauen um 1,1- 1,5 mmol/l höher als bei den Männern. Statistisch signifikante Unterschiede bei den Mittelwertdifferenzen bestanden nur in der gesamten Erholungszeit (Tab. 18, Ab. 9).

Der mittlere **Laktatspiegel in Einsatzkleidung** lag für die Frauen zwischen 0,9 und 1,3 mmol/l höher als bei den Männern. In Ruhe war der Unterschied nicht signifikant. Während der Erholungszeit sowie in Ruhe fielen die Laktatspiegel bei den Frauen sogar niedriger aus als bei den Männern, dabei ohne Signifikanz (Tab. 18, Abb. 10).

Zeit(min)	<b>Sportkleidung</b> Frauen - Männer Differenz der Mittelwerte der Laktatspiegel (mmol/l)	p	<b>Einsatzkleidung</b> Frauen - Männer Differenz der Mittelwerte der Laktatspiegel (mmol/l)	p
0	<b>0,1</b>	∅	<b>-0,2</b>	∅
7,5	<b>-0,1</b>	∅	<b>0,9</b>	<b>++</b>
15,5	<b>0</b>	∅	<b>1,0</b>	<b>++</b>
23,5	<b>0,1</b>	∅	<b>1,1</b>	<b>++</b>
31,5	<b>0</b>	∅	<b>1,2</b>	<b>++</b>
39,5	<b>0,2</b>	∅	<b>0,9</b>	<b>+</b>
47,5	<b>0</b>	∅	<b>0,9</b>	<b>+</b>
55,5	<b>-0,1</b>	∅	<b>1,0</b>	<b>+++</b>
63,5	<b>-0,1</b>	∅	<b>1,3</b>	<b>+</b>
71,5	<b>1,3</b>	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>n.b.</b>
1.	<b>1,5</b>	<b>++</b>	<b>-0,4</b>	∅
3.	<b>1,1</b>	<b>+</b>	<b>-0,3</b>	∅
5.	<b>1,1</b>	<b>++</b>	<b>-0,2</b>	∅

Tab. 18: Differenz der Mittelwerte der Laktatspiegel bei der Untersuchung in Sportkleidung und Einsatzkleidung, Signifikanz der Mittelwertdifferenzen im t-Test für unverbundene Stichproben, n.b. = nicht bestimmt

*Die **Herzfrequenz- und Laktatkurven** der Frauen in **Sportkleidung** verliefen parallel zu denen der Männer. Dabei lag die Herzfrequenzkurve um 20/min höher als bei den Männern, während die Laktatkurve bis zum letzten Belastungsintervall ähnlich hohe Werte zeigte (Ab. 9).*

*Die **Herzfrequenz- und Laktatkurven** der Frauen in **Einsatzkleidung** lagen höher als die Kurven der Männer. Der Unterschied zwischen den Frauen und Männern in der Herzfrequenzhöhe nahm im Verlauf der Untersuchung ab; im Gegensatz dazu verliefen die Laktatspiegelkurven bei beiden Geschlechtern immer parallel (Abb. 10).*

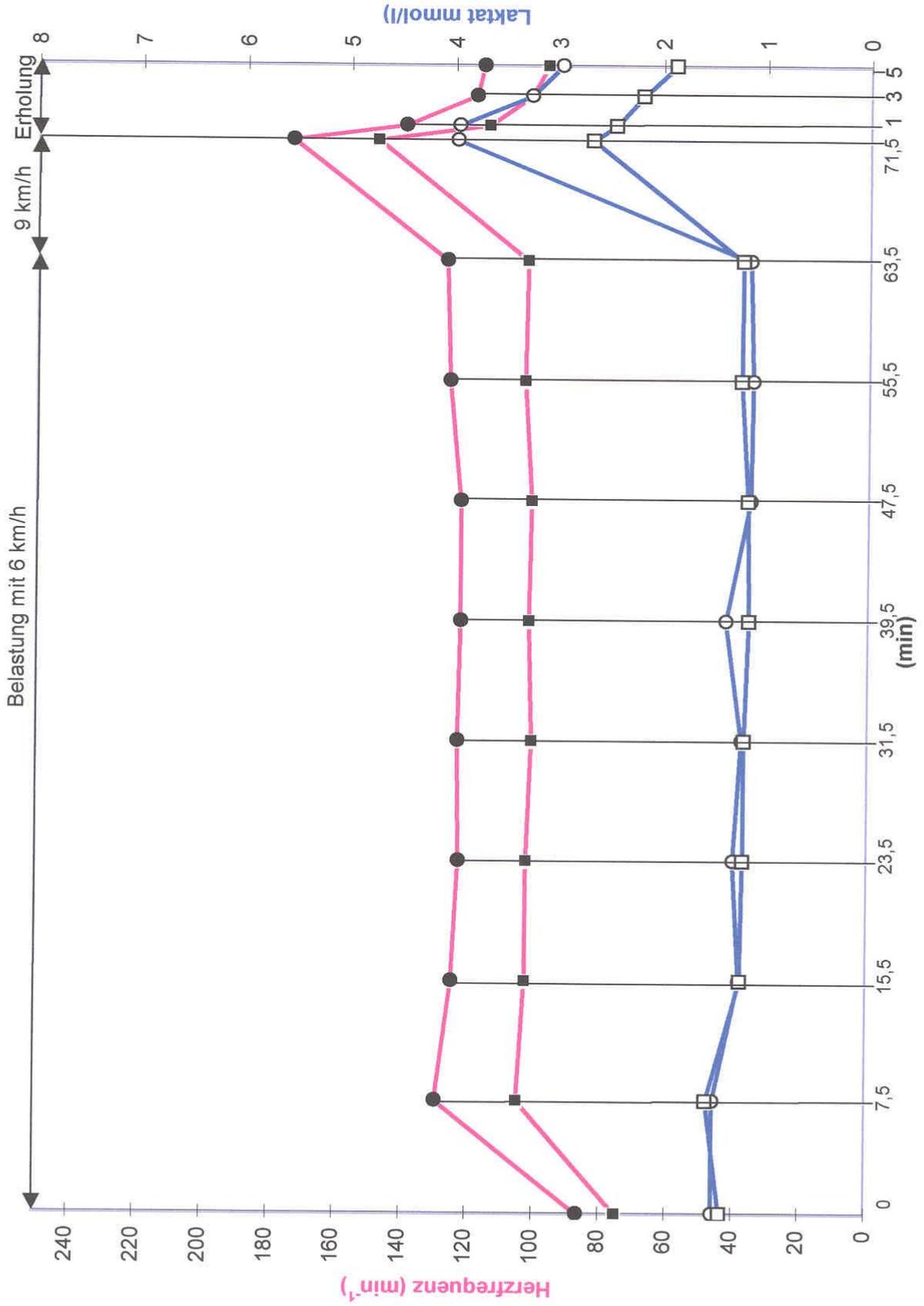


Abb.9: Vergleich der Belastung von Frauen (Kreise) und Männern bei der Laufbandbelastung in Sportkleidung. Als Belastungsparameter sind die Herzfrequenzen (geschlossene Symbole) und die Laktatkonzentrationen (offene Symbole) dargestellt.

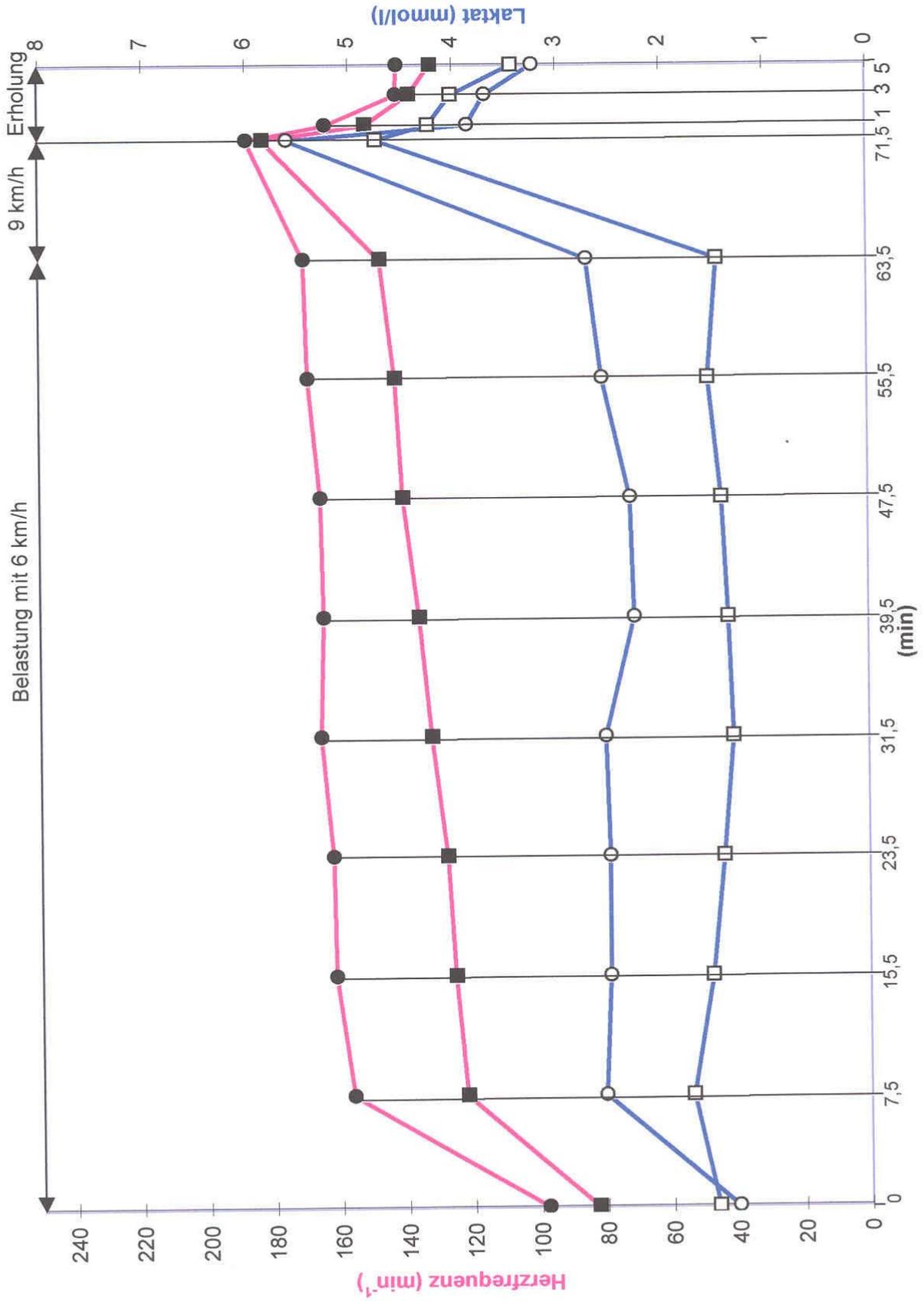


Abb. 10: Vergleich der Belastung von Frauen (Kreise) und Männern (Quadrate) bei der Laufbandergometrie in Einsatzkleidung. Als Belastungsparameter sind die Herzfrequenzen (geschlossene Symbole) und die Laktatkonzentrationen (offene Symbole) dargestellt.

Mit **Sportkleidung** fiel das **subjektive Belastungsempfinden** bei beiden Geschlechtern gleich hoch aus. Die Differenzen der Angaben zum Belastungsempfinden betragen bei Frauen und Männern zu jedem Messzeitpunkt nur weniger als eine RPE-Einheit (Abb.11).

Signifikanz  $\emptyset$   $\emptyset$   $\emptyset$   $\emptyset$

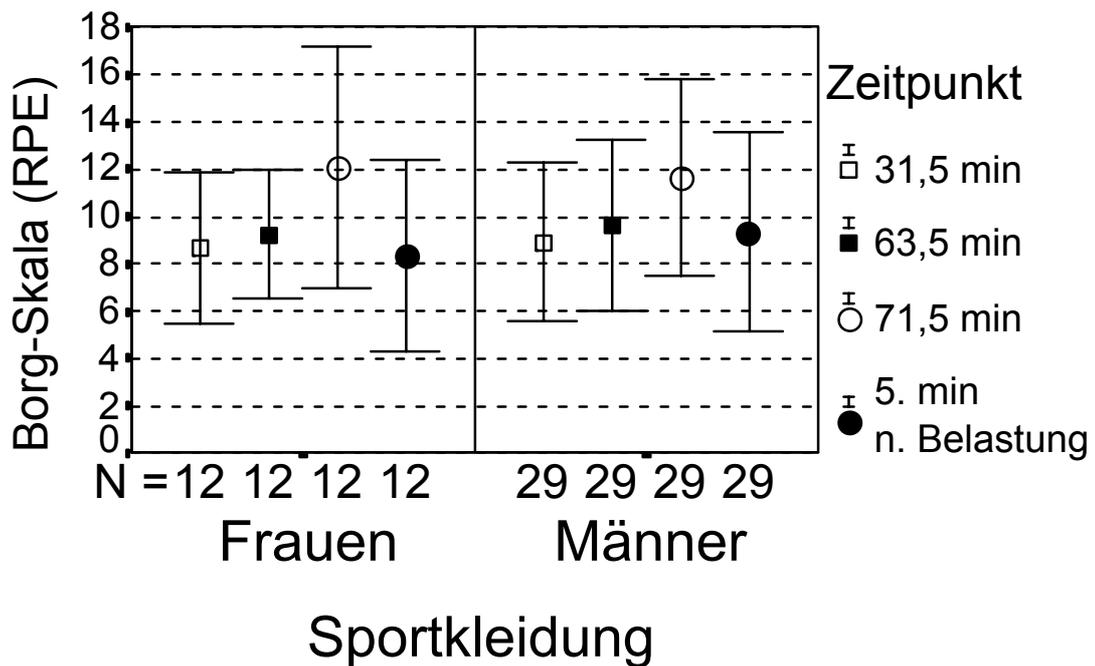


Abb.11: Subjektives Belastungsempfinden (RPE) zu den gewählten Messzeitpunkten, Mittelwerte und  $\pm 2$  Standardabweichungen für **Frauen und Männer** in Sportkleidung

Zum **subjektiven Belastungsempfinden in Einsatzkleidung** gaben die Frauen nach einer halben Stunde um 2 höhere RPE-Werte an als die Männer. Nach einer Stunde gaben sie wieder um 2 höher liegende RPE-Werte an, nach dem letzten Belastungsintervall um 1 höhere Werte. Nach der Erholungsphase von 5 min wurden von beiden Geschlechtern gleich hohe RPE-Werte für das subjektive Belastungsempfinden angegeben (Abb. 12 ). Signifikante Unterschiede wurden nach einer halben und einer Stunde beobachtet.

Signifikanz	+	++	n.b.	n.b.
-------------	---	----	------	------

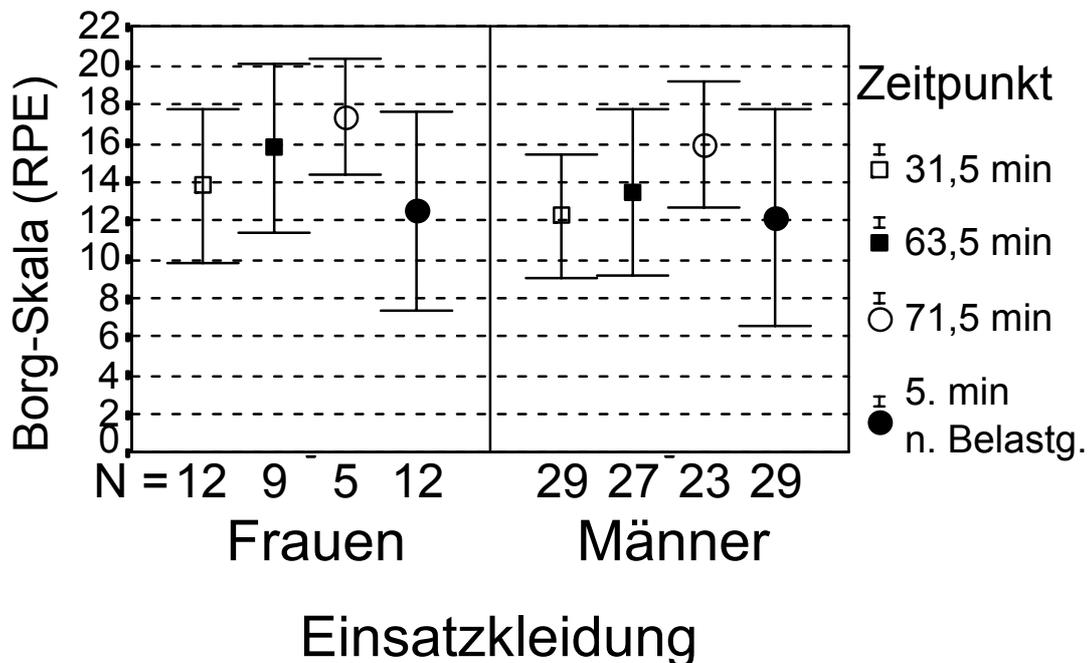


Abb. 12: Subjektives Belastungsempfinden (RPE) zu den gewählten Messzeitpunkten, Mittelwerte und  $\pm 2$  Standardabweichungen für **Frauen und Männer** in Einsatzkleidung, n.b. = nicht bestimmt

### 3.1.4 Fragebogen: Frauen und Männer

Die Ergebnisse des Fragebogens ( siehe Seite 10) wurden wie folgt ausgewertet:

**Die Fragen Nr. 1 bis 8** wurden geschlechtsgetrennt erfasst; in der ersten Zeile wird **in Prozent** die Befragung der Frauen, in der zweiten Zeile die der Männer dargestellt:

***Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker.....***

	<u>genau-</u> <u>so</u>	<u>kaum</u> <u>stärker</u>	<u>etwas</u> <u>stärker</u>	<u>deutlich</u> <u>stärker</u>	<u>viel</u> <u>stärker</u>	<u>sehr</u> <u>viel</u> <u>stärker</u>
1. Ist die Einsatzkleidung für Luft undurchlässig?		5	20 5	10 21	11	70 58
2. Belastet Sie das Gewicht der Einsatzkleidung?	10 5	5	16	10 16	20 37	60 21
3. Fühlen Sie sich durch die Einsatzkleidung geschützt?	10 5		30 16	30 21	20 26	10 32
4. Gibt Ihnen die Ausrüstung das Gefühl der Sicherheit?	10 5	10 5	40 32	30 21	5	10 11
5. Nimmt Ihnen die Bekleidung die Sicherheit bei der Bewegung? a)s.u.	10 11	30 37	30 21	20 16	5	10 11
6. Nimmt ihnen die Ausrüstung die Sicherheit der Bewegung? b)s.u.	16	5	20 11	20 42	10 21	50 5
7. Fühlen Sie sich durch die Bekleidung beansprucht?	10	40 32	20 32	10 21	20 11	5
8. Fühlen Sie sich durch die Ausrüstung beansprucht?	11	5	11	3 37	2 11	5 26

Die Anschlussfragen a und b und die **Fragen 9 bis 15** ergaben Mehrfachnennungen. Sie wurden geschlechtsspezifisch ausgewertet und im Folgenden zunächst für die Frauen, dann für die Männer der Häufigkeit nach ausgewertet:

**Frauen:**

Anschlussfragen zu 5 a: Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker nimmt Ihnen die Bekleidung die Sicherheit bei der Bewegung? Durch welches Bekleidungsteil am meisten? Jacke und Weste wurde 1x benannt, 8x keine Angaben.

Anschlussfragen zu 6 b: Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker nimmt Ihnen die Ausrüstung die Sicherheit bei der Bewegung? Durch welches Ausrüstungsteil am meisten? Protektoren und Schild wurde 1x benannt, 8x keine Angaben.

Frage 9 : Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz die komplette Ausrüstung getragen? Im Mittel wurden 1h die komplette Ausrüstung getragen.

Frage 10: Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz Teile der Ausrüstung getragen? Im Mittel wurden 4h Teile der Ausrüstung im Einsatz verwendet.

Frage 11: Welche Teile wurden oft kombiniert getragen? Bei der Frage wurde 4x die Kombinationen Weste/Helm benannt.

Fragen 12 und 13: Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie auf dem Laufband am meisten gestört? Warum? Auf dem Laufband störten am meisten: 4x Helm, 4x Weste, 5x Schild, 4x Protektoren und 3x Stiefel. Als häufigste Gründe nannten die Frauen Unbequemlichkeit, Gewicht und Bewegungseinschränkung.

Fragen 14 und 15: Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie bisher im Einsatz am meisten gestört? Warum? Im Einsatz störten am meisten: 5x Helm, 4x Schild, 4x Protektoren und 3x Weste. Die Gründe wurden wieder sehr individuell benannt, z. B. zu groß, zu unbequem, zu schwer, unhandlich, Druck auf die Wirbelsäule, eingeschränktes Gesichtsfeld, Schwitzen usw. Die Protektoren schränkten i.w. die Bewegungsfreiheit ein, das Schild wurde unhandlich beurteilt, der

Helm wurde unterschiedlich beurteilt, die Weste schränkte die Bewegungsfreiheit ein.

**Männer:**

Anschlussfragen zu 5 a: Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker nimmt Ihnen die Bekleidung die Sicherheit bei der Bewegung? Durch welches Bekleidungsteil am meisten? Als Bekleidungsteile wurden 7x Jacke und Weste, 7x keine Angaben, 3x Stiefel benannt.

Anschlussfragen zu 6 b: Im Vergleich zur Sportkleidung, um wie viel stärker nimmt Ihnen die Ausrüstung die Sicherheit bei der Bewegung? Durch welches Ausrüstungsteil am meisten? Als Ausrüstungsteile wurden 10x Protektoren, 5x Schuttschild, 2x Genitalschutz, 3x Schutzweste angegeben.

Frage 9 : Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz die komplette Ausrüstung getragen? Die komplette Ausrüstung wurde bisher im Mittel 2 h getragen.

Frage 10: Wie viele Stunden im Schnitt haben Sie im Einsatz Teile der Ausrüstung getragen? Teile der Ausrüstung wurden im Mittel 5 h im Einsatz verwendet.

Frage 11: Welche Teile wurden oft kombiniert getragen? Als häufigste Kombination im Einsatz wurden 9x Weste/Helm, daneben andere Variationen benannt.

Fragen 12 und 13: Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie auf dem Laufband am meisten gestört? Warum? Auf dem Laufband störten am meisten: 7x das Schild, 9x die Protektoren, 4x die Weste, 1x die Reißverschlüsse, 1x Stiefel und 1x der Helm. Als Grund wurde beim Schild das einseitige Gewicht, die Sperrigkeit, die Bewegungseinschränkung und die Schwere benannt. Die Protektoren drückten, führten zu Schmerzen beim Laufen, verrutschten und erzeugten Druckstellen nach Angabe der Männer.

Fragen 14 und 15: Welches Teil der Bekleidung/Ausrüstung hat Sie bisher im Einsatz am meisten gestört? Warum? Im Einsatz störten am meisten: 11x die Protektoren, 5x die Weste und 3x das Schild. Als Grund wurden 12x Drücken, Rutschen, zu große Länge und Blasen, 3x eingeschränkte Bewegungsfreiheit und 3x Ge-

wicht angegeben. Das schwere Gewicht bezog sich dabei auf die Weste. Die 12x angegebene „Unbequemlichkeit“ bezogen die Männer auf die verschiedensten Teile der Ausrüstung.

### 3.2 Fahrradergometrie: Frauen und Männer

Die Ergebnisse der Fahrradergometrien ( nur Untersuchungstermin 1997 ) werden geschlechtsgetrennt und tabellarisch dargestellt:

#### 3.2.1 Frauen

Im Mittel wurde von den 10 Frauen des Untersuchungstermins 1997 eine relative Leistungsfähigkeit von 2,6 Watt/ kg Körpergewicht und absolut von 156 Watt erreicht (Tab. 19).

<b>Fahrradergometrie</b>		
<b>Frauen</b>	<b>W170 (W/kg)</b>	<b>W170 (W)</b>
<b>1</b>	<b>3,3</b>	<b>211</b>
<b>2</b>	<b>2,4</b>	<b>147</b>
<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>224</b>
<b>4</b>	<b>3,5</b>	<b>192</b>
<b>5</b>	<b>1,8</b>	<b>118</b>
<b>6</b>	<b>2,2</b>	<b>119</b>
<b>7</b>	<b>2,9</b>	<b>166</b>
<b>8</b>	<b>2,4</b>	<b>134</b>
<b>9</b>	<b>2,5</b>	<b>159</b>
<b>10</b>	<b>1,8</b>	<b>141</b>
<b><math>\bar{x} \pm s</math></b>	<b>2,6 <math>\pm</math> 0,6</b>	<b>156 <math>\pm</math> 37</b>

Tab. 19: W 170- Leistungsfähigkeit bei der Fahrradergometrie der Frauen, relativ in Watt/kg, absolut in Watt, Mittelwerte und Standardabweichungen

### 3.2.2 Männer

Die 19 männlichen Teilnehmer des Untersuchungstermins 1997 erreichten im Mittel eine relative Leistungsfähigkeit von 3,3 Watt/ kg Körpergewicht und absolut von 276 Watt (Tab. 20).

<b>Fahrradergometrie</b>		
<b>Männer</b>	<b>W170 (W/kg)</b>	<b>W170 (W)</b>
1	3,7	315
2	3,1	307
3	3,8	311
4	3,8	335
5	3,6	300
6	3,1	203
7	3,4	323
8	2,8	211
9	2,5	204
10	2,1	203
11	3,9	311
12	2,8	240
13	3,6	294
14	2,9	286
15	2,6	215
16	3,7	300
17	3,2	250
18	4,1	325
19	3,7	303
<b><math>\bar{x} *s</math></b>	<b>3,3 *0,6</b>	<b>276 *48</b>

Tab. 20: W 170- Leistungsfähigkeit bei der Fahrradergometrie der Männer, relativ in Watt/kg, absolut in Watt, Mittelwerte und Standardabweichungen

### 3.2.3 Fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von Frauen und Männern bei der Einstellungsuntersuchung in NRW

Hier wurde im Mittel von den Frauen eine W 170 von  $2,3 \pm 0,4$  W/kg, von den Männern im Mittel eine W 170 von  $2,8 \pm 0,6$  W/kg erzielt.

Bei den Einstellungsuntersuchungen weisen Frauen eine niedrigere Körpergröße und ein geringeres Körpergewicht auf als Männer: Die Frauen sind bei der Einstellung im nahezu gleichen Alter und im Mittel 11 cm kleiner und 12 kg leichter ( Clasing 1998, persönliche Mitteilung ). In der Studie waren die Frauen im Mittel 4 Jahre jünger, 16 cm kleiner und 22 kg leichter als die Männer. Auch in anderen Bundesländern wie z.B. Bayern sind die Frauen bei der Einstellungsuntersuchung im Mittel kleiner und leichter als die Männer ( Jung 1997, persönliche Mitteilung ).

	<i>Frauen</i> <i>n = 555</i>	<i>Männer</i> <i>n = 680</i>
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
<b>Alter (Jahre)</b>	$20 \pm 3$	$22 \pm 3$
<b>Größe (cm)</b>	$169 \pm 6$	$180 \pm 6$
<b>Gewicht (kg)</b>	$62 \pm 8$	$74 \pm 9$
<b>W 170 (W)</b>	$142 \pm 29$	$208 \pm 45$
<b>W 170 (W/kg)</b>	$2,3 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,6$
<b>&gt;150 W (% von n)</b>	36	96
<b>&gt;2,5W/kg (% von n)</b>	28	72

Tab. 21: Anthropometrische Daten und W 170 - Leistungsfähigkeit bei tauglichen Bewerberinnen und Bewerbern der Auswahluntersuchung der Polizei NRW, Prozent der Frauen bzw. Männer mit einer W170 - Leistungsfähigkeit über 150 W und über 2,5 W/kg

## 4 Diskussion

In einem geschlossenen Einsatz der Bereitschaftspolizei tragen Polizeivollzugsbeamtinnen und -beamte mit der Einsatzkleidung ein hohes zusätzliches Gewicht, in besonderen Lagen für die Dauer einer oder sogar mehrerer Schichten; je nach Einsatzlage ist eine Schichtdauer von 12 Stunden üblich. In einer Einsatzhundertschaft können individuelle Unterschiede in der Leistungsfähigkeit nicht berücksichtigt werden: Für jeden eingesetzten Beamten ist die Leistungsanforderung in einem Einsatz gleich, da Frauen und Männer miteinander in geschlossenen Einheiten operieren; zur Erfüllung der Aufgaben sind homogene Leistungsstärken der Gruppenmitglieder erforderlich, so dass z. B. das Laufen und Gehen annähernd gleich schnell sein müssen. Frauen und Männer sind hier gleichermaßen physisch und psychisch gefordert.

Die Beanspruchung der Beamten in Einsatzrüstung beim Gehen, Stehen und Laufen hängt von der Einsatzlage ab; z.B. war bei der Begleitung des Castor-Transportes nach Gorleben 1997 Streckenschutz und damit Gehen über mehrere Kilometer erforderlich. Gehen, Laufen und körperliche Beweglichkeit sind bei sich schnell verändernden Einsatzlagen besonders wichtig: Aktuelle Beispiele sind hierfür die „Chaos-Tage in Hannover“ 1997 und die „Castor-Transporte nach Ahaus“ 1998 und 1999.

Persönliche Schutzausrüstungen dürfen in Europa seit 1995 nur noch bei Einhaltung der EG-Richtlinie 89/686/EWG in den Verkehr gebracht werden ( Rückert, 1996 ). Darin werden für ihre Herstellung grundlegende Regeln für die

Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen festgelegt. Ausgenommen sind hier u.a. die Schutzausrüstungen der Polizei. Für die Polizei hat der Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des Arbeitskreises II „Innere Sicherheit“ ( Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Länder ) eine technische Richtlinie zur Körperschutzausstattung 1995 und für die leichte Ausführung der Körperschutzausstattung im Februar 1998 herausgegeben ( Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des AKII, 1998 ). Die Umsetzung der technischen Richtlinie in Landesrecht findet in Zusammenarbeit mit einer Bekleidungsingenieurin statt. In dieser Richtlinie wird im Hinblick auf die häufig lange Einsatzdauer vorrangig Wert auf Beweglichkeit, Leichtigkeit und Tragekomfort gegenüber einer technisch realisierbaren größtmöglichen Schutzwirkung gelegt. Anhand der Richtlinie muss der Hersteller die Wärmeisolation, den Wasserdampfdurchgangswiderstand und den Wasserdampfdurchgangsindex der von ihm produzierten Körperschutzausstattung von einem anerkannten, unabhängigen Institut zur Feststellung des Tragekomforts überprüfen lassen. Die Kriterien Leichtigkeit und Beweglichkeit werden noch nicht überprüft, da es bisher noch keine dafür aufgestellten Regeln gibt. Die Körperschutzausstattung muss den nachstehenden Mindestanforderungen genügen. Eine Verbesserung der Sicherheitsstandards im Zuge der konstruktiven oder technischen Weiterentwicklung ist anzustreben. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass dadurch die Einsatzfähigkeit des Trägers nicht unverhältnismäßig eingeschränkt wird“ ( Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des Arbeitskreises II, 1998 ). Als Mindestanforderungen werden u. a. die Schwerentflammbarkeit, körpergerechte Fertigung und Schutz gegen Schlag und Stich aufgelistet. Die möglichen Einschränkungen werden nicht näher erläutert.

Das Gesamtgewicht der Einsatzrüstung stellt eine körperliche Belastung dar, die bisher noch nicht untersucht wurde.

## 4.1 Beanspruchung von Frauen und Männern auf dem Laufband

Die zusätzliche Last durch das Tragen von Einsatzkleidung lag im Mittel zwischen 17,5 kg bei den Frauen und 19,2 kg bei den Männern ( siehe Tab. 4 auf Seite 7 und Tab. 11 auf Seite 7 ). Dieses hohe Tragegewicht entspricht bei der "alltagspraktischen Beurteilung" in der Klassifizierung der körperlichen Beanspruchung einer schweren Arbeit (Seidel und Bittighofer, 1997).

Damit eine Erschöpfung und vorzeitige Ermüdung nicht eintritt, ist für berufliche Tätigkeiten ist die Höchstleistungsgrenze weniger entscheidend als die Dauerleistungsgrenze. Für die Beurteilung der Arbeitsschwere definierte E.A. Müller den Begriff der **Dauerleistungsgrenze**: Er erfasste die Schwere einer Arbeit indirekt über die Beanspruchung des Arbeitenden, indem er die Herzfrequenz beobachtete; als Dauerleistungsgrenzwert wurde die größtmögliche Arbeitsschwere mit konstantem Herzfrequenzverlauf beschrieben ( Karrasch und E.A. Müller, 1951). Ulmer charakterisierte in Anlehnung an E.A. Müller eine **leichte, nicht ermüdende Arbeit** mit einem **Steady-state-Verhalten** ( Ulmer, 1986 ). Eine **schwere, ermüdende Arbeit** bewirkt dagegen einen **Ermüdungsanstieg**; diese Definitionen bezog Ulmer auf eine 8 h-Schichtdauer. Konstante Herzfrequenzen unter 130/min charakterisierte Ulmer als Dauerleistungsgrenze für Untrainierte 20- bis 30-Jährige ( Ulmer, 1986 ). Grandjean diskutiert die Ergebnisse von Karrasch und E.A. Müller ( Karrasch und E.A. Müller, 1951 ) - 30/min über dem Ruhepuls - sowie von Rohmert und Hettinger ( Rohmert und Hettinger, 1970 ) - 40/min - : Er schlägt Frequenzzunahmen von 35/min über dem Ruhepuls für Männer und 30/min für Frauen als Dauerleistungsgrenzwert vor ( Grandjean, 1991 ). Nach Jansen ist bei Frequenzen von 30-35/min über dem Ruhepuls für körperliche Schwerarbeit über acht Stunden die Dauerleistungsgrenze erreicht ( Jansen und Haas, 1991 ). Schmidt ermittelte mit Hilfe der Fahrradergometrie für Frauen im Alter von 30 bis 40 Jahren einen Dauerleistungsbereich bei einer Herzfrequenz von  $116/\text{min} \pm 7,2$ ; anschließend definierte er Frequenzzunahmen von 40/min über dem Ruhepuls als

Dauerleistungsbereich für Frauen ( Schmidt et al., 1975 ). Eine dauerhafte Zunahme der Herzfrequenz von über 40/min für eine 8 h-Schicht definierte Griefahn als Schwerarbeit ( Griefahn, 1992 ). Gültig als Dauerleistungsgrenze ist ein Frequenzanstieg von 40/min nur bei gleichzeitigem Einsatz großer Muskelgruppen ( Nünninghof, 1989 ).

Die **Definition der Dauerleistungsgrenze** ist auch über den Laktat Spiegel bei Belastung möglich: Ulmer definierte den aeroben-anaeroben Übergang bei 2 mmol/l Laktat als Dauerleistungsgrenze ( Ulmer, 1993 ). Bei körperlicher Arbeit unter 50 % des maximalen Sauerstoffverbrauchs und aufrechter Körperhaltung werden Laktatkonzentrationen von 2 mmol/l nicht überschritten; diese Arbeit kann dann über Stunden verrichtet werden. Wenn bei submaximaler Arbeitsanforderung Laktat Spiegel von 4 mmol/l nicht überschritten werden, ergeben sich dann bei konstanter Arbeitsintensität und konstanten Laktat Spiegeln maximale Arbeitszeiten von 40 - 60 min ( Lehmann et al., 1983 ).

In der vorgelegten Studie lag die Belastung im Gehen und Laufen für beide Geschlechter in Sportkleidung unter der Dauerleistungsgrenze, in Einsatzkleidung darüber. Die subjektive Empfindung der Belastung wurde in Sportkleidung insgesamt als leicht (Abb. 11 auf Seite 42), in Einsatzkleidung im Verlauf als schwer bis sehr schwer empfunden (Abb. 12 auf Seite 43). In der vorgelegten Studie wurde bei der Belastung in Sportkleidung ein Steady-state-Verhalten beobachtet (Ab. 9 auf Seite 40), in Einsatzkleidung ein Ermüdungsanstieg (Abb. 10 auf Seite 41). Bei der Belastung in Sportkleidung blieben die Herzfrequenzen unter 130/min; in Einsatzkleidung lagen sie bei den Frauen schon nach 7,5 min über 130/min, bei den Männern erst nach einer halben Stunde. Bei Belastung in Einsatzkleidung lagen die mittleren Laktat Spiegel der Frauen knapp über 2 mmol/l, die der Männer knapp darunter (Abb. 10 auf Seite 41). Hier wird die Arbeitsbeanspruchung an der Dauerleistungsgrenze anschaulich. Im letzten Belastungsintervall wurde die Dauerleistungsgrenze deutlich überschritten und die Belastung von 10 Beamtinnen

und 12 Beamten abgebrochen. Damit wird die starke Beanspruchung bei der Fortbewegung im Laufen mit der Einsatzkleidung erkennbar.

## 4.2 Fahrradergometrische Leistungsfähigkeit von Frauen und Männern

Aus verschiedenen ergometrischen Verfahren setzten sich in der Arbeitsmedizin die Standardschemata wie die W 150 und W 170 durch. Holmgren löste sich von der **Physical Working Capacity ( PWC 170 )** und führte die Bezeichnung **Rate of Work at Heart Rate 170 ( W 170 )** ein ( Rost et al., 1991 ). Die W 170 ist unter einer stufenweise ansteigenden Belastung diejenige Leistung, die bei einer Herzfrequenz von 170/min erreicht wird. Die **relative Leistungsfähigkeit** wird in **Watt/kg** Körpergewicht angegeben, die **absolute Leistungsfähigkeit** in **Watt**.

Die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit der Polizeivollzugsbeamten der Studie wurde mit Hilfe der Fahrradergometrie untersucht. Die Fahrradergometrie ist bei mitteleuropäischen Untersuchungen die gebräuchlichste Belastungsform und wurde in dieser Studie nach einem stufenweise ansteigenden Belastungsschema durchgeführt. Hierbei kam es auf die Erfassung der erwarteten großen Leistungsbreite an. Daher wurde die Belastung mit 50 Watt/ 3 min gesteigert ( Kindermann, 1987 ):

Die absolute Leistungsfähigkeit der Männer war deutlich höher als die der Frauen (siehe Tab. 19 und Tab. 20 auf Seite 47 und 48); maximal erreichte ein Mann 335 Watt, eine Frau 224 Watt. Aber auch die relative Leistungsfähigkeit fiel bei den Männern mit  $3,3 \pm 0,6$  gegenüber  $2,6 \pm 0,6$  bei den Frauen im Mittel um  $0,7$  W/kg Körpergewicht höher aus. Insgesamt fielen die erzielten Leistungswerte höher aus als bei der großen Vergleichsgruppe von 1235 untersuchten tauglichen Bewerbern; dabei erreichten die Frauen im Mittel  $2,3 \pm 0,4$  und die Männer  $2,8 \pm 0,6$  W/kg Körpergewicht (siehe Seite 49 ).

Die absolute und relative Leistungsfähigkeit untersuchte Restorff 1997 bei 291 Frauen der Bundeswehr : Er differenzierte in einem Schreiben an die Arbeitsgruppe zum Leitfaden Ergometrie eine absolute und relative W 170 : Die relative W 170 lag zu Ausbildungsbeginn bei  $1,56 \pm 0,41$ , zu Ausbildungsende bei  $1,68 \pm 0,35$  und im späteren Offizierslehrgang bei  $1,99 \pm 0,38$  W/kg. Er diskutierte anschließend, dass eine relative W 170-Leistung von 2,5 W/kg von 98 % der Frauen nicht erreicht wurde. Er schlug für die Leistungsanforderung eine relative W 170 von etwa 2 W/kg vor, wenn man die besten 10 % der Frauen für belastende Tätigkeiten selektieren will; die absolute W 170 sollte aber berücksichtigt werden, insbesondere bei niedrigem Körpergewicht ( Restorff, 1997 ).

Im Gegensatz zur Bundeswehr erreichten von 555 tauglichen Bewerberinnen bei der Polizei NRW immerhin 28% der Frauen über 2,5 W/kg und 36 % absolut wenigstens 150 W. Diese Prozentzahlen lagen aber auch deutlich unter denen der Männer; so erreichten von 680 tauglichen Männern 72 % eine Leistungsfähigkeit über 2,5 W/kg und 98 % von absolut wenigstens 150 W ( siehe Tab. 21 auf Seite 49 ).

Im Einzelfall gibt es zahlreiche Überschneidungen der Leistungsfähigkeit zwischen Frauen und Männern. So findet man im Berufsleben Frauen, deren körperliche Leistungsfähigkeit weit über der mittleren Leistungsfähigkeit der Männer liegt. Die Frage nach der Unzumutbarkeit bestimmter Tätigkeiten lässt sich aus leistungsphysiologischer Sicht also nicht pauschal, sondern nur in Abhängigkeit von der individuellen Leistungsfähigkeit beantworten ( Ulmer, 1985 ).

In der Arbeitswelt dringen Frauen immer mehr in klassische Männerberufe ein und unterliegen dann gleichen Arbeitsanforderungen und Belastungen. Die Ü-

bertragbarkeit der Messergebnisse von Fahrradergometrien auf die Eignung für bestimmte berufliche Ausdauerleistungen ist begrenzt ( Ulmer, 1993 ). Die ergometrische Beurteilung der Leistungsfähigkeit ist als einziges Eignungskriterium nicht ausreichend, um die Einsatzfähigkeit ausreichend zu erfassen. Ulmer diskutierte 1986 die Aussagefähigkeit von arbeitsmedizinischen Ergometrien und hob die geringe Übereinstimmung mit der beruflichen Leistungsfähigkeit hervor ( Ulmer, 1986 ). Auch in der Studie ließ sich keine Korrelation zwischen erzielter ergometrischer Leistung und dem Verlauf der Herzfrequenz , der erreichten Wegstrecke oder den Laktatwerten nachweisen. Auf eine Darstellung der negativen Korrelation wurde daher verzichtet.

Differenziert man die geschlechtsspezifischen Unterschiede in der körperlichen Leistungsfähigkeit in die motorische, muskuläre und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit, so sind Frauen in der Feinmotorik und manuellen Geschicklichkeit besser trainiert und vielfach geschickter ( Wrbitzky, 1994 ). Rutenfranz sieht die sensomotorische Leistungsfähigkeit als Trainingsergebnis des täglichen Lebens an ( Rutenfranz, 1983 ); also wäre sie trainierbar und nicht geschlechtsspezifisch. Im Gegensatz dazu sind Frauen in der muskulären Leistungsfähigkeit oft benachteiligt, da sie im Mittel über eine geringere Muskelkraft und Ausdauer verfügen ( Rutenfranz, 1983 ). Mit abnehmender Muskelmasse sinkt die erbringbare Leistung an der Dauerleistungsgrenze. Wegen ihrer im Mittel geringeren Muskelmasse und kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit werden Frauen durch körperliche Belastungen stärker beansprucht als Männer ( Griefahn, 1992 ). Relevant ist die muskuläre Leistungsfähigkeit in allen Arbeitsbereichen, in denen Heben und Tragen von Lasten notwendig ist oder körperliche Schwerarbeit geleistet werden muss ( Wrbitzky, 1994 ). Im Polizeieinsatz sind eine gute muskuläre und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit jedes eingesetzten Beamten unentbehrlich. Bei der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit sind individuelle Unterschiede bedeutsam: Sie resultieren aus dem Verhältnis von Körpergröße, Alter, Körpergewicht und dem relativen Fettanteil, der die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit grundsätzlich negativ beeinflusst ( Wrbitzky, 1994 ). Frauen besitzen im Mittel einen höheren Fettanteil, weniger Muskelmasse und vor allem auch eine geringere Herzmuskelgröße als Männer: Im Verhältnis zu Männern wurden 1993 folgende Mittelwerte für Frauen

beschrieben: Um 10 - 12 cm niedrigere Körpergröße, um 10 kg geringeres Körpergewicht, um 20 - 35 % geringere maximale Muskelkraft und um 10 - 15 % niedrigere maximale aerobe Leistungsfähigkeit ( Pickenhain et al., 1993 ). Auch bei der Auswahluntersuchung der Polizei NRW fiel bei den Bewerberinnen die Körpergröße im Mittel um 11 cm geringer und das Körpergewicht im Mittel um 11 kg leichter aus als bei den männlichen Bewerbern (Tab. 21 auf Seite 49).

Bei der Polizei wird die Ergometrie gemäß der PDV 300 als Leistungsdiagnostik und als Auswahlkriterium eingesetzt ( Innenminister des Landes NRW, 1988 ). Sie ist eine exakt reproduzierbare Belastung. Die Eingangsbelastung wurde bei dieser Studie so wie bei den Auswahluntersuchungen der Polizei für Frauen und Männer verschieden hoch gewählt. Es konnte zwar nur eine geringere Anzahl von Frauen als von Männern untersucht werden, ihr Anteil an der Gesamtzahl mit etwa 30 % lag aber deutlich über dem Frauenanteil in den Einsatzhundertschaften. Dieser liegt nach Angaben von verschiedenen Hundertschaftsführern zur Zeit bei etwa 10 - 20 %. Die Frauen in der Studie waren im Vergleich zu den Männern im Mittel jünger, kleiner und leichter. Dies entspricht sicherlich den realen Verhältnissen in den Hundertschaften. Daher wäre die Auswahl von nach Alter, Größe und Gewicht vergleichbaren Gruppen von Männern und Frauen nicht repräsentativ.

### **4.3 Eignung von Frauen in anderen Berufsfeldern**

Das Interesse der Arbeitswissenschaften bei der Öffnung neuer Berufsfelder für Frauen gilt der Formulierung von Eignungsaussagen. Dazu werden die in den Arbeitssystemen zu erwartenden Anforderungen mit den gruppenspezifischen Parametern verglichen ( Tielmann und Graß, 1984 ). In folgenden klassischen Männerberufen wurden die für Frauen gültigen Leistungsanforderungen umfassend untersucht:

Rutenfranz stellte 1982 in seinen arbeitsphysiologischen Untersuchungen über **Frauen im Bauhauptgewerbe** fest, dass es Tätigkeiten gibt, die bei der überwiegenden Zahl der Frauen außerhalb der individuellen Dauerleistungsfähigkeit liegen. Zusätzlich sieht er bei der körperlichen Leistungsfähigkeit deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede zu Ungunsten der Frauen, vor allem bei der Muskelkraft und der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit ( Rutenfranz et al., 1982 ).

Tielmann folgerte aus seinen physiologischen Untersuchungen für die Eignung von **Frauen bei Stahlbauschlossertätigkeiten**, dass ein abgestuftes Vorgehen erforderlich ist: Er fordert eine Überprüfung der subjektiven Beherrschung des Handlungsvollzugs, sowohl in physischer als auch in psychischer Hinsicht. Wenn eine Nichteignung für den Handlungsvollzug gegeben ist, fordert er eine Klärung, ob unter Beachtung der Aufgabenstellung andere Handlungsvollzüge möglich sind. Er berücksichtigt, dass Eignung sowohl durch Lernen und Training als auch durch die Gestaltung des Arbeitssystems erreicht werden kann ( Tielmann und Graß, 1984 ). Eine individuelle Gestaltung ist jedoch im praktischen Einsatz der Polizei bisher nicht möglich: der Einsatz beruht auf einem geschlossenen Verband mit entsprechender Führungs- und Organisationsstruktur.

Tielmann führt weiter an, dass die für qualifizierte Tätigkeiten charakteristischen Handlungsspielräume eine autonome Anpassung an eine im Durchschnitt geringere physische Leistungsfähigkeit erlauben und dass bei körperlich höher belastenden Tätigkeiten nicht unmittelbar auf Eignung oder Nichteignung geschlossen werden kann ( Tielmann und Graß, 1984 ).

Schutzkleidungen stellen immer einen Kompromiss zwischen den an sie gestellten Aufgaben und den durch sie hervorgerufenen zusätzlichen Belastungen für den Träger dar. Jede Gewichtsreduktion der Schutzkleidung bewirkt Vorteile für die physische Belastbarkeit des Trägers; die eigentliche Schutzfunktion muss aber

vordergründig bleiben. Um die Risiken von Arbeitsunfällen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu verringern, ist hierzu eine den jeweiligen Anforderungen angepasste Schutzkleidung erforderlich. Für das Arbeitsprofil in einer Hundertschaft sind geeignete Einsatzbeamte auszuwählen und die Leistungsvoraussetzungen zu überprüfen. Im Hinblick auf die zu erwartenden Anforderungen an die muskuläre und kardiopulmonale Leistungsfähigkeit sollten nur körperlich geeignete Frauen und Männer ausgewählt werden. Als Eignungskriterien können die Mindestanforderungen der berufsgenossenschaftlichen Untersuchung nach G26 empfohlen werden. Im Hinblick auf die hohen körperlichen **Anforderungen**, die bei dem **Dienst in einer Einsatzhundertschaft** der Polizei gestellt werden, sind bei der Beurteilung einer Eignung insbesondere das Unter- oder Übergewicht und die Mindestgröße zu berücksichtigen. Die körperliche Konstitution sollte vermehrt bei der Beurteilung von Eignung oder Nichteignung berücksichtigt werden.

Untersuchungen anderer klassischer Männerberufe mit deren Arbeitsprofilen zeigten, dass es Tätigkeitsbereiche gibt, die für die meisten Frauen mit zu hohen Belastungen verbunden sind. Auch die im Rahmen der hier vorgestellten Studie erhobenen Daten zeigen eine hohe oder sogar zu hohe Belastung der Frauen beim Tragen der Einsatzrüstung.

#### **4.4 Arbeitsphysiologische Bewertung einer Last bzw. schweren Ausrüstung**

Die verschiedene Belastung von Frauen und Männern durch das Gewicht der Ausrüstung stand im Mittelpunkt dieser Studie. Studienbedingungen waren Gehen und Laufen in der Ebene mit der gesamten Ausrüstung und Einsatzkleidung.

Zum Thema Ausrüstungsgewicht war es schwierig, vergleichbare Untersuchungen zu finden. Daher werden im Folgenden auch Studienergebnisse über militäri-

sche Ausrüstungen, Feuerwehrausrüstungen oder zu Arbeitsprofilen aus arbeitsphysiologischer Sicht zitiert.

In einer Studie von Ungerer stand das Risikoprofil und die Belastung von Feuerwehrmännern im Einsatz im Mittelpunkt; allein unter physischer Belastung kann es bereits ab einem Herzfrequenzanstieg über 160/min deutlich zu starken psychozerebralen Kapazitätseinbußen kommen ( Ungerer et al. 1993 ). In der hier durchgeführten Studie lag nach 15 min die mittlere Herzfrequenz von 12 untersuchten Frauen bei Belastung in Einsatzkleidung schon über 160/min (Tab. 6 auf Seite 19); von 23 untersuchten Männern hingegen wurde erst nach einer Stunde Belastung die mittlere Frequenz von 160/min überschritten (Tab. 13 auf Seite 29). Berücksichtigt man die Ergebnisse von Ungerer, wären Frauen bei physischer Belastung im Einsatz deutlich eher psychozerebralen Kapazitätseinbußen unterworfen als Männer. Demnach könnten im Einsatz unter hoher physischer Belastung plötzliche zerebrale Defizite entstehen, die die Einsatzfähigkeit von Frauen und Männern deutlich einschränken oder sogar Fehlverhalten verursachen würden.

Kinoshita untersuchte 1985 die Bedeutung von Lastgewichten für Militärrekruten und Industriearbeiter. Er stellte dabei einen Konsens mit den Ergebnissen früherer Untersucher fest: Eine Last sollte unter 40 % des Körpergewichts bei kontinuierlichem Tragen und unter 50 % bei gelegentlichem Tragen liegen. Jedenfalls sollten 30 % leicht bewältigt werden können, für körperlich nicht an das Tragen adaptierte Personen aber weniger als 20 %. Für Kinoshita stellt eine Last von 20 % des Körpergewichts eine leichte und von 40 % eine schwere Last dar ( Kinoshita, 1985 ).

Für Steinhaus liegt das ökonomische Optimum eines Lastgewichts in der Ebene bei 40 % des Körpergewichts. Auf der Treppe oder schiefen Ebene liegt es bei 15 % ( Steinhaus et al., 1985 ), wie seine Untersuchungen zum Einfluss zunehmender Steigung im Hinblick auf die Tätigkeit eines Feuerwehrmanns beim

Besteigen der Drehleiter zeigen. Eine Vergleichbarkeit mit den in der hier vorgelegten Studie erhobenen Daten ist daher nicht gegeben, da nur Gehen und Laufen in der Ebene untersucht wurde.

In nur wenigen Arbeiten wurde bisher die Belastung durch zusätzlich getragenes Gewicht **nach Geschlechtern getrennt** untersucht: Für Frauen vermutete Robertson 1982 ein *Grenzlastgewicht* zwischen 7,5 und 15 % des Körpereigengewichts, wenn die Gehgeschwindigkeit zwischen 3,22 und 8,05 km/h liegt ( Robertson et al., 1982 ). Verglichen mit diesen Ergebnissen ergaben sich bei den Tests dieser Studie deutlich höhere Werte für das Gewicht mit im Mittel 29 % des Körpergewichtes. Die kleineren Konfektionsgrößen bedingten für Frauen ein geringeres Gesamtgewicht als für Männer. Wegen ihres geringeren Körpergewichtes resultierte aber dennoch eine höhere relative Belastung als für Männer, bei denen das Gewicht bei im Mittel 23 % des Körpergewichtes lag (Abb.8).

Eine weitere Studie, die Frauen und Männer getrennt beobachtete, leitete Stauffer an einer amerikanischen Militärakademie; dabei wurden die Beanspruchungen von Frauen und Männern durch verschieden schwere Militärausrüstungen im Hinblick auf ihre metabolischen Auswirkungen untersucht: Die Untersuchung wurde mit Hilfe eines Laufbandes mit einer progressiven Geschwindigkeit von 4,8 bis 9,6 km/h über 21 min durchgeführt. Dabei waren 3 von 12 Frauen nicht fähig, die Belastung mit 20 kg Zuladung bis zum Ende zu absolvieren. Unter den leichteren Testbedingungen von 12 kg oder 5 kg Belastung wurden die 21 min vollständig und ohne Abbruch absolviert, die Männer erreichten dagegen mit jeder dieser Zuladungen das Ende der Belastung ( Stauffer et al., 1987 ). Die Frauen wogen im Mittel 58 kg bei einer Körpergröße von 167 cm, die Männer wogen 73 kg bei einer Körpergröße von 178 cm. Die geschlechtsabhängige körperliche Konstitution könnte auch hier der wichtigste Einflussfaktor für die vermehrten Abbrüche der Frauen gewesen sein.

Das Gesamtgewicht der polizeilichen Schutzausrüstung betrug für die Frauen im Mittel 17,5 kg bzw. 29 % des Körpergewichts. Unter der Bedingung Gehen und Laufen in der Ebene brachen 83 % der untersuchten Frauen die Belastung ab. Diese schwere Schutzausrüstung sollte für Frauen leichter ausfallen als für Männer, um einer vermehrten Beanspruchung und vorzeitigen Erschöpfung im Vergleich zu Männern vorzubeugen.

Martin verglich 1986 den Einfluss von Lasten zwischen 9 und 36 kg auf das Gehen bei Frauen und Männern: Die Ergebnisse zeigten, dass die Gangmuster bei beiden, den männlichen und den weiblichen Versuchspersonen, durch die Erhöhung der zu befördernden Last beeinflusst wurde; bei erhöhter Last nahm die Schrittlänge und die Zeit ohne Bodenkontakt eines Fußes ab, während die Schrittfrequenz und die Zeit des Aufkommens beider Füße anstieg. Während die Wechsel der Gangcharakteristika für die männlichen Versuchspersonen relativ klein waren, wurden die der Frauen in einem größeren Ausmaß beeinflusst. Er folgerte daraus, dass man sich **Lastengrenzwerte** überlegen sollte und dass diese **für Frauen** nicht nur aufgrund physiologischer, sondern auch aus biomechanischen Gegebenheiten und der damit verbundenen mechanischen Belastungen **niedriger sein sollten** ( Martin, 1986 ).

In einer Studie zur Belastung von jungen chinesischen Männern bei 5 km/h Marschgeschwindigkeit wurde eine Last von 15 kg empfohlen. Das noch erträgliche Lastgewicht betrug 20 kg in den über 7 h dauernden, täglichen Versuchen. Unter dieser Last lag bei 95 % der Männer die Herzfrequenz unter 120/min, dennoch ermüdeten 10 - 15 %. Die mittlere Körpergröße der untersuchten Männer betrug 169 cm und das mittlere Körpergewicht 64 kg. Die Ermüdung von 10 - 15 % der Männer bei einer eher geringen Herzfrequenz könnte möglicherweise mit dem relativ geringen Körpergewicht und der relativ geringen Körpergröße in Zusammenhang stehen (Yu und Lu, 1990).

Studien über zulässige Höchstgrenzen für das Gewicht von Schutzausrüstungen wurden bislang nicht publiziert. Dagegen liegen zur Frage von Höchstgrenzen für Lastgewichte bei der manuellen Lastenhandhabung etliche Mitteilungen vor (Hettinger 1991, Legg et al. 1992, Moroff 1990, Müller 1961, Nottrodt und Manley 1989, Robertson et al. 1982, Stauffer et al. 1987, White et al. 1989, Yu und lu 1990, Zhu und Zhang 1990, Nottrodt und Manley 1989 ). Daraus lassen sich Empfehlungen ableiten, die zur Verhütung von Körperschäden beim Heben und Tragen einer Last von Hand in der Richtlinie zur manuellen Lastenhandhabung (Bundesgesetzblatt 1996) berücksichtigt wurden (vergl S. 65). Aus derartigen Richtwerten lassen sich jedoch keine Anhaltspunkte für zulässige Höchstgewichte von Körperschutzausrüstungen ableiten, da das Heben und Tragen einer Last von Hand mit der durch Tragen von Schutzausrüstungen ausgelösten Belastung nicht vergleichbar ist. Für die Bewertung schwerer persönlicher Schutzausrüstung könnte aber die zitierte Studie zur Belastung von Männern und Frauen mit militärischer Ausrüstung einige Hinweise geben (Stauffer et al., 1987). Danach konnten Männer, die im Mittel um 13 cm größer und um 15 kg schwerer waren als die Frauen, den Testlauf mit 20 kg (ca. 27% des mittleren Körpergewichts) Zuladung bewältigen, während dies den Frauen nur mit einer Last von 12 kg (ca. 20 % des mittleren Körpergewichts) ohne Abbruch möglich war. In den eigenen Untersuchungen betrug das Gesamtgewicht der Schutzausrüstung bei den Frauen  $17,5 \pm 1$  kg (ca. 29 % des mittleren Körpergewichts) und bei den Männern  $19,2 \pm 2,4$  kg (ca. 23 % des mittleren Körpergewichts). Diese Belastung führte dazu, dass 10 von 12 Frauen und 12 von 29 Männern den unter Einsatzbedingungen simulierten Testlauf vor Erschöpfung vorzeitig abbrechen mussten. Hier müsste insbesondere im Hinblick auf die überproportional hohe Belastung der Frauen dringend geprüft werden, auf welche Weise die Einsatzfähigkeit gewährleistet werden kann. Aus der US-amerikanischen Militärstudie lässt sich schließen, dass dazu eine Verringerung der Ausrüstungslast beitragen kann. Ob das Gesamtgewicht der polizeilichen Einsatzkleidung und Ausrüstung bei Erhaltung des Schutzziels verringert werden kann, ist eine offene Frage. Dies mag auch darin begründet liegen, dass zu Grenzlastgewichten von Schutzausrüstungen keine validen Daten vorliegen. Insoweit besteht dringender Handlungsbedarf.

#### 4.4.1 Rechtsgrundlagen

Es fragt sich nun, wie weit man eine Last im allgemeinen Berufsleben mit einer Belastung durch Schutzausrüstungen vergleichen kann: Der Unterschied zu einer Last im üblichen Sinne liegt im Zweck der Schutzausrüstung; sie soll nicht wie eine Last von A nach B transportiert werden, sondern den Anwender schützen. Die Körperschutzausstattung wird im Einsatz „getragen“ und damit als zusätzliche Last transportiert. In der Ergonomie wurde das Gesamtgewicht von Schutzausrüstungen noch nicht als eine Belastung erkannt, die man durch eine Grenze beschränken sollte. In den technischen Richtlinien ( Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des AKII, 1998 ) wird eine größtmögliche Leichtigkeit gefordert. Diese sollte sich nicht auf das Gewicht einzelner Teile der Ausrüstung beschränken, sondern besonders auch das erreichte Gesamtgewicht berücksichtigen. In der europäischen Richtlinie zur persönlichen Schutzausrüstung ( Rückert, 1996 ) wird immer wieder auf ein möglichst geringes Gewicht hingewiesen, konkrete Angaben fehlen auch hier wieder.

Die derzeit einzige Rechtsgrundlage zum maximalen Gewicht einer Last findet man in der **europäischen Richtlinie zur manuellen Lastenhandhabung**; sie wurde 1996 als EWG-Richtlinie in der BRD mit dem Arbeitsschutzgesetz umgesetzt. Sie wird für die Polizei aus Gründen der Inneren Sicherheit nicht gelten und anwendbar sein; zudem enthält sie leider auch keine konkreten Empfehlungen zum maximal empfohlenen Lastgewicht ( Bundesgesetzblatt, 1996 ).

In einer Studie für das Bundesministerium für Arbeit empfahl Hettinger 1991 eine maximale Last von 10 kg für Frauen und von 20 kg für Männer. Er bezog die Empfehlung auf das häufige Heben und Tragen von Lasten während einer Arbeits-

schicht ( Hettinger, 1991). Diese Empfehlungen findet man jetzt erneut in der Richtlinie zur manuellen Lastenhandhabung wieder ( Bundesgesetzblatt, 1996 ).

In den Vereinigten Staaten wurde bei der manuellen Lastenhandhabung die **NIOSH-EQUATION** des **National Institute for Occupational Safety and Health** bei der Bewertung von Arbeitsprofilen in der Industrie eingeführt. Sie wurde 1985 von einem Komitee, das sich auf Literaturergebnisse stützte, definiert und 1993 von Waters aktualisiert ( Waters et al., 1993 ). Die aus vielen Faktoren erstellte Gleichung gilt nur für das Heben von Lasten unter bestimmten Bedingungen und insbesondere nicht für das Ziehen, Schieben, Gehen mit und Tragen von Lasten.

Grieco modifizierte 1997 die **europäische Richtlinie zur manuellen Lastenhandhabung**; er führt darin aus, dass für das *Tragen von Lasten* keine gleichwertig soliden Daten vorliegen wie für das *Heben von Lasten*. Die Ergebnisse von Snook zum maximal empfohlenen Gewicht beim *Heben von Lasten* , die Grieco vorstellt, liegen zwischen 6 und 12 kg in Abhängigkeit von Faktoren wie der Distanz der Last zum Körper oder die Höhe, aus der gehoben werden muss bzw. die Höhe, bis zu der die Last zu heben ist ( Grieco et al., 1997 ).

Lee untersuchte die Anwendbarkeit der NIOSH-EQUATION auf nicht-westliche Populationen unter dem Gesichtspunkt geringerer Körpergrößen von Chinesen gegenüber der westlichen Population ; sie fand heraus, dass die Gleichung aufgrund der anderen Anthropometrie erst modifiziert werden müsste ( Lee et al., 1995 ).

Die vorhandenen Rechtsgrundlagen schließen somit das Tragen eines so hohen Gewichts von einer Schutzausrüstung bzw. Last nicht aus.

#### 4.5 Thermoregulation während dynamischer Arbeit: Temperaturerhöhung und Gewichtsverlust

Die Messung der Körperkerntemperatur wird am zuverlässigsten rektal oder ösophageal gemessen. Dies war bei der Laufbandbelastung nicht praktikabel. Neuerdings ist es möglich, die Körpertemperatur tympanal zu messen. Die gemessene **Tympanaltemperatur** kommt der Kerntemperatur näher als orale, rektale oder axillare Messungen, da das Trommelfell und das Temperaturkontrollzentrum im Gehirn durch gemeinsame Blutgefäße versorgt werden. Die gemessene Tympanaltemperatur kann in Einzelfällen zu Fehlbeurteilungen der Kerntemperatur führen; aus eigener Erfahrung fällt das Messergebnis z.B. zu niedrig aus, wenn noch keine Adaptation an das Raumklima nach einem Aufenthalt draußen in der Kälte stattgefunden hat. Dieser Effekt konnte bei den Messungen in der Studie nicht beobachtet werden, da jeder Teilnehmer sich schon einige Zeit vor der ersten Messung im Labor aufhielt. Unter der physischen Belastung stieg die Körpertemperatur in der vorgelegten Studie bei Frauen und Männern gleich hoch an, um etwa 1,4 bis 1,5 C° ( siehe Tab. 10 auf Seite 26 und Tab. 17 auf Seite 36 ). Der Temperaturanstieg weist indirekt auf die Arbeitsintensität und die Arbeitsschwere hin.

Die Frauen verloren im Mittel 1,2 kg Gewicht, die Männer 1,5 kg ( siehe Tab. 10 auf Seite 26 und Tab. 17 auf Seite 36 ). Ein Flüssigkeitsverlust in dieser Höhe sollte im Einsatz rasch ausgeglichen werden können; hierfür wären z.B. mitführbare Getränke in leichten und wenig verletzungsgefährdenden Verpackungen wie z.B. Tetrapack<sup>®</sup> ein Lösungsvorschlag für die Praxis, tragen aber natürlich wieder zur Erhöhung der "Last" deutlich bei. Optimaler wäre eine Versorgung "vor Ort" mit Getränkeständen, soweit dies die Einsatzbedingungen zulassen - Frauen trinken nach den Erfahrungsberichten besonders wenig vor und in Einsätzen wegen der umständlichen Entkleidungssituation; dies führt dann bei hohen Flüssigkeitsverlusten erst recht zu einer vorzeitigen Erschöpfung -. Für Frauen ist daher zusätzlich

eine praktische Bekleidungslösung, die den Frauen den Toilettengang erleichtert, zu entwickeln.

Davies wies 1979 nach, dass die Thermoregulation während der Arbeit nicht vom Geschlecht oder Alter abhängig ist ( Davies, 1979 ). Zu Arbeitsbeginn ist die Wärmeabgabe niedriger als die Wärmeproduktion; nach 60 min stellt sich ein Gleichgewicht ein und die Körpertemperatur stabilisiert sich auf einem höheren Niveau; die Temperatur ist um so höher, je höher die erbrachte Leistung ist. In der Studie wurde bei den Frauen im Mittel ein Temperaturanstieg von 1,5 C° und bei den Männern von 1,4 C° beobachtet ( siehe Tab. 10 auf Seite 26 und Tab. 17 auf Seite 36 ). Nach den Daten von Davies findet bei einer Körpertemperatur von 38,2 C° eine Schweißsekretion von 50 % des maximal Möglichen statt; bei dem beobachteten Temperaturanstieg erzielt man ausgehend von einer Normaltemperatur von 36 - 37 C° also maximal 38,5 C° ; damit besteht noch eine erhebliche Sicherheitsreserve für die maximal mögliche Schweißsekretion.

Vergleichbare Studien zur Thermoregulation in Schutzkleidung sind bisher selten publiziert worden. Eine Studie wurde 1997 zum Tragen von Feuerwehreinsatzjacken publiziert ( Schopper-Jochum et al., 1997 ): mit ihrer gesamten Ausrüstung liefen 4 Feuerwehrmänner über 20 min auf dem Laufband; das Gewicht der Ausrüstung betrug 30 % des Körpergewichts. Unter einer progressiven Laufbandsteigung wurden die Gewichtsverluste beim Laufen mit verschiedenen Jackenmaterialien beurteilt. Der absolute Schweißverlust lag zwischen 0,7 und 1,0 l in 20 Minuten. In einer Anschlussstudie untersuchte man zwei verschiedenen schwere Ausrüstungen; dabei wurden fünf unterschiedliche Funktionsunterwäschen während des Laufens über 60 min eingesetzt ( Hocke et al., 1997 ). Empfohlen werden konnte die Kombination aus Funktionsunterwäsche und einer wasserdampfdurchlässigen Einsatzjacke. Nach den Ergebnissen der hier vorliegenden Studie zur Thermoregulation (s.o.) sollten den Benutzern von Schutzausrüstungen geeignete Funktionsunterwäsche empfohlen werden, damit hohe Schweißverluste unter physischer Belastung entsprechend aufgesogen werden können und nicht zu

sischer Belastung entsprechend aufgesogen werden können und nicht zu einer zusätzlichen psychischen Beanspruchung für den Träger führen.

Zur Rechtsgrundlage: die Prüfung der Thermoregulation bei der Einsatzkleidung der Polizei NRW wurde anhand bekleidungsphysiologischer Parameter durchgeführt; die bekleidungsphysiologischen Anforderungen finden sich teilweise auch in der europäischen Richtlinie Persönliche Schutzausrüstung wieder.

Bei der Materialauswahl für Schutzkleidungen der Polizei steht die Schwerentflammbarkeit im Vordergrund. Die Gefahrenmomente ergeben sich u.a. aus der Verwendung von Brandbeschleunigern seitens gewaltbereiter Demonstranten (Klos, 1996). Diese Schutzfunktion erhöht das **Gewicht der Schutzkleidung** eher unwesentlich, trägt dafür zur Wärmeisolation des Körpers durch die Bekleidung bei und beeinflusst die Thermoregulation und damit das körperliche Leistungsvermögen zusätzlich negativ. Die Größe dieses Einflusses auf die körperliche **Beanspruchung und Belastung** konnte in der Studie nicht isoliert beantwortet werden, da nicht unter dieser Fragestellung gezielt untersucht wurde. Hierzu müssten verschiedene Jackenmaterialien unter gleichen Bedingungen getestet werden.

#### **4.6 Konzeption der Körperschutzausstattung unter Berücksichtigung der Fragebogenergebnisse im Hinblick auf arbeitsmedizinische Empfehlungen**

Die mitgeführten Ausrüstungen waren teilweise nicht körpergerecht angepasst; die drei Konfektionsgrößen ( S, M, L ) mit den dazu gelieferten Protektoren wurden der individuellen körperlichen Konstitution und Anatomie des Benutzers oft nicht gerecht. . Die subjektive Beurteilung der gesamten Schutzausrüstung ergab bei der Auswertung des Fragebogens folgende Hinweise: verschiedenste Teile der Ausrüstung wurden als unbequem, zu schwer, bewegungseinschränkend und un-

handlich beurteilt ( siehe Seite 44 ). Hieraus ergeben sich wiederum Hinweise auf eine mangelhafte Anpassung der Schutzausrüstung an die individuelle körperliche Konstitution. Bei der Auswertung sei jedoch darauf hingewiesen, dass der Unterschied zwischen Einsatzkleidung und Schutzausrüstung den Probanden teilweise nicht bekannt war. Im beruflichen Alltag wird vom Einsatzanzug oder von Einsatzkleidung geredet oder einfach der Herstellername benutzt. Dies führte bei einigen Probanden zu Fehlangaben.

Bei der zweiten Anforderung, die die Studie stellte, - Laufen in der Ebene - brachen 41 % der Männer und 83 % der Frauen die Belastung vorzeitig wegen kardiopulmonaler Erschöpfung ab ( siehe Seite 17ff. und Seite 27ff. ). Daraus kann man schließen, dass die getragenen Modelle für eine schnelle Fortbewegung über 10 bis 15 min nicht geeignet sind. Wenn für den Einsatz nicht geeignete Transportmittel zur Verfügung stehen, sollten daher ausreichende Erholungspausen vorgesehen werden.

Im geschlossenen Einsatz der Polizei addieren sich zur körperlichen Belastung durch das Gesamtgewicht der Ausrüstung weitere Faktoren, wie z.B. Einsatzlage, Einsatzdauer, Gefahrensituationen, momentane Disabilität des Trägers, Klima und Gelände. Mit dem Halten des Schutzschilds von knapp 4 kg Gewicht wird eine vermehrte statische Haltearbeit geleistet. Hierzu ist eine entsprechende Kraft erforderlich, zu der Rohmert 1965 die Pauschalaussage machte, dass eine Erschöpfung nicht eintritt, wenn die Belastung unter 15 % der maximalen Haltekraft bleibt ( Rohmert, 1965 ). Inwieweit die von Rohmert genannte Grenze mit dem Halten des Schutzschilds überschritten wird, kann mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden. In der Praxis wird das Schutzschild jedoch meistens nicht dauernd vor dem Körper gehalten, sondern je nach Lage zur Erholung auf dem Boden abgestellt. In der Studie wurde der natürliche Bewegungsablauf mit Schutzschild in der Hand durch die seitlichen Begrenzungen des Laufbands eingeschränkt (Bild 5). Eine Gewichtsreduktion des Schutzschilds konnte bisher noch

nicht realisiert werden; Materialentwicklungen in der Zukunft könnten aber dazu führen.

Die Konzeption der Körperschutzausstattung richtet sich nach den **Zielvorgaben** des Arbeitskreises Innere Sicherheit in den technischen Richtlinien. Nach den Zielvorgaben von 1995 soll die Körperschutzausstattung den Träger vor Verletzungen durch mechanische oder chemische Einwirkungen schützen. Die anhand dieser Richtlinie hergestellten Körperschutzausstattungen wurden in der vorgelegten Studie getragen. Dabei konnten folgende Einschränkungen ihrer Brauchbarkeit direkt beobachtet werden:

Teile der Ausrüstung und insbesondere die Protektoren für die Extremitäten behinderten den Träger bei der Fortbewegung und in der Beweglichkeit; teilweise wurden durch das Befestigungssystem Druck- und Scheuerstellen verursacht. Als Nebeneffekt konnte man während der Tests beobachten, dass es den meisten Trägern nicht möglich war, die gesamte Ausrüstung ohne fremde Hilfe anzuziehen. Diese eingeschränkte Beweglichkeit ging soweit, dass es für die meisten Träger nicht möglich war, sich am Boden liegend ohne fremde Hilfe wieder aufzurichten. Diese eingeschränkte Bewegungsfreiheit durch die Protektoren sollte jedem Einsatzbeamten bekannt sein; entsprechende Handlungsvollzüge sollten vor Einsätzen vermehrt trainiert werden: wichtige Übungsaufgaben wären das Aufstehen vom Boden mit Hilfe eines Partners und entsprechende Teamarbeit, d.h. Fortbewegung nur im Verband oder mindestens zu zweit, besser zu dritt.

Einige Ausführungen der aktuellen Körperschutzausstattung bewirkten körperliche Einschränkungen für den Träger bei der Fortbewegung sowie bei Stürzen. Optimaler Schutz kann nur erreicht werden, wenn die Einsatzkleidung und -ausrüstung körpergerecht ausfällt. Für Gefahrensituationen sollte die Bewegungseinschränkung durch Schutzkleidung so gering wie möglich sein. Die in den technischen Richtlinien aufgestellten Schutzkriterien verursachen durch das

erforderliche Material das hohe Gewicht; das Gesamtgewicht sollte eine stärkere Beachtung finden und so gering wie möglich gehalten werden, insbesondere für Frauen.

Für die Polizei aktualisierte der Arbeitskreis II im Februar 1998 die **technischen Richtlinien zur Schutzkleidung**. Diese gilt es umzusetzen und mit konkreten Angaben zum maximal zulässigen Gesamtgewicht von Körperschutzausstattungen sowie zum Gewicht ihrer Module wie beispielsweise Stiefel, Helm usw. zu erweitern, sobald hier arbeitsmedizinische Ergebnisse vorliegen.

In den technischen Richtlinien zur Körperschutzausstattung von 1998 haben sich einige Zielvorgaben geändert: u.a. soll die Körperschutzausstattung den Träger vornehmlich bei Einsätzen geschlossener Einheiten vor Verletzungen durch Angriffe schützen. Um Umfang und Grad des Schutzes auf die zu erwartenden Lagen sowie Einsatzerfordernisse ausrichten zu können, wird nun ein modularer Aufbau gefordert, so dass die Einzelkomponenten je nach Einsatzbedingung variiert werden können ( Unterausschuss Führungs- und Einsatzmittel des Arbeitskreises II, 1998 ). Inwieweit eine neue Konzeption der Körperschutzausstattung der individuellen Konstitution gerecht wird, sollte auf jeden Fall eingehend überprüft werden.

Für die Praxis lässt sich nun ableiten, dass Schutzkleidung den Träger optimal schützen kann, wenn die Schutzkriterien ebenso eingeschätzt werden können wie die durch das Tragen verursachten Einschränkungen der physischen Belastbarkeit. In der Praxis kommt es also darauf an, vor Einsätzen so häufig wie möglich in Körperschutzausstattung zu trainieren. Beispielsweise sind bei den Feuerwehren Training auf Sicherheitsparcours in regelmäßigen Zeitabständen Vorschrift. Ähnliche, an die Polizeiarbeit angepasste Parcoure sollten entwickelt werden. Mit Hilfe der Hundertschaftsführer könnten Sicherheitsunterweisungen zur höheren Akzeptanz der Körperschutzausstattung und vermehrten Einsatzfähigkeit beitragen.

## 4.7 Arbeitphysiologische Bewertung der Studienergebnisse

Männer und Frauen sind im Polizeidienst in einer Einsatzhundertschaft den gleichen Arbeitsbedingungen unterworfen. Die bei den Einsätzen getragene Schutzkleidung trägt aber nur bedingt der unterschiedlichen körperlichen Konstitution von weiblichen und männlichen Beamten Rechnung. Insbesondere das **Gewicht der Einsatzkleidung** ist im Verhältnis zum Körpergewicht bei den Frauen deutlich höher als bei den Männern. In der vorliegenden Studie wurde die Beanspruchung von 12 Frauen und 29 Männern auf dem Laufband in Sport- und Einsatzkleidung verglichen. Als Belastungsparameter wurden Herzfrequenz, Laktatkonzentration und die subjektive Befindlichkeit in regelmäßigen Abständen registriert.

In Sportkleidung wurde der gesamte Lauf von allen Teilnehmern absolviert. In Einsatzkleidung brachen 10 Frauen und 12 Männer den Lauf vor Erschöpfung vorzeitig ab. In Sportkleidung wurde ein Steady-State-Verhalten der kardiopulmonalen und Stoffwechsel- Belastungsparameter bei beiden Geschlechtern bis zum Beginn des letzten Intervalls beobachtet. Demgegenüber zeigte sich bei der Untersuchung in Einsatzkleidung ein Ermüdungsanstieg bei der Herzfrequenz. Die Laktatkonzentration fiel geschlechtsabhängig verschieden aus: sie lag bei den Frauen im aerob-anaeroben Übergangsbereich, bei den Männern noch deutlich unter der anaeroben Schwelle. Im letzten Intervall bei 9 km/h Laufgeschwindigkeit stiegen Laktatwerte und Herzfrequenzen deutlich an als Ausdruck der starken Beanspruchung. In Einsatzkleidung gelang es nur 4 von 12 Frauen und 23 von 29 Männern mindestens eine Minute dieses Intervalls durchzuhalten.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Frauen in Sportkleidung den Männern in den kardiopulmonalen Belastungsparametern durchaus gleichwertig sind, aber durch die überproportional schwere Einsatzkleidung deutlich früher an ihre Leistungsgrenzen gelangen. Ein geringeres Gewicht der Einsatzkleidung könnte die höhere Beanspruchung der Frauen verringern. Alternativ könnten nur körperlich stark leistungsfähige Frauen mit einem Mindestgewicht zu dieser Tätigkeit ausgewählt werden.



## 5 Zusammenfassung

Männer und Frauen sind im Polizeidienst in einer Einsatzhundertschaft den gleichen Arbeitsbedingungen unterworfen. Die körperliche Belastung wird insbesondere durch das Gewicht der Einsatzkleidung und Ausrüstung bestimmt, das nur bedingt der körperlichen Konstitution Rechnung trägt. Ziel dieser Studie war es, in einer vergleichenden Untersuchung die Belastung und Beanspruchung von Frauen und Männern zu ermitteln und zu prüfen, ob Frauen aufgrund ihrer konstitutionellen Voraussetzungen in höherem Maße beansprucht werden.

Dazu wurde die Belastung und Beanspruchung von 12 Frauen und 29 Männern auf dem Laufband in Sport- und Einsatzkleidung verglichen. Die Laufbandgeschwindigkeit betrug über eine Stunde 6 km/h und anschließend über 7,5 min 9 km/h. Das Gesamtgewicht der Einsatzkleidung und Ausrüstung im Verhältnis zum Körpergewicht ergab bei den Frauen einen Anteil von 29 % und bei den Männern einen Anteil von 23 % des mittleren Körpergewichts. Als Parameter der Beanspruchung wurden Herzfrequenz, Laktatkonzentration und subjektive Befindlichkeit nach der Borg-Skala in regelmäßigen Abständen und während der Laufbandbelastung erfasst und statistisch ausgewertet.

Bei der Belastung in Sportkleidung bei einer Gehgeschwindigkeit von 6 km/h zeigte sich ein Steady-State-Verhalten der Beanspruchungsparameter mit mittleren Herzfrequenzen und Laktatkonzentrationen von 125 /min bzw. 1,25 mmol/l bei den Frauen und 102 /min bzw. 1,23 mmol/l bei den Männern. Im letzten Belastungsintervall bei 9 km/h Laufgeschwindigkeit stiegen Herzfrequenzen und Laktatkonzentrationen bei den Frauen auf 174 /min bzw. 4mmol/l und bei den Männern auf 148 /min bzw. 2,7 mmol/l an. Das subjektive Belastungsempfinden wurde in beiden Gruppen als leicht bezeichnet. In Einsatzkleidung und Ausrüstung wurde bei 6 km/h ein deutlicher Ermüdungsanstieg beobachtet mit Herzfrequenzen bis zu 170 /min bei den Frauen und bis zu 155 /min bei den Männern. Die Laktatkonzentration lag bei den Frauen mit 2,5 mmol/l im aerob-anaeroben Übergangsbereich, bei

den Männern mit 1,5 mmol/l deutlich darunter. Im letzten Belastungsintervall stiegen Herzfrequenzen und Laktatwerte bei den Frauen auf 187 /min bzw. 5,6 mmol/l und bei den Männern auf 182/min bzw. 4,7 mmol/l an. Das subjektive Belastungsempfinden wurde von den Männern als schwer, von den Frauen als sehr schwer bezeichnet. 10 der 12 Frauen und 12 der 29 Männer brachen den Testlauf vor Erschöpfung ab.

Die Ergebnisse zeigen, dass Frauen in Einsatzkleidung und Ausrüstung im Vergleich zu Männern einer weitaus höheren Belastung und Beanspruchung ausgesetzt sind. Sie gelangen durch die überproportional schwere Einsatzrüstung deutlich eher an ihre Leistungsgrenzen. Valide ergonomische Daten zur Begrenzung des Lastgewichts von Schutzausrüstungen liegen bislang nicht vor. Insoweit kann zur Zeit nur empfohlen werden, die Belastung der individuellen Leistungsfähigkeit anzupassen. Ob dies durch modifizierte Anforderungen in der Arbeit- und Einsatzorganisation, durch gezieltes Training unter Einsatzbedingungen, vor allem aber durch ein geringeres Gewicht erreicht werden kann, muss dringend geprüft werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- 1 Bundesverband der Unfallkassen (1997): Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten. Merkblatt GUV 20.14
- 2 Borg G (1970): Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scan J Rehab Med* 2:92-98
- 3 Clasing D, Weicker H, Böning D (1994): Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart Jena New York
- 4 Davies CTM (1979): Thermoregulation during exercise in relation to sex and age. *Eur J Appl Physiol* 42:71-79
- 5 Gesetz zur Umsetzung der EG-Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz und weiterer Arbeitsschutzrichtlinien (1996). Bundesgesetzblatt vom 20.08.1996 Teil I Nr. 43 S1246-1253
- 6 Gordon MJ, Goslin BR, Graham T, Hoare J (1985): Comparison between load carriage and grade walking on a treadmill. *Ergonomics* 26:289-298
- 7 Grandjean (1991): Physiologische Arbeitsgestaltung. Ott Verlag, Landsberg, 4. Aufl
- 8 Grieco A, Occhipinti E, Columbini D, Molteni G (1997): Manual handling of loads: the point of view of experts involved in the application of EC Directive 90/269. *Ergonomics* 40:1035-1056
- 9 Griefahn B (1992): Arbeitsmedizin. Enke Verlag, Stuttgart, 2. Aufl
- 10 Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (1994): Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen: arbeitsmedizinische Vorsorge. Gentner Verlag, Stuttgart S 354-362
- 11 Hettinger Th (1981): Heben und Tragen von Lasten, Gutachten über Gewichtsgrenzen für Männer, Frauen und Jugendliche. Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung
- 12 Hettinger Th (1991): Heben und Tragen von Lasten. *Sicher ist sicher* 42:174-180
- 13 Hettinger Th, Eissing G, Hertting R, Steinhaus I (1984): Belastung und Beanspruchung durch das Tragen persönlicher Schutzausrüstungen Teil I: Untersuchung von Bekleidungen bei thermisch neutralem Klima. Forschungsbericht Nr 392, Bd 1 S 115-117
- 14 Hocke M, Schopper-Jochum S, Schubert W (1997): Vergleichende Bewertung des Trageverhaltens von Feuerwehr-Einsatzjacken (Phase II). *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 32:314-320

- 15 Hollmann W, Hettinger Th (1980): Sportmedizin -- Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer Verlag, Stuttgart New York, 2. Aufl., S 104, S 129-137
- 16 Innenminister des Landes NRW (1988): PDV 300 Vorschrift zur ärztlichen Beurteilung der Polizeidiensttauglichkeit und der Dienstfähigkeit der Polizeivollzugsbeamten. unveröffentlicht
- 17 Innenministerium des Landes NRW (1995): PDV 350 Vorschrift für den Wachdienst. unveröffentlicht
- 18 Innenministerium des Landes NRW (1991): Dienstkleidungsordnung der Polizei des Landes Nordrhein-Westfalen. SMBl. NW. 203014 RdErl. vom 2. 8. 1991
- 19 Jansen G, Haas J (1991): Kompendium der Arbeitsmedizin. TÜV Rheinland Verlag, Köln, 2. Aufl S 66
- 20 Jung E, Leitender Arzt der Polizeiärzte Bayerns(1997): Persönliche Mitteilungen
- 21 Karrasch K, Müller E A (1951): Das Verhalten der Pulsfrequenz in der Erholungsperiode nach körperlicher Arbeit. Arbeitsphysiologie 14, 369-382
- 22 Kindermann W (1987): Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. Dtsch Z Sportmed 38:244-268
- 23 Kinoshita H (1985): Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. Ergonomics 28:1347-1362
- 24 Klos M (1996): Schutzkleidung, Textile Prävention. POLIZEI-heute 4:134-137
- 25 Lee YH, Wu, SP, Hsu SH (1995): The psychophysical lifting capacities of Chinese subjects. Ergonomics 38:671-683
- 26 Legg SJ, Ramsey T, Knowles DJ (1992): The metabolic cost of backpack and shoulder load carriage. Ergonomics 35:1063-1068
- 27 Lehmann M, Dickhuth HH, Wybitul K, Berg A, Huber G, Keul J (1983): Unterschiede der aeroben Ausbelastung, der freien Plasmakatecholamine und energieliefernden Substrate während Fahrrad-, Laufband- und Gehbandergometrie. Dtsch Z Sportmed 34:188-194
- 28 Martin PE (1986): The effect of carried loads on the walking patterns of men and women. Ergonomics 29:1191-1202
- 29 Mital A (1984): Comprehensive maximum acceptable weight of lift database for regular 8-hour work shifts. Ergonomics 27:271-12
- 30 Moroff CA (1990): Untersuchung von Beanspruchungsreaktionen bei verschiedenen Belastungsstufen positiv- und negativ-dynamischer Arbeit. Z Arb wiss 44:96-100

- 31 Müller EA (1961): Die physische Ermüdung. „ref. in: Hollmann W (Hrsg) Sportmedizin -- Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer Verlag, Stuttgart New York, 2. Aufl., S 130-133“
- 32 Nottrodt JW, Manley P (1989): Acceptable loads and locomotor patterns selected in different carriage methods. *Ergonomics* 32:945-957
- 33 Nünninghof U , Nesper-Klumpp U, Hettinger Th (1989): Die Pulsfrequenz bei dynamisch-muskulärer Arbeit unter Einsatz verschieden großer Muskelmassen. *Z Arb wiss* 43:90-95
- 34 Pickenhain L, Neumann G, Scharschmidt F (1993): Sportmedizin - Grundfragen, Methoden, Ziele. Huber Verlag, Bern, S 24 ff
- 35 Reinmöller-Schreck T (1981): Verhalten von Herzschlagfrequenz und Energieumsatz bei Frauenarbeit in einer modernen Großwäscherei. *Zbl Arbeitsmed* 31:424
- 36 Restorff v W (1997): Schreiben an die Arbeitsgruppe „Leitfaden Ergometrie“, Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz, Ernst-Rodenwaldt-Institut Laborabteilung IV -Med. Wehrrergonomie- bisher unveröffentlicht
- 37 Robertson RJ, Caspersen CJ, Allison TG, Skrinar GS, Abbott RA, Metz KF (1982): Differentiated perceptions of exertion and energy cost of young women while carrying loads. *Eur J Appl Physiol* 49:69-78
- 38 Rohmert W (1965): Physiologische Grundlagen der Erholungszeitbestimmung. *Z Arb wiss* 19:1-28
- 39 Rohmert W, Hettinger TH (1970): Ergebnisse achtstündiger Untersuchungen am Kurbel- und Fahrradergometer in Angewandte Ergonomie. Bartmann Verlag, Frechen
- 40 Rost R, Hollmann W (1982): Belastungsuntersuchungen in der Praxis: Grundlagen, Technik u. Interpretation ergometr. Untersuchungsverfahren. Thieme Verlag, Stuttgart New York
- 41 Rost R, Lagerstrøm D, Völker K (1991): Fahrradergometrische Belastungsuntersuchungen bei Herz-Kreislauf-Patienten: Voraussetzung, Durchführung und Interpretation. Echo Verlag, Köln
- 42 Rutenfranz J, Klimmer F, Ilmarinen J (1982): Arbeitsphysiologische Überlegungen zur Beschäftigung von weiblichen Jugendlichen und Frauen im Bauhauptgewerbe. Gentner Verlag, Stuttgart
- 43 Rutenfranz J (1983): Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft. In: Lehmann G (Hrsg) Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. Urban  Schwarzenberg Verlag, Berlin München Wien, 3. Aufl, S 99-104
- 44 Rückert A (1996): Praxishilfe Persönliche Schutzausrüstung. Köln, Bundesanzeiger Verlag, 1.Aufl 1996

- 45 Schleusing G, Ohl R (1967): Erschwernisse beim Tragen von Atemschutzgeräten. *Int Z f angew Physiol einschl Arbeitsphysiol* 24:81-101
- 46 Schmidt S, Bräuer D, Kobryn U (1975): Zur Dauerleistungsfähigkeit von Frauen im Alter von 30 bis 40 Jahren unter Berücksichtigung der fettfreien Körpermasse. *Z ges Hyg* 21:192-195
- 47 Schopper-Jochum S, Schubert W, Hocke M (1997): Vergleichende Bewertung des Trageverhaltens von Feuerwehr-Einsatzjacken (Phase I). *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 32:138-144
- 48 Seidel HJ, Bittighofer PM (1997): *Arbeits- und Betriebsmedizin*. Thieme Verlag, Stuttgart New York S 426
- 49 Soule RG, Pandolf KB, Goldman RF (1977): Energy expenditure of heavy load carriage. *Ergonomics* 21:373-381
- 50 Stauffer RW, McCarter M, Campbell JL, Wheeler LF (1987): Comparison of metabolic responses of United States Military Academy men and women in acute military load bearing. *Aviat Space Environ med* 58:1047-56
- 51 Steinhaus I, Eissing G, Fritzen B (1985): Vergleichende Betrachtung der physiologischen Auswirkung von Atemschutzgeräten. *Die Berufsgenossenschaft* 1:10-16
- 52 Stoffert G (1986): Leistungen beim Gehen und Laufen. *Z Arb wiss* 40:228-229
- 53 Tielmann A, Graß G (1984): Physiologische Untersuchungen von Stahlbauschlossertätigkeiten unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten zur individuellen Belastungsreaktion. *Z Arb wiss* 38:44-52
- 54 Ulmer HV (1981): Belastung und Beanspruchung unter Berücksichtigung von Toleranzgrenzen bei körperlicher Arbeit. *Zbl Arbeitsmed* 31:14-16
- 55 Ulmer HV (1985): Physiologische Grundlagen menschlicher Arbeit. In: Reichel G (Hrsg) *Grundlagen der Arbeitsmedizin*. Kohlhammer Verlag, Stuttgart S 1ff.
- 56 Ulmer HV (1986): Zur Aussagefähigkeit des W150-Tests bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen. *Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed* 21:32-35
- 57 Ulmer HV (1993): Arbeitsphysiologie. In: Schmidt F (Hrsg), Thews G *Physiologie des Menschen*. Springer Verlag, Berlin, 25. Aufl., S 683-704
- 58 Ungerer D, Hesel H, Morgenroth U (1993): Risikoprofile und Belastungen im Feuerwehreinsatz. *Forschung und Technik im Brandschutz* 2:44-61
- 59 Unterausschuß Führungs und Einsatzmittel des Arbeitskreises II „innere Sicherheit“ der Arbeitsgemeinschaft der Innenministerien der Länder (1998): *Technische Richtlinie Körperschutzausstattung -Leichte Ausführung-* Stand: Februar 1998

- 60 Valentin H (1979): Arbeitsphysiologie und Arbeitshygiene: Grundlagen für Prävention und Begutachtung. Thieme Verlag, Stuttgart New York, 3. Aufl S 46
- 61 Wagner S, Will N, Schuckmann F (1995): Untersuchung der Herz-Kreislauf-Belastung von Berufsfeuerwehrleuten bei der Ergometrie und auf der Teststrecke unter Berücksichtigung des aktuellen Grundsatzes für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen „Atemschutzgeräte„(G26) Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 30:169-173
- 62 Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ (1993): Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. Ergonomics 36:749-776
- 63 White MK, Vercruyssen M, Hodous TK (1989): Work tolerance and subjective responses to wearing protective clothing and respirators during physical work. Ergonomics 32:1111-1123
- 64 Wrbitzky R (1994): Die Frau in Gesellschaft und Beruf. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 29:159-174
- 65 Yu Y, Lu S (1990): The acceptable load while marching at a speed of 5 km/h for young Chinese males. Ergonomics 33:885-890
- 66 Zhu Z, Zhang Z (1990): Maximum acceptable repetitive lifting workload by Chinese subjects. Ergonomics 33:875-884

## 7 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen herzlich danken, die durch ihre Mitarbeit und Zeit oder ihre Teilnahme als Probanden mir zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Für die intensive Betreuung im Institut für Arbeitsmedizin möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. med. Ute Witting und ihren Mitarbeitern recht herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn LRMD Prof. Dr. med. Dirk Clasing - Leiter des polizeiärztlichen Dienstes des Polizeipräsidium Münster - für die wertvollen Anregungen und die intensive Betreuung im Verlauf meiner Arbeit sowie seinen Mitarbeitern für die tatkräftige Hilfe. Herrn RMD Dr. med. Jakob Flöhr - Leiter des polizeiärztlichen Dienstes des Polizeipräsidium Recklinghausen - möchte ich danken für die gute Unterstützung.

Die Unterstützung von LRMD`in Fr. Dr. med. Vera Fiedler - Leiterin des polizeiärztlichen Dienstes der Direktion für Ausbildung der Polizei NRW - trug zum Gelingen dieser Promotion bei.

Für die abschließende Beratung möchte ich auch Herrn Prof. Dr. med. Völker aus dem Institut für Sportmedizin meinen Dank aussprechen.

## 8 Lebenslauf

- 9.4.1965            Geburt in Datteln, Eltern: Wilhelm und Karin Herbst, geb. Sgodzaj
- 1971-1975        Besuch der Wieschoffschule Olfen
- 1975-1984        Besuch des privaten Gymnasium Canisianum Lüdinghausen
- 1985-1992        Studium Humanmedizin an der WWU Münster
- 6.4.1987         Ärztliche Vorprüfung
- 25.8.1988        Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung an der WWU Münster
- 1989-1990        Studentische Hilfskraft im Institut für Ausbildung und  
Studienangelegenheiten der WWU Münster
- 26.9.1991        Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung an der WWU Münster
- 1992             Praktisches Jahr in der Inneren Medizin und Chirurgie  
des KKH Detmold, in der Dermatologie des KKH Lemgo
- 4.11.1992        Ärztliche Prüfung an der WWU Münster
- 1.1.-30.4.93     Pflegehelferin auf der Intensivstation, St. Marien-Hospital Lünen
- 1.5.93-31.10.94 AiP in der Inneren Medizin, St. Rochus-Hospital Castrop-Rauxel
- 1.11.1994        Approbation
- 5.8.1994         Eheschließung mit Klaus-Peter Schwarz
- 1.1-30.9.1995    Externe Gutachterin im MDK Münster
- seit 1.10.1995    Polizeivertragsärztin im Polizeiausbildungsinstitut Selm
- 23.7.2000        Geburt unserer Tochter Johanna
- 21.1.2002        Geburt unseres Sohnes Julian

## 9 Bildanhang

Die Querverweise zu den ausgewählten Fotos befinden sich sinngemäß im Text. Eine abschließende, zusammenhängende Betrachtung zeigt die wesentlichen Aspekte der Studie:

Bild 1 Start der Laufbandbelastung in Einsatzkleidung

Bild 2 Teile der Einsatzkleidung und Ausrüstung

Bild 3 Gehen auf dem Laufband (6 km/h)

Bild 4 Laufen auf dem Laufband (9km/h)



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4