

Die Bedeutung körperlicher Leistungsfähigkeit und Arbeitsergonomie
in der Prävention und Gesundheitsförderung
bei Schweißern

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Philosophie des Fachbereiches Psychologie und Sportwissenschaft
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Christopher Weyh

aus
56333 Winnigen

2017

Dekanin: Prof. Dr. Christiane Hermann

1. Berichtserstatter: Dr. Johannes Fleckenstein

2. Berichtserstatter: Prof. Dr. Karsten Krüger

Tag der Disputation: 18.06.2018

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
2 Theoretischer Hintergrund.....	3
2.1 Grundlagen von Arbeit und Gesundheit	3
2.1.1 Arbeitswissenschaftliche Grundlagen - Das Belastungs-Beanspruchungs- Modell	4
2.1.2 Lage zur Gesundheit Erwerbstätiger in Deutschland	5
2.2 Analyse von Arbeitsbelastung- und Beanspruchung des Schweißers	9
2.2.1 Belastungen durch tätigkeitsbedingte Einflüsse eines Schweißers	9
2.2.2 Beanspruchungen auf den Organismus eines Schweißers.....	11
2.2.3 Individuelle Folgen – Muskel-Skelett-Erkrankungen bei Schweißern.....	13
2.3 Grundlagen von Prävention und Gesundheitsförderung	15
2.3.1 Begriffsdefinition.....	15
2.3.2 Konzepte und Strategien der Prävention und Gesundheitsförderung	16
2.3.3 Prävention und Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz	17
2.4 Evidenz zur Wirksamkeit verhaltens- und verhältnisbezogenen Interventionen von Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Arbeitswelt	18
2.4.1 Körperliche Aktivität.....	19
2.4.1.1 Krafttraining	19
2.4.1.2 Ausdauertraining	20
2.4.1.3 Alltagsaktivität	21
2.4.1.4 Weitere bewegungsbezogene Maßnahmen.....	22
2.4.2 Ergonomische Hilfsmittel	22
2.4.3 Schulungen und Coachings.....	23

2.4.4 Arbeitsplatzgestaltung und Organisation	24
2.4.5 Multikomponenten-Programme	24
2.4.6 Zusammenfassung	25
3 Untersuchungsziele	27
4 Studie I – Gesundheits- und Bewegungsverhalten von Schweißern	28
4.1 Studie I – Hypothesen	28
4.2 Studie I – Material und Methoden	28
4.2.1 Studiendesign	28
5.2.2 Rekrutierung und Datenerhebung	29
4.2.3 Ein-/Ausschlusskriterien	29
4.2.4 Fragebogen	29
4.2.4.1 Teil A – Allgemeine Angaben zur Person und Tätigkeit	30
4.2.4.2 Teil B – Gesundheitsbezogene Angaben – SF-12-Fragebogen	30
4.2.4.3 Teil C – Beschwerden am Stütz- und Bewegungsapparat - Nordischer Fragebogen	31
4.2.4.4 Teil D – Angaben zur Arbeit und Tätigkeit - Work-Ability-Index	31
4.2.4.5 Teil E – Angaben zur körperlichen Aktivität – Global Physical Activity Questionnaire	33
4.2.5 Statistische Auswertung	33
4.3 Studie I – Ergebnisse	35
4.3.1 Deskriptive Analyse	35
4.3.1.1 Stichprobe	35
4.3.1.2 Soziodemografische und berufsspezifische Auswertung	36
4.3.1.3 Risikoverhalten	38
4.3.1.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität	39
4.3.1.5 Beschwerden des Bewegungsapparates	39
4.3.1.6 Arbeitsfähigkeit – Work-Ability-Index	41
4.3.1.7 Alltagsaktivität	42
4.3.2 Hauptzielkriterien	43

4.3.2.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität.....	43
4.3.2.2 Work-Ability-Index	45
4.3.3 Nebenzielkriterien	46
4.4 Studie I – Diskussion.....	48
4.4.1 Deskriptive Auswertung.....	48
4.4.1.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität.....	48
4.4.1.2 Beschwerden des Bewegungsapparates.....	48
4.4.1.3 Arbeitsfähigkeit – Work-Ability-Index	49
4.4.1.4 Alltagsaktivität	49
4.4.2 Hauptzielkriterien - Gesundheitsbezogene Lebensqualität, Arbeitsfähigkeit und Alltagsaktivität	50
4.4.3 Auswertung soziodemographischer und berufsspezifischer Parameter, Risikoverhalten sowie der Nebenzielkriterien	52
4.4.3.1 Soziodemografische Parameter.....	53
4.4.3.2 Berufsspezifische Parameter	55
4.4.3.3 Risikoverhalten	56
4.4.3.4 Zusammenfassung	57
4.4.4 Methodendiskussion.....	58
5 Studie II – Präventions-Trainingsprogramm für Schweißer.....	60
5.1 Studie II – Hypothesen	60
5.2 Studie II – Material und Methoden.....	61
5.2.1 Studiendesign	61
5.2.2 Probandenauswahl.....	62
5.2.3 Zielgrößen.....	62
5.2.3.1 Hauptzielgrößen	62
5.2.3.2 Nebenzielgrößen	63
5.2.4 Schweißexperiment.....	65
5.2.5 EMG-Messung	68
5.2.5.2 OEMG-Vorbereitung und Signalerfassung.....	68

5.2.5.3 Signalverarbeitung.....	69
5.2.6 Herz-Kreislauf-Beanspruchung	70
5.2.7 Subjektives Anstrengungsempfinden– RPE	71
5.2.8 Schmerzbewertung – visuelle Analogskala (VAS)	71
5.2.9 Dauer Schweißexperiment	72
5.2.10 Sportmedizinische Untersuchung	72
5.2.11 Maximalkraftmessungen.....	73
5.2.11.1 Armstrecker	74
5.2.11.2 Armbeuger.....	74
5.2.11.3 Knieextensoren	74
5.2.11.4 Knieflexoren	75
5.2.11.5 Rumpfextensoren	75
5.2.11.6 Rumpfflexoren	75
5.2.12 Fragebogen.....	75
5.2.12.1 SF-36-Fragebogen	76
5.2.12.2 Work Ability Index.....	76
5.2.13 Wirbelsäulenvermessung	76
5.2.14 Blutfettwerte	81
5.2.15 Trainingsintervention	81
5.2.15.1 Krafttraining	81
5.2.15.2 Ausdauertraining	83
5.2.16 Statistik	84
5.3 Studie II – Ergebnisse	86
5.3.1 Studienverlauf	86
5.3.2 Stichprobe	87
5.3.3 Trainingsbeteiligung	88
5.3.4 Strukturgleichheit der Zielgrößen.....	88
5.3.5 Hauptzielparameter	90

5.3.6 Nebenzielparameter	94
5.3.6.1 Muskuläre Beanspruchung	94
5.3.6.2 Muskuläre Ermüdung	96
5.3.6.3 Herz-Kreislauf Beanspruchung	96
5.3.6.4 Subjektive Beanspruchung	97
5.3.6.5 Dauer Schweißexperiment	99
5.3.6.6 Sportmedizinische Untersuchungen	99
5.3.6.7 Leistungsdiagnostik	101
5.3.6.8 Blutlipide.....	102
5.3.6.9 Maximalkraftmessung.....	103
5.3.6.10 Fragebogenerhebung	105
5.3.6.11 Wirbelsäulenvermessung	105
5.4 Studie II – Diskussion.....	107
5.4.1 Hauptzielparameter	107
5.4.2 Nebenzielparameter	110
5.4.2.1 Muskuläre Beanspruchung	110
5.4.2.2 Muskuläre Ermüdung	111
5.4.2.3 Kardiovaskuläre Beanspruchung	112
5.4.2.4 Subjektive Beanspruchung	113
5.4.2.5 Dauer des Schweißexperimentes	114
5.4.2.6 Sportmedizinische Untersuchungen	114
5.4.2.7 Leistungsdiagnostik	116
5.4.2.8 Blutlipide.....	117
5.4.2.9 Maximalkraftmessungen.....	118
5.4.2.10 Fragebogen	119
5.4.2.11 Rückenvermessung.....	119
5.4.2.12 Zusammenfassung	121
5.4.3 Methodendiskussion.....	122

5.4.3.1 Stichprobe und Kontrolle von Störvariablen	122
5.4.3.2 Studiendesign.....	123
5.4.3.3 Schweißexperiment	124
5.4.3.4 Messmethoden	124
5.4.3.5 Trainingsintervention	126
6 Studie III – Vergleich der Beanspruchung beim Schweißen durch Schweißbrenner unterschiedlicher Ergonomie	127
6.1 Studie III – Hypothesen	127
6.2 Studie III – Material und Methoden.....	128
6.2.1 Studiendesign	128
6.2.2 Zielgrößen.....	129
6.2.2.1 Hauptzielparameter	129
6.2.2.2 Nebenzielparameter	129
6.2.3 Probandenauswahl.....	131
6.2.4 Rekrutierung.....	131
6.2.5 Medizinischer Check-Up und Voruntersuchung.....	131
6.2.6 Virtuelles Schweißexperiment	131
6.2.6.1 Soldamatic Schweißtrainer-System	131
6.2.6.2 Experimenteller Versuchsaufbau	133
6.2.6.3 EMG Messung.....	137
6.2.6.4 Kardiovaskuläre Parameter	137
6.2.6.5 Subjektive Parameter	137
6.2.6.6 Dauer des virtuellen Schweißexperimentes	137
6.2.7 Maximalkraftmessungen	137
6.2.7.1 Armstrecker	138
6.2.7.2 Armbeuger.....	138
6.2.7.3 Armheben.....	138
6.2.7.4 Handschlusskraft.....	138

6.2.8 Schweißgütekriterien	138
6.2.9 Schweißbrennervergleich	139
6.2.10 Statistik	139
6.3 Studie III - Ergebnisse	141
6.3.1 Studienverlauf	141
6.3.2 Stichprobe	142
6.3.3 Test auf Überhangseffekte der Zielgrößen	142
6.3.4 Hauptzielgrößen	144
6.3.5 Nebenzielgrößen	146
6.3.5.1 Muskuläre Beanspruchung	146
6.3.5.2 Muskuläre Ermüdung	147
6.3.5.3 Herzfrequenz und subjektive Beanspruchung	147
6.3.5.4 Schweißdauer	148
6.3.5.5 Maximalkraft	148
6.3.5.6 Schweißgütekriterien	148
6.4 Studie III - Diskussion	150
6.4.1 Hauptzielparameter	150
6.4.2 Nebenzielparameter	151
6.4.2.1 Muskuläre Beanspruchung	151
6.4.2.2 Muskuläre Ermüdung	152
6.4.2.3 Herzfrequenz und subjektive Beanspruchung	152
6.4.2.4 Maximalkraft	153
6.4.2.5 Schweißqualität	153
6.4.2.6 Zusammenfassung	154
6.4.3 Methodendiskussion	155
6.4.3.1 Stichprobe und Störvariablen	155
6.4.3.2 Studiendesign	155
6.4.3.3 OEMG-Parameter	156

6.4.3.4 Schweißexperiment	156
7 Fazit	157
8 Ausblick und zukünftige Studien.....	158
9 Literaturverzeichnis.....	159
10 Eidesstattliche Erklärung	178
11 Danksagung	179
12 Anhang	180

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Δ	Delta (Differenzzeichen)
°	Grad
°C	Grad Celsius
η^2_{partial}	partielltes Eta-Quadrat
μV	Mikrovolt
1-RM	<i>One Repetition Maximum</i>
3D	3 Dimensional
Abb.	Abbildung
ANOVA	<i>analysis of variance</i>
ATP	Adenosintriphosphat
AU	Arbeitsunfähigkeit
AV	Abhängige Variable
BGF	Betriebliche Gesundheitsförderung
BGM	Betriebliches Gesundheitsmanagement
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BMI	Body-Maß-Index
bpm	<i>beats per minute</i>
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d/d_z	Effektstärke
DEGS1	Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland 1
DL	Diminutiv (Grübchen) links
<i>d.l.</i>	<i>digitorum longus</i>
DM	Diminutiv (Grübchen) mitte
DR	Diminutiv (Grübchen) rechts
E-Hand	Lichtbogenhandschweißen/ Elektrodenschweißen
EKG	Elektrokardiogramm
EMG	Elektromyographie
et al.	<i>et alia/ et alii</i>
FEV ₁	Einsekundenkapazität
FEV ₁ /VK	relative Einsekundenkapazität
GA 1/ 2	Grundlagenausdauer 1/ 2
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung

h	Stunde
H ⁺	Wasserstoffion
HDL	<i>High Density Lipoprotein</i>
HF	Herzfrequenz
HMD	<i>Head Mounted Display</i>
Hz	Hertz
IAS	Individuelle Anaerobe Schwelle
ICD	<i>International Statistical Classification of Diseases</i>
ICT	Wendepunkt Cervicallordose
ILS	Wendepunkt Lendenlordose
ITL	Wendepunkt Thorakalkyphose
kΩ	Kilo-Ohm
Ka ⁺	Kaliumion
Kap.	Kapitel
kcal	Kilo-Kalorie
KG	Körpergewicht
kg	Kilogramm
KSK	Körperliche Summenskala
L1	Erster Lendenwirbel
LDL	<i>Low Density Lipoprotein</i>
LWS	Lendenwirbelsäule
m ²	Quadratmeter
M1	primärer Motorcortex
M.	<i>Musculus</i>
Mm.	<i>Musculi</i>
MAG	Metall-Aktivgas-Schweißen
Max	Maximum
Med	Median
MET	Metabolisches Äquivalent (<i>metabolic equivalent of task</i>)
MIG	Metall-Inertgas-Schweißen
Min	Minimum
Min.	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MnA	<i>Mean Amplitude</i> – Mittlere Amplitude

MnF	<i>Median Frequency</i> – Median-Frequenz
mV	Millivolt
MVC	<i>Maximal Voluntary Contraction</i>
MW	Mittelwert
n	Anzahl
Na ⁺	Natriumion
Nm	Newtonmeter
OEMG	Oberflächenelektromyographie
PA	Stumpfnah Wannenposition
PD	Kehlnah Horizontal Überkopfposition
PE	Stumpfnah Überkopfposition
<i>p.d.</i>	<i>pars descendens</i>
<i>p.c.</i>	<i>pars clavicularis</i>
PSK	Psychische Summenskala
r	Korrelationskoeffizient
RKI	Robert-Koch-Institut
<i>RMS /rms</i>	<i>Root Mean Square</i>
ROS	Reaktive Sauerstoffspezies
RPE	<i>Rated Perceived Exertion</i>
SD	Standardabweichung
Sek.	Sekunde
SF	<i>Short-Form</i>
Tab.	Tabelle
TN	Teilnehmer
UV	Unabhängige Variable
VAS	Visuelle Analogskala
VC	Vitalkapazität
vs.	versus
VO ₂ max	Maximale Sauerstoffaufnahme
VP	<i>Verta Prominens</i>
w	Effektstärke
WAI	<i>Work Ability Index</i>
Wdh.	Wiederholung
WIG	Wolfram-Inertgas-Schweißen
WHO	Weltgesundheitsorganisation (<i>World Health Organisation</i>)
ZNS	Zentrales Nervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Schematische Darstellung des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts (Hartmann, 2013).....	5
Abb. 2: Tage der Arbeitsunfähigkeit der AOK-Mitglieder nach Krankheitsarten im Jahr 2015 im Vergleich zum Vorjahr (Meyer & Meschede, 2016).....	6
Abb. 3: Krankheiten des Muskel- und Skelettsystems und des Bindegewebes nach Branchen im Jahr 2015, AOK-Mitglieder (Meyer & Meschede, 2016)	7
Abb. 4: Muskel- und Skelett-Erkrankungen nach Berufen im Jahr 2015, AOK-Mitglieder (Meyer und Meschede, 2016)	8
Abb. 5: Kurve der statischen Kraftverläufe in Abhängigkeit vom Anteil der Maximalkraft (Hartmann, 2013).....	10
Abb. 6: Häufigkeiten (%) der soziodemographischen Erhebung des Fragebogens. Aufgeteilt nach Schulabschluss, Familienstand, Beschäftigungsverhältnis und Migrationshintergrund	36
Abb. 7: Häufigkeiten (%) der berufsspezifischen Erhebung des Fragebogens. Aufgeteilt nach Schweißverfahrens, Schweißerausbildung, Schichtdienst und Hilfsmittel bei der Arbeit	37
Abb. 8: Häufigkeiten (%)des Risikoverhaltens des Fragebogens. Aufgeteilt Rauchverhalten und Alkoholkonsum.....	38
Abb. 9: Balkendiagramm der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, aufgeteilt nach körperlicher (KSK) und psychischer Summenskala (PSK) sowie dazugehörige Referenzwerte der deutschen Normstichprobe	39
Abb. 10: Häufigkeitsverteilung (%) der Jahresprävalenz von Beschwerden des Bewegungsapparates aufgeteilt nach Körperregionen	40

Abb. 11: Häufigkeitsverteilung (%) der Jahresprävalenz von Arbeitsunfähigkeit durch Beschwerden des Bewegungsapparates aufgeteilt nach Körperregionen	41
Abb. 12: Grafische Darstellung des Ergebnisses des Work-Ability-Index dargestellt als Box-Whisker-Plot (Whisker Min – Max)	41
Abb. 13: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Alltagsaktivität (metabolische Äquivalente pro Woche) dargestellt als Box-Whisker-Plot (Whisker 5. – 95. Perzentil).	42
Abb. 14: Häufigkeitsverteilung (%) der Alltagsaktivität nach Aktivitätsgrad (MET/Woche)	42
Abb. 15: Mittlere subjektive Lebensqualität anhand der körperlichen Summenskala des SF-12-Fragebogens in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. ..	43
Abb. 16: Mittlere subjektive Lebensqualität anhand der psychischen Summenskala des SF-12-...Fragebogens in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. 44	
Abb. 17: Mittlere wahrgenommene Arbeitsfähigkeit anhand des Work-Ability-Index in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$	45
Abb. 18: Schematische Abbildung des Studiendesigns.....	61
Abb. 19: Schweißen in stehender Position PD (eigene Aufnahme, 2014)	65
Abb. 20: Schweißen in sitzender Position PA (eigene Aufnahme, 2014)	66
Abb. 21: Ablauf und Messzeitpunkte des Schweißexperiments (Blutdruck= systolisch & diastolisch, HF= Herzfrequenz, RPE= subjektives Anstrengungsempfinden, VAS= visuelle Analogskala, Muskelaktivität in %MVC, Ermüdung= <i>Mean Amplitude</i> (MnA) & <i>Median Frequency</i> (MnF))	67
Abb. 22: Rasterstereographische Rückenvermessung: aufprojiziertes paralleles Linienmuster (Derup <i>et al.</i> , 2001).....	77

Abb. 23: Rasterstereographische Formanalyse: Krümmungskarte zur Lokalisation der Symmetrielinien und der anatomischen Bezugspunkte DL/DR und VP (Derup <i>et al.</i> , 2001)	78
Abb. 24: Illustration von berechneten Parametern b) in der Lateralprojektion (maximaler Kyphosewinkel, maximaler Lordosewinkel, Rumpfneigung) und c) in der Animation der Rückenoberflächenrekonstruktion (Beckenhochstand, Lotabweichung (Schröder, Strübing & Mattes, 2010)	80
Abb. 25: Schematischer Ablauf und Betreuung der 6-monatigen Krafttrainingsphase	82
Abb. 26: Flussdiagramm der Probandenrekrutierung (Screenign, Gruppenzuteilung, Intervention und Datenanalyse)	86
Abb. 27: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. trapezius pars descendens</i> (% MVC) in Schweißposition PD getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung	90
Abb. 28: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. erector spinae</i> (L1) (% MVC) in Schweißposition PD getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD	91
Abb. 29: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. trapezius pars descendens</i> (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung	92
Abb. 30: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. erector spinae</i> (L1) (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung	93

Abb. 31: Schema des Vorliegenden Crossover-Versuchsplans.....	128
Abb. 32: Schematischer Ablauf eines Versuchstages.....	128
Abb. 33: Ausrüstung und Umfang der Ausstattung des Soldamatic Schweißtrainer- Systems (Kilner, 2017).....	132
Abb. 34: Schweißen in Position PA (gestellte Aufnahme und mit freundlicher Genehmi- gung der der Firma Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, vom 18.02.2016).....	134
Abb. 35: Schweißen in Position PE (gestellte Aufnahme und mit freundlicher Genehmigung der der Firma Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, vom 18.02.2016)	135
Abb. 36: Ablauf und Messzeitpunkte des Schweißexperiments (Blutdruck= systolisch & diastolisch, HF= Herzfrequenz, RPE= subjektives Anstrengungsempfinden, VAS= visuelle Analogskala, Muskelaktivität in %MVC, Ermüdung= <i>Mean Amplitude</i> (MnA) & <i>Median Frequency</i> (MedF)).....	136
Abb. 37: Flussdiagramm der Probandenrekrutierung (Screenign, Randomisierung, Intervetion und Datenanalyse)	141
Abb. 38: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. trapezius pars descendens</i> und <i>M. erector spinae</i> (Höhe L1) im Bezug zur Maximalkraft (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach konventionellem und ergonomischen Schweißbrenner, * $p \leq 0,05$	144
Abb. 39: Mittlere muskuläre Aktivität des <i>M. trapezius pars descendens</i> und <i>M. erector spinae</i> (Höhe L1) im Bezug zur Maximalkraft (% MVC) in Schweißposition PE getrennt nach konventionellem und ergonomischen Schweißbrenner, ** $p \leq 0,01$	145

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Einschlusskriterien Studie I.....	29
Tab. 2: Dimensionen des Work Ability Index (Hasselhorn & Freude, 2007).	32
Tab. 3: Demografische Charakteristika der Stichprobe (Minimum (Min), (Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD)	35
Tab. 4: P-Werte der statistischen Analysen zu Mittelwertunterschieden ausgewählter soziodemographischer und berufsspezifischer Variablen sowie des Risikoverhaltens auf die Scores der körperlichen Summenskala (KSK), psychischen Summenskala (PSK), Work-Ability-Index (WAI) und des Global Physical Activity Questionares (GPAQ).	47
Tab. 5: Ein- und Ausschlusskriterien Studie II	62
Tab. 6: Tabellarische Übersicht des Aufbaus der 24-wöchigen Ausdauerintervention...	84
Tab. 7: Deskriptive Auswertung und Test auf Strukturgleichheit zum Zeitpunkt der Voruntersuchung der demographischen Charakteristika der Stichprobe Aufgeteilt nach Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit (p).....	87
Tab. 8: Deskriptive Auswertung der Trainingsbeteiligung, aufgeteilt nach Ausdauertraining und Krafttraining. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD)	88
Tab. 9: Mittelwert und Standardabweichung sowie p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit der Hauptzielgrößen zu Zeitpunkt der Voruntersuchung zwischen der Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining.	88
Tab. 10: Mittelwert und Standardabweichung sowie p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit der signifikanten Nebenzielgrößen zum Zeitpunkt der Voruntersuchung zwischen der Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining ...	89

Tab. 11: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PD angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse, n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post 94

Tab. 12: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post..... 95

Tab. 13: Ergebnisse der Herz-Kreislauf-Beanspruchung in Position PD angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post..... 96

Tab. 14: Ergebnisse der Herz-Kreislauf-Beanspruchung in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post..... 97

Tab. 15: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PD angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post 98

Tab. 16: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft, ^cPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Ausdauer vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post..... 98

Tab. 17: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. Dauer (Sekunden). ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post..... 99

Tab. 18: Ergebnisse der anthropometrischen Untersuchung sowie Ruheparameter, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^a Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^b Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; [†] paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; [§] paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post	100
Tab. 19: Ergebnisse der Leistungsdiagnostik, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^a Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^b Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; [†] paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post	102
Tab. 20: Ergebnisse der Blutlipide, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. [†] Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post	102
Tab. 21: Ergebnisse der Maximalkraftmessungen, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^a Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^b Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; [†] paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; [§] paarweise Vergleiche $p \leq 0,01$ Prä vs. Post.....	104
Tab. 22: Ergebnisse der Fragebogenerhebung, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä; [†] paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; [§] paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post	105
Tab. 23: Ergebnisse der Wirbelsäulenvermessung, angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; ^c Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Ausdauer vs. Kraft	106
Tab. 24: Ein- und Ausschlusskriterien Studie III	131
Tab. 25: Deskriptive Auswertung der demographischen Charakteristika der Stichprobe. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD).....	142

Tab. 26: Test auf Überhangseffekte der Hauptzielgrößen. Dargestellt sind MW $\pm$ SD der Summen von konventionellem Brenner und ergonomischem Brenner, aufgeteilt nach Zuordnung der Experimentalbedingungen (A – B oder B – A) sowie p-Wert des Tests für unverbundene Stichproben	142
Tab. 27: Test auf Überhangseffekte der Nebenzielgrößen. Dargestellt sind MW $\pm$ SD der Summen von konventionellem Brenner und ergonomischem Brenner, aufgeteilt nach Zuordnung der Experimentalbedingungen (A – B oder B – A) sowie p-Wert des Tests für unverbundene Stichproben	143
Tab. 28: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)	146
Tab. 29: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PE angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)	146
Tab. 30: Ergebnisse der Herzfrequenz sowie subjektiver Parameter in Position PA und PE angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)	147
Tab. 31: Ergebnisse der Maximalkraftmessungen angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)	148
Tab. 32: Ergebnisse der Schweißgüteparameter (%) in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d) n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä	149
Tab. 33: Ergebnisse der Schweißgüteparameter (%) in Position PE angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)	149

1 Einleitung

„Vorsorgen ist besser als Heilung“ besagt ein altes Sprichwort, welches bis heute nichts von seiner Gültigkeit eingebüßt hat. Im Gegenteil, die Gesundheit hat sich zu einem zentralen Aspekt unserer Gesellschaft entwickelt und steht aktuell im Mittelpunkt unzähliger Fitness- und Ernährungstrends zur Vorbeugung von drohenden Krankheiten sowie Steigerung von Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit. Darüber hinaus gewinnt dieses Thema auch eine immer größere Bedeutung im Kontext der Arbeitswelt. In diesem Zusammenhang werden besonders aktuelle Themen wie der „Demografische Wandel“, „Fachkräftemangel“ oder „Arbeiten bis 67“ in der Öffentlichkeit diskutiert und unterstreichen die Tragweite des wechselseitigen Interesses von Arbeit und Gesundheit.

Die Erwerbstätigkeit nimmt eine wichtige Rolle im Leben ein, denn sie stellt für die meisten Menschen die wichtigste Quelle zur Sicherung des Lebensunterhaltes dar. Darüber hinaus finanziert sie, über dem auf sozialen Ausgleich basierenden Versicherungssystem des deutschen Sozialstaates, die Absicherung der übrigen Bevölkerung (Kroll, Müters & Dragano, 2011). Neben den individuellen und gesellschaftlichen Interessen von Gesundheit und Arbeitswelt spielt auch der wirtschaftliche Aspekt, seitens der Unternehmen, eine erhebliche Rolle. In Zeiten wachsenden Konkurrenz- und Innovationsdrucks sowie Kampf um vorherrschende Marktanteile in einer globalisierten Welt, sind die Mitarbeiter die bedeutendste Ressource. Umso wichtiger ist die Befindlichkeit dieser, denn gerade gesunde, motivierte und leistungsfähige Mitarbeiter bilden die Grundlage für den betrieblichen Erfolg (Froböse, Wilke & Biallas, 2011). Zudem kommt der für die Zukunft prognostizierte Fachkräftemangel in Wirtschaft und Industrie. In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung, dass qualifizierte Arbeitskräfte möglichst lange und effizient arbeiten können (Fuchs & Zika 2010).

1.1 Problemstellung

All diesen Zielen stehen allerdings arbeitsbedingte Gesundheitsrisiken entgegen, die zu krankheitsbedingten Fehlzeiten, eingeschränkter Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz oder gar Arbeitsunfähigkeit führen können (Kroll, Müters & Dragano, 2011). Die Belastungen am Arbeitsplatz resultieren maßgeblich aus körperlichen und geistigen Anforderungen, welche jeden Arbeitsplatz auf unterschiedliche Weise kennzeichnen. (Schlick, Bruder & Luczak, 2010). Hohe Beanspruchungen und gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen dann, wenn die individuelle Leistungsfähigkeit des Arbeitnehmers am Arbeitsplatz überschritten wird. Die Folgen sind Fehlzeiten am Arbeitsplatz, Berufskrankheiten,

Arbeitsunfähigkeit oder sogar ein frühzeitiger Renteneintritt (Boedeker *et alii.* 2008; Dragano, 2007).

Eine der bedeutendsten Krankheitsgruppen stellen nach wie vor die Muskel-Skelett-Erkrankungen dar (Prütz *et al.*, 2014). Aus den aktuellen Gesundheitsreports (2016/17) der gesetzlichen Krankenversicherer geht hervor, dass etwa 22% und damit die Hauptursache aller Arbeitsunfähigkeitstage auf diese Erkrankungen zurückgeführt werden kann (Marschall *et al.*, 2017; Knieps & Pfaff, 2016; Meyer & Meschede, 2016). Erkrankungen des Bewegungsapparates resultieren überwiegend aus anstrengenden Arbeitsbedingungen. Hierbei wird besonders das Heben und Tragen schwerer Lasten sowie das Arbeiten in bestimmten Zwangslagen als problematisch angesehen (Vedsted, 2006).

Besonders betroffen waren 2015 Arbeitnehmer im verarbeitenden Gewerbe der Metallherzeugung und –bearbeitung (Knieps & Pfaff, 2016; Meyer & Meschede, 2016). Eine Berufsgruppe, die in dieser Branche besonders durch überdurchschnittliche Krankenzustände auffällt, ist die Berufsgruppe der Schweißer (Meyer, Modde & Glushanok, 2014; Liebers & Caffier 2009). Sie sind in ihrem Arbeitsalltag hohen physischen und psychischen Belastungen ausgesetzt und müssen ihre Arbeit zumeist in langanhaltenden, einseitigen und statischen Haltungen mit Zusatzlasten verrichten. Verschiedene experimentelle wie auch epidemiologische Studien konnten zeigen, dass besonders die Muskulatur im Schulter-Nacken sowie im Lendenwirbelbereich belastet wird (Petermann, 2012; Törner *et al.*, 1991; Torell, Sanden & Järvholm, 1988, Kadefors, 1976).

Inzwischen gibt es zahlreiche Studien zum Interventionsbereich der Verhaltens- und Verhältnisprävention bei Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems. Eine starke Evidenz konnte für die körperliche Aktivität, insbesondere das Krafttraining, in der Prävention von unteren Rückenschmerzen und Nackenschmerzen nachgewiesen werden (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016; Coury, Moreira & Dias, 2009; Krimser & van Tulder, 2007; Burton, 2005; Tveito, Hysing & Eriksen *et al.*, 2004; van Poppel, Hoofmann & Koes, 2004; Proper *et al.*, 2003; Linton & van Tulder, 2001). Insgesamt können jedoch weder konkreten Empfehlungen für oder gegen eine Art sowie Umfang, Dauer und Intensität der körperlichen Aktivität, noch für ergonomische Maßnahmen gegeben werden (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016). Speziell bei der Berufsgruppe der Schweißer sind Maßnahmen zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen und Förderung der Gesundheit noch unzureichend evaluiert.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagen von Arbeit und Gesundheit

Die wechselseitige Bedeutung von Arbeit und Gesundheit wurde bereits von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) in der Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung 1986 als wichtiger Ansatzpunkt beschrieben: „Die Art und Weise, wie eine Gesellschaft die Arbeit, Arbeitsbedingungen und die Freizeit organisiert, sollte eine Quelle der Gesundheit und nicht der Krankheit sein (Bamberg, Ducki & Metz, 1998, Seite 17).

„Mit Arbeit und Gesundheit wird die wechselseitige Beeinflussung von Aspekten der Arbeitssituation [...] und gesundheitsrelevanten Merkmalen der arbeitenden Person (z.B. chronische Erkrankungen oder Wohlbefinden) umschrieben“ (Krause, 2008, S. 1).

Die erwerbsmäßige Arbeit dient dem Großteil der Bevölkerung primär der Einkommenssicherung. Daneben ist der Arbeitsplatz ein wichtiger Ort zur Knüpfung sozialer Kontakte, Gewinnung von sozialem Ansehen und Schaffung von Sinnhaftigkeit und Struktur im Tagesablauf (Robert Koch-Institut [RKI], 2015). Mit der Entwicklung einer sozialen Identität und Selbstwertschätzung leistet Arbeit einen wesentlichen Beitrag zum individuellen Wohlbefinden und der Gesundheit (Lampert *et al.*, 2016). Neben positiven Folgen der Erwerbstätigkeit gibt es auch einen klaren Zusammenhang zur Gesundheitsgefährdung. Gesundheitliche Risiken erwachsen vor allem aus körperlichen oder psychischen Belastungen. Darüber hinaus können Faktoren aus der Arbeitsorganisation, Arbeitsplatsumgebung oder den sozialen Beziehungen einen negativen Einfluss auf das Wohlbefinden haben. Hinzu kommt das Risiko von Unfällen und Verletzungen am Arbeitsplatz (Robert Koch-Institut, 2015; Kroll, Müters & Dragano, 2011).

Die moderne Arbeitswelt hat in jüngster Vergangenheit einen starken Wandel vollzogen. Von den zuletzt industriell und agrarisch geprägten Arbeitsplätzen konnte eine Veränderung in Richtung des wirtschaftsgeprägten Dienstleistungsbereichs beobachtet werden. „Der technische Fortschritt und die wirtschaftliche Globalisierung fördern zudem Prozesse, die zu einer Intensivierung der Erwerbsarbeit führen. Fertigungs-, Dienstleistungs- und Kommunikationsprozesse beschleunigen sich, dauerhafte Beschäftigungsformen werden seltener, Anforderungen an die Mobilität und Erreichbarkeit steigen“ (Robert-Koch-Institut, 2015, S. 158). Auch wenn sich die Arbeitsbedingungen gewandelt haben, so sind diese auch heute noch eine entscheidendere Einflussgröße für die Gesundheit von Männern und Frauen im Erwachsenenalter (Dragano, 2016).

2.1.1 Arbeitswissenschaftliche Grundlagen - Das Belastungs-Beanspruchungs-Modell

Zu den wissenschaftlichen Disziplinen, die sich mit der Wechselwirkung von Mensch und Beruf befassen zählt die Arbeitswissenschaft mit verschiedenen Fachdisziplinen, so zum Beispiel der Arbeitsmedizin oder der Ergonomie. Definiert wird die Ergonomie nach Bulfinger (1994, S.4) als die „[...] Wissenschaft von der Anpassung der Technik an den Menschen, zur Erleichterung der Arbeit. Das Ziel, die Belastung des arbeitenden Menschen so ausgewogen wie möglich zu halten wird unter Einsatz v.a. technischer, Erkenntnisse angestrebt [...]“. Die Arbeitsmedizin hingegen „[...] befasst sich mit der Untersuchung, Bewertung und Beeinflussung der Wechselbeziehungen zwischen Arbeitsanforderungen, -bedingungen und -organisation (Belastung) auf der einen und dem Menschen, seiner Gesundheit, Arbeits- und Beschäftigungsfähigkeit, Gesundheitsgefahren und -störungen (Beanspruchung) auf der anderen Seite“ (Baur, 2013, S. 4).

In den Arbeitswissenschaften hat sich ein Modell zur Beschreibung der Anforderungen sowie deren Auswirkungen auf den Menschen durchgesetzt - das Belastungs-Beanspruchungs-Modell (Abbildung 1). Aufgrund der Bedeutsamkeit dieses Modells und Verwendung im weiteren Verlauf, soll darauf nun näher eingegangen werden.

Zur Darstellung von Belastung und Beanspruchung in der Arbeitswelt, kann das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept von Walter Rohmert herangezogen werden (1984). Dieses erläutert einen theoretischen Ansatz zur Beschreibung menschenbezogener Arbeitsphänomene, welche in einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang gebracht werden können. Das Konzept bietet die Möglichkeit der Interpretation vorliegender Tätigkeitsbestimmungen auf den Menschen als Messinstrument. Die Belastung meint dabei die Gesamtheit der äußeren Einwirkungen der Arbeitssituation z.B. Kräfte, die auf den Organismus wirken, während unter Beanspruchung die daraus resultierenden körperlichen Reaktionen (körperlich-physiologisch, erlebens- und verhaltensmäßig) verstanden werden. Die Beanspruchung ist dabei nicht nur das Ergebnis der Belastung, sondern hängt vielmehr von individuellen Eigenschaften und Einflüssen ab. Eine gleiche Belastung kann somit bei unterschiedlichen Menschen zu verschiedenen Beanspruchungen führen und individuelle Auswirkungen hervorrufen. Dem Modell zufolge werden Belastungen dann als Gesundheitsrisiko eingestuft, wenn die Höhe der Belastung die körperliche oder psychische Leistungsfähigkeit der Beschäftigten übersteigt und dieses Ungleichgewicht nicht durch geeignete technische oder organisatorische Maßnahmen ausgeglichen wird (Schlick, Bruder & Luczak, 2010).

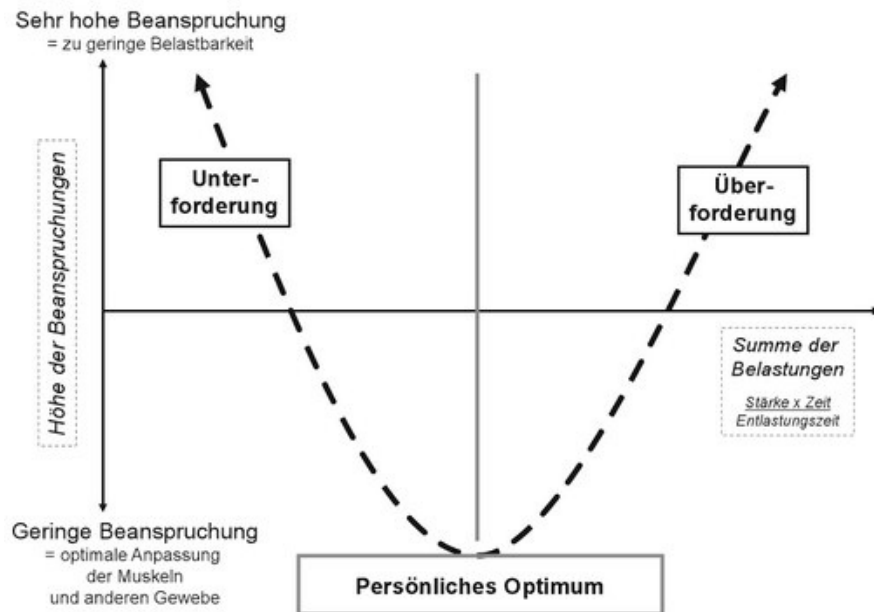


Abb. 1: Schematische Darstellung des Belastungs-Beanspruchungs-Konzepts (Hartmann, 2013)

2.1.2 Lage zur Gesundheit Erwerbstätiger in Deutschland

Die Fehlzeiten am Arbeitsplatz gelten als wichtige Hinweise für die gesundheitliche Lage der Arbeitnehmer. Zusätzlich können diese den Handlungsbedarf von Gesundheitsgefahren aufzeigen. In Deutschland gibt es keine zentralen Erfassungen, weshalb die Zahlen von den gesetzlichen Krankenversicherungen (GKV's) erhoben und analysiert werden. Auch wenn die Fehlzeitanalysen einen großen Nutzen bringen, müssen diese zum Teil kritisch hinterfragt werden. Es ist unsicher, ob sich hinter jeder Krankschreibung der tatsächlich diagnostizierten Krankenstand verbirgt. Hinzu kommt, dass das Fernbleiben der Arbeit auch nicht-gesundheitliche Gründe haben kann. Die Motivation zur Arbeit spielt eine nicht ganz unwesentliche Rolle. Zusätzlich sorgt die Tatsache, dass die meisten Fälle erst ab dem dritten Krankheitstag übermittelt werden, für eine gewisse Unterschätzung der Daten. Neben der Identifikation von Absentismus, sprich dem Fernbleiben der Arbeit bei Krankheit, spielt der Präsentismus eine wichtige Rolle. Dies beschreibt jenen Arbeitnehmer, welcher trotz Krankheit zur Arbeit erscheint (Laaser & Hurrelmann, 2006). Ein nur schwer erforschbares Phänomen, mit kaum abschätzbaren Folgen für Produktivität und Wirtschaft. Zusätzlich sollte auch beachtet werden, dass die allgemeine Gesundheit von der konjunkturellen Lage, und individuellen Situationen wie Familie und Lebensform, sozioökonomischer Status, Migration, Wohnen und Umwelt beeinflusst wird. Insgesamt betrachtet können Fehltag als Indikator für die Gesundheit

und Handlungsbedarf der Erwerbstätigen genutzt werden, jedoch spielen viele Faktoren eine nicht unerhebliche Rolle, welche bei der Interpretation beachtet werden müssen (Dragano, 2016; Robert Koch-Institut, 2015).

Um eine Aussage über die Gesundheit der Erwerbstätigen in Deutschland treffen zu können wird im Folgenden der Fehlzeiten-Report 2016 (Berichtsjahr 2015) genutzt. Dieser stützt sich auf den Daten der über 9,5 Millionen AOK-Mitglieder und ist damit der GKV-Bericht mit der größten Mitgliederzahl.

Die Arbeitsunfähigkeit (AU) wird im Wesentlichen von sechs großen Krankheitsgruppen (nach ICD 10) bestimmt: Muskel- und Skelett-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen, Verletzungen, Psychische und Verhaltensstörungen, Herz- und Kreislauf-Erkrankungen sowie Erkrankungen der Verdauungsorgane. Insgesamt 65,2 % der Arbeitsunfähigkeitsfälle und 67,4 % der Arbeitsunfähigkeitstage waren im Jahr 2015 auf diese Fälle zurückzuführen (Abb. 2). Der häufigste Grund für eine Arbeitsunfähigkeit waren mit 24% der Fälle die Atemwegserkrankungen. Da diese jedoch nur eine relativ geringe durchschnittliche Erkrankungsdauer nach sich ziehen betrug der Anteil dieser Erkrankungen am Krankenstand insgesamt nur 13 %. Die meisten Arbeitsunfähigkeitstage wurden durch Muskel- und Skelett-Erkrankungen verursacht, da diese häufig mit langen Ausfallzeiten verbunden sind. Im Jahr 2015 waren alleine auf Muskel-Skelett-Erkrankungen 21,8 % der Arbeitsunfähigkeitstage zurückzuführen, obwohl diese nur für 15,8 % der Arbeitsunfähigkeitsfälle verantwortlich waren.

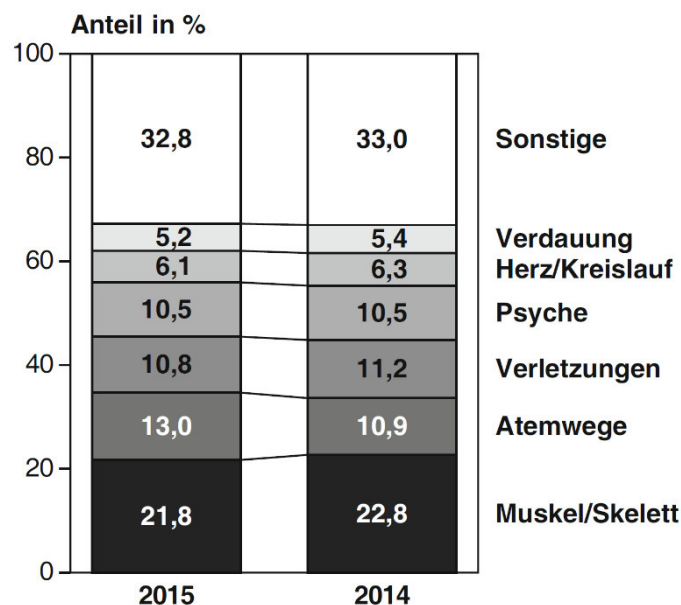


Abb. 2: Tage der Arbeitsunfähigkeit der AOK-Mitglieder nach Krankheitsarten im Jahr 2015 im Vergleich zum Vorjahr (Meyer & Meschede, 2016)

Im Vergleich zum Vorjahr stieg der Anteil der Atemwegserkrankungen um 2,1 %. Dagegen sank der Anteil der Muskel-Skelett-Erkrankungen um 1,0%, Herz- Kreislauferkrankungen sowie Erkrankungen des Verdauungsapparats um 0,2% und Psychische Erkrankungen stagnierten bei 10,5 %.

In Abhängigkeit vom Geschlecht ergeben sich Unterschiede in der Erkrankungsstruktur. Gerade Verletzungen und muskuloskelettale Erkrankungen führen bei Männern häufiger zur Arbeitsunfähigkeit. Dies geht vermutlich darauf zurück, dass Männer nach wie vor in ihrem Beruf häufiger körperlich beanspruchende und gefährlichere Tätigkeiten ausüben. Psychische Erkrankungen und Atemwegserkrankungen kommen dagegen bei Frauen häufiger.

Die häufigste Einzeldiagnose im Jahr 2015, welche eine Arbeitsunfähigkeit nach sich zog, war der akute Infekt der oberen Atemwege mit 9,3 % der AU-Fälle und 4,2 % der AU-Tage. Am zweithäufigsten zur Arbeitsunfähigkeit führten Rückenschmerzen mit 6,0 % der AU-Fälle und 5,7 % der AU-Tage. Weitere Erkrankungen des Muskel-Skelettsystems folgen als häufige Diagnosen. Insgesamt führen diese Erkrankungen in fast allen Branchen zu den meisten Fehltagen.

Die überwiegenden Arbeitsunfähigkeitsfälle waren im Bereich Energie/ Wasser/ Entsorgung/ Bergbau zu verzeichnen, dicht gefolgt von der Branche der Metallindustrie (Abb. 3).

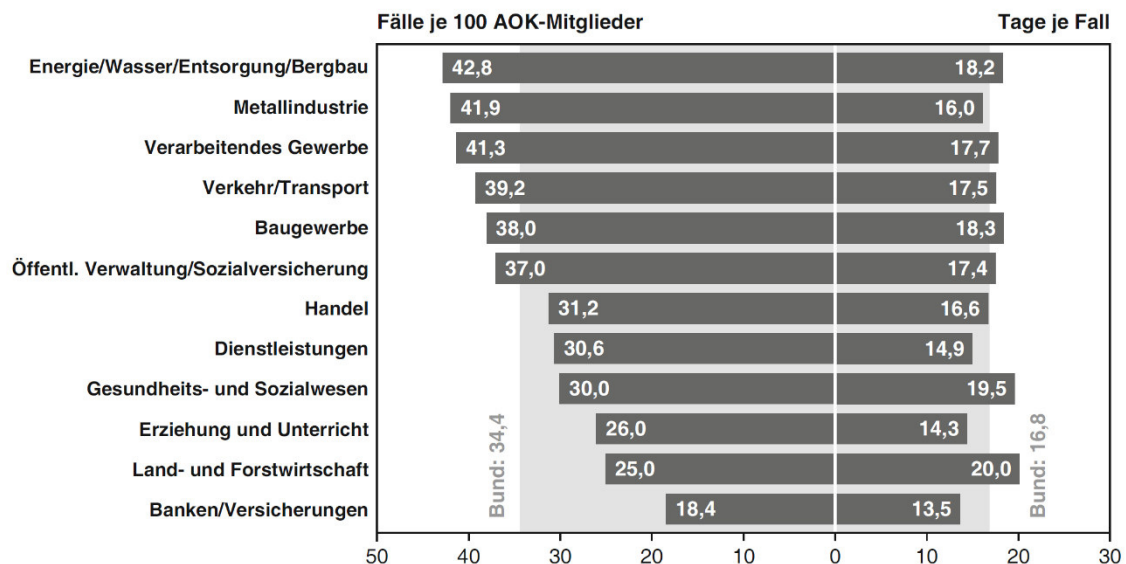


Abb. 3: Krankheiten des Muskel- und Skelettsystems und des Bindegewebes nach Branchen im Jahr 2015, AOK-Mitglieder (Meyer & Meschede, 2016)

Eine Berufsgruppe die in der Branche Metallindustrie besonders stark durch Erkrankungen am Bewegungsapparat auffällt ist die Berufsgruppe der Schweißer.

In Abbildung 4 sind die 10 Berufsgruppen Deutschlands mit dem häufigsten sowie geringsten Anteil an Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems abgebildet. Diese Grafik zeigt, dass die Berufsgruppe der Schweißer und Verbindungstechniker mit 57,3 Fälle je 100 AOK-Mitglieder pro Jahr (Bundesdurchschnitt 34,4 Fälle) auf Platz 8 der am stärksten betroffenen Einzel-Berufsgruppen steht.

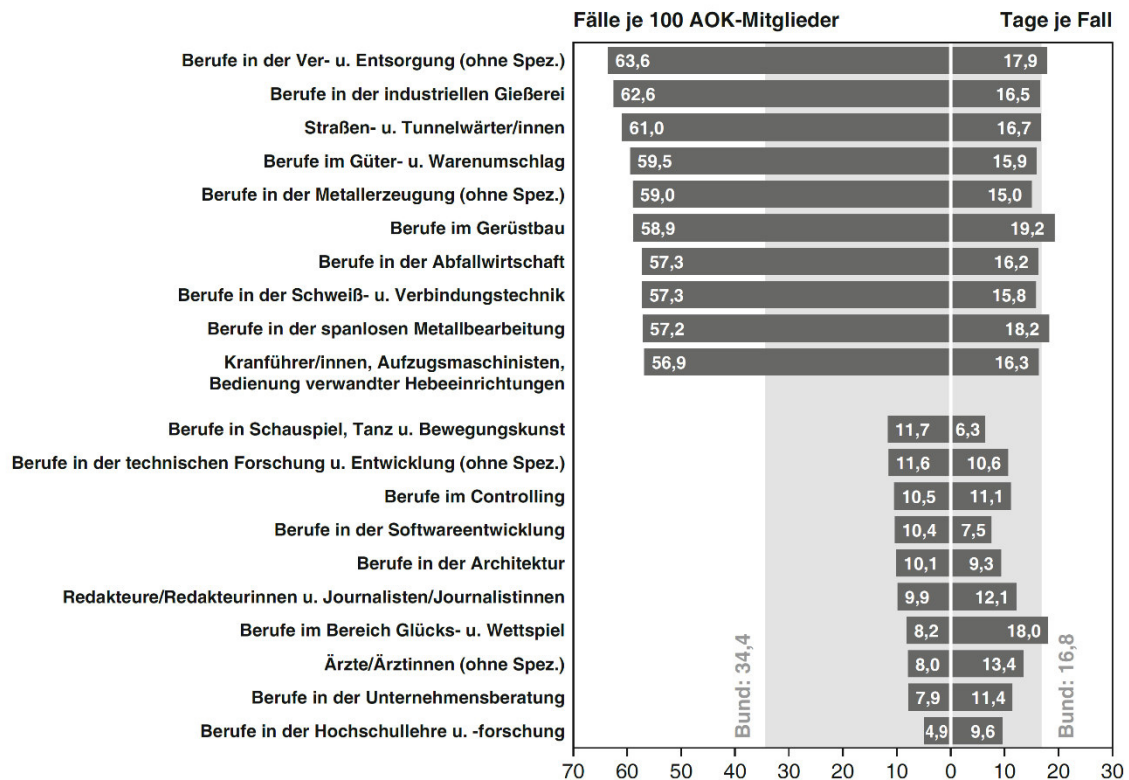


Abb. 4: Muskel- und Skelett-Erkrankungen nach Berufen im Jahr 2015, AOK-Mitglieder (Meyer und Meschede, 2016)

Zusammengefasst ist der Anteil von Muskel-Skelett-Erkrankungen innerhalb der Metallindustrie und explizit bei der Berufsgruppe der Schweißer besonders hoch.

Ursache und Folgen sollen aus sport- und arbeitswissenschaftlicher Sicht in den folgenden Kapiteln analysiert werden, um auf Grundlage dessen gezielte Maßnahmen zur Prävention und Gesundheitsförderung ableiten und vorstellen zu können.

2.2 Analyse von Arbeitsbelastung- und Beanspruchung des Schweißers

Das Schweißen zählt zu den Prozessen des Fügens und wird definiert als „das unlösbar Vereinigen von Grundwerkstoffen (Verbindungsschweißen) oder das Beschichten eines Grundwerkstoffes (Auftragsschweißen) unter Anwendung von Wärme oder von Druck, oder von beidem, mit oder ohne Schweißzusätzen“ (Fahrenwaldt, 2014, S.1). Es stellt mit seinen verwandten Verbindungsverfahren eine Schlüsseltechnologie in der handwerklichen und industriellen Metallbearbeitung dar (Grothe *et. al.*, 2001).

Wie bereits herausgestellt gehören Schweißer im negativen Sinne der Spitzengruppe der Erkrankungen des Bewegungsapparates an (Kap. 2.1.2). Als wichtiger Einflussfaktor auf die gesundheitliche Lage von Erwerbstätigen stehen Arbeitsbelastungen mit gesundheitsschädigendem Potential im Fokus der Betrachtung. Weshalb Schweißer besonders häufig an Muskel-Skelett-Erkrankungen leiden und wie darauf aufbauen präventive Maßnahmen konzipiert werden können, sollen die Analysen der Arbeitsbelastungen sowie Beanspruchungen des Schweißarbeiters liefern. Zu diesem Zweck wird das bereits beschriebene Belastungs-Beanspruchungs-Konzept genutzt.

2.2.1 Belastungen durch tätigkeitsbedingte Einflüsse eines Schweißers

Während der Schweißarbeit wird hauptsächlich energetisch-effektorische Arbeit geleistet. Das heißt, dass die Muskelarbeit bei statischer Haltearbeit vollzogen wird. Die Muskelbelastungen entstehen durch Haltekräfte für das Halten externer Lasten oder zur Fixierung von Körperhaltungen und Körperstellungen. Es wirken hierbei Muskel- und Hebelkräfte zusammen (Hartmann, 2013). Statisches Arbeiten bzw. die isometrische Muskelkontraktion ist aufgrund verschiedener Vorgänge durch eine schnellere Ermüdung, als die dynamische Muskelarbeit gekennzeichnet und kann so eine erhöhte Belastung auf den passiven Bewegungsapparat verursachen (Boutellier, 2010; Kahn & Monod, 1989). Als wesentliche Faktoren sind hierbei die Komponenten Zeit und Last zu nennen, welche eine besondere Bedeutung für die Höhe einer Beanspruchung einnehmen. Besonders problematisch sind dabei Belastungen ab 15% der individuellen Maximalkraft zu bewerten, da diese ab einer bestimmten Dauer zu einer Unterbrechung der Muskeldurchblutung führen (Hartmann, 2013). Zu Verdeutlichung dieser Faktoren dient die folgende Abbildung 5. Dargestellt ist die Kurve der statischen Kraftverläufe in Abhängigkeit der Maximalkraft:

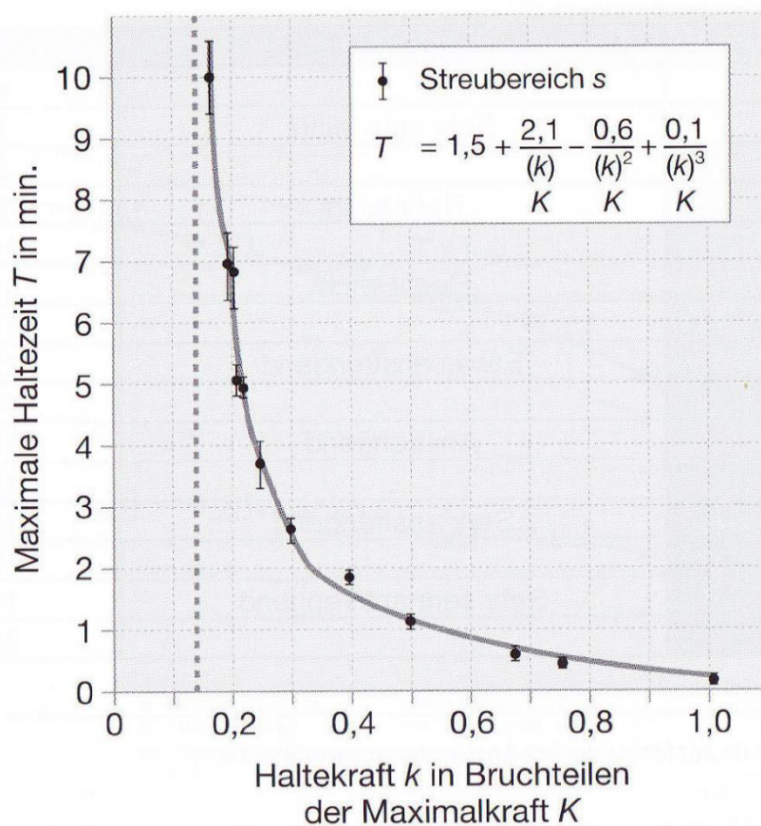


Abb. 5. Kurve der statischen Kraftverläufe in Abhängigkeit vom Anteil der Maximalkraft (Hartmann, 2013)

Hinzu kommt das Einnehmen von ungünstigen Körperhaltungen. Typische Grundhaltungen beim Schweißen stellen Positionen im Sitzen oder über Kopf dar. Charakteristisch ist hierbei eine Flexion im Oberkörper oder eine Flexion und Extension des Kopfes. Verschiedene Studien beschäftigten sich bereits mit den Arbeitspositionen von Schweißern. Torell, Sanden und Järvholm (1988) zeigten, dass erhöhte Belastungen der Schulter, Nacken und Armmuskulatur besonders bei Überkopfarbeiten festzustellen sind. Auch Kadefors *et al.* (1976) konnten bei EMG-Untersuchungen von Schweißern nachweisen, dass die muskuläre Belastung der Schulter vor allem bei Überkopfarbeiten vorliegen. In Vorstudien zu diesem Thema an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Abteilung für Sportmedizin von Petermann (2012) wurden verschiedene Belastungsparameter bei Schweißern untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die höchste muskuläre Belastung, im Rückenmuskel (*Musculus erector spinae*) im Nackenmuskel (*M. trapezius*) und in den Unterarmstreckern (*Mm. extensores*) unabhängig von der Schweißposition (stehend über Kopf vs. sitzend vorgebeugt) vorliegt. Die Aktivitäten des *M. deltoideus* und des *M. infraspinatus* waren dagegen während stehender über Kopf Tätigkeit höher als im Sit-

zen. Dies kann dafürsprechen, dass Arbeitspositionen in Hüft- oder Schulterhöhe weniger belastend für die Schulter sind, als Überkopfarbeiten (Pertermann, 2012). Insgesamt können die bisherigen Untersuchungen zeigen, dass die Körperposition eine entscheidende Rolle spielt und die Entstehung von arbeitsbedingten Fehl- und Überbelastungen des Muskel-Skelett-Systems, vor allem im Bereich des unteren Rückens, der Arme, der Schulter und des Nackens fördern kann (Torner *et al.*, 1991).

Neben der Körperposition stellt auch die Kraftaufwendung für die Haltung des Brenners, inklusive Schlauchpaket, eine große Belastung dar. Das zusätzliche Gewicht beträgt zwischen 2 und 5 Kilogramm und muss in statischer Position gehalten werden. In Kombination mit einer unphysiologischen Haltung in einer Zwangslage kann dies zur Kumulation der Belastungswirkung führen.

Die Belastung des Muskel-Skelett-Systems kann von einer Reihe weiterer Faktoren negativ beeinflusst werden. So konnten Sporrang, Petersen & Herberts (1998) feststellen, dass die Muskelaktivität nicht nur bei höheren Armpositionen steigt, sondern auch, dass eine steigende Präzisionsanforderung zu einer stärkeren Aktivierung führt. Hinzu kommt der Einfluss der hohen Umgebungstemperaturen der Schutzkleidung. Diese können zum Anstieg der Körpertemperatur führen, wodurch die Ermüdung der Muskulatur begünstigt werden kann (Todd *et al.*, 2005).

Neben physischen Belastungen können auch psychische Belastungen, wie mentaler Stress durch wahrgenommenes Gefahrenrisiko oder mentale Anstrengungen bei der Arbeit, die Muskelbelastung fördern. In einer Studie von Metha und Agnew (2012) konnte gezeigt werden, dass während einer isometrischer Muskelaktivierung und gleichzeitiger mentaler Belastung, die lokale muskuläre Ausdauer und die Kraftentwicklung stärker eingeschränkt war.

2.2.2 Beanspruchungen auf den Organismus eines Schweißers

Aus den beschriebenen Belastungsfaktoren, wie statische und ungünstige Haltung, Kraftaufwendung, Biomechanik, Arbeitsumgebung oder psychomentaler Stress, ergeben sich spezifische Beanspruchungen, welche sich auf Muskeln, Sehnen, Gelenke, Nerven, Kreislauf oder Psyche auswirken können. Von zentraler Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Ermüdung, genauer gesagt, die muskuläre Ermüdung. Diese zeigt sich primär während der Schweißarbeit und steht zu Beginn des pathologischen Prozesses der Muskel-Skelett-Erkrankungen. Die muskuläre Ermüdung wird definiert als der Verlust der Fähigkeit über eine willkürliche Muskelaktivierung Kraft zu entwickeln (Sograard *et al.*, 2006). Im Zusammenhang mit Ermüdung muss zwischen einer peripheren und einer zentralen Ermüdung unterschieden werden (Boyas & Guevel, 2011). Die

zentrale Ermüdung kann als reversibler, belastungsinduzierter Rückgang der Muskelaktivierung bezeichnet werden (Gandevia, 1996). Die periphere Ermüdung betrifft im Gegensatz zur zentralen Ermüdung Faktoren innerhalb der Muskulatur, welche die Kontraktionsfunktion während der Tätigkeit einschränken (Westerblad, Bruton & Katz, 2010). Die Ursachen für die periphere muskuläre Ermüdung sind sehr vielseitig und noch nicht abschließend erforscht. Veränderungen durch eine Belastung betreffen vor allem extra- und intrazelluläre Ionen wie Calcium und Kalium, metabolische Parameter wie Laktat, H^+ -Ionen, ATP, Magnesium und Glykogen sowie reaktive Sauerstoffspezies (ROS) (Allen, Lamb & Westerblad, 2008). Eine entscheidende Rolle bei der muskulären Ermüdung, während isometrischer Haltearbeit, scheint die Durchblutung zu spielen. Durch die Muskelkontraktion kommt es zu einer Reduzierung des Blutflusses und einer damit verbundenen Minderversorgung der Muskelzellen. Dies entsteht durch den von der Kontraktion hervorgerufenen Anstieg des intrazellulären Druckes der Muskelzellen. Isometrische Kontraktionen können in Abhängigkeit der Intensität sogar eine komplette Ischämie hervorrufen. Durch die anhaltende Unterversorgung wird vor allem der Sauerstofftransport gemindert, was zur Aktivierung anaerober Stoffwechselwege führt. Die Folgen sind Akkumulation von Stoffwechselmetaboliten wie z.B. anorganischem Phosphat oder H^+ -Ionen, welche den Prozess der Ermüdung beschleunigen. Je größer die Intensität ist, desto früher setzt die Ermüdung ein. Bei Belastungen unter 10% der willkürlichen Maximalkraft (*MVC*) scheint allerdings eine ausreichende Blutversorgung gewährleistet (Westerblad, Bruton & Katz, 2010). Insgesamt führen hohe muskuläre Belastungen durch periphere und/ oder zentrale Erschöpfungsprozesse zur Ermüdung. Diese hat, wie bereits erwähnt, einen erheblichen Einfluss auf die Entstehung von Fehl- und Überbelastungen des Stütz- und Bewegungsapparates (Hottentrot *et al.*, 2011). Die aus der Ermüdung folgenden asymmetrischen Aktivitätsmuster und die Abnahme der Kontraktionskraft, mit Dauer der Belastung, legen die Vermutung nahe, dass es durch die muskuläre Ermüdung zu einer Dysbalance der Muskelkräfte kommt. Diese verursachen eine gestörte Druck-/ Spannungsverteilung auf die Strukturen des passiven Bewegungsapparates und resultieren in einer vermehrten Beanspruchung der Sehnen, Gelenkstrukturen oder Nervengewebe (Hoehne-Hückstädt *et al.*, 2007).

Neben den Beanspruchungen des aktiven und passiven Bewegungsapparates kann sich eine Belastung selbstverständlich auch auf das Herz-Kreislaufsystem auswirken. Hinsichtlich kardiovaskulärer und metabolischer Parameter, wie z.B. Blutdruck, Herzfrequenz und Laktat, wurden für Schweißarbeiter lediglich geringe Beanspruchungen während stehender und sitzender Tätigkeit gemessen (Petermann, 2012).

2.2.3 Individuelle Folgen – Muskel-Skelett-Erkrankungen bei Schweißern

Die körperlichen Beanspruchungen führen bei Überschreitung der individuellen Leistungsfähigkeit letztendlich zu individuellen Reaktionen und Auswirkungen auf den Organismus. Da bei Schweißarbeitern vorwiegend Beanspruchungen des Bewegungsapparates vorherrschen sind auch vornehmlich diese Strukturen betroffen. Der zentrale Punkt ist die muskuläre Ermüdung mit den Folgen von Dysbalancen der Muskelkräfte sowie damit einhergehende gestörte Druck-/ Spannungsverteilung auf den passiven Bewegungsapparat. Die Ermüdung der Muskulatur stellt funktionell betrachtet eine Schutzfunktion dar und verhindert Überlastungen von Strukturen der Muskulatur selbst. Direkte Folgen auf den Organismus können schmerzhaft Zustände sein. Dieses dysfunktionale Befinden verursacht Beeinträchtigungen in beruflichem sowie privatem Alltag. Patienten nehmen oft eine Schonhaltung ein, um die betroffene Struktur zu entlasten, was sich wiederum ungünstig auf den passiven Bewegungsapparat auswirken kann (Hoehne-Hückstädt *et al.*, 2007).

Überlastungen an Sehnen entstehen dann, wenn die elastischen Eigenschaften des Gewebes durch Zugkräfte überschritten werden. Die Überschreitung der Zugkräfte wird durch die Muskulatur vermittelt und kann zur Deformierung der Sehne führen. Eine dauerhafte erhöhte Spannung der Sehne führt zur Minderdurchblutung und damit verbunden zur Minderernährung. Es kommt zu degenerativen Veränderungen bis hin zum Zelluntergang. Diese funktionslosen Zellen können Kalk einlagern und das Auftreten von Mikrorupturen fördern. Darüber hinaus sind Sehnen häufigem mechanischen Druck in Form von Scherkräften ausgesetzt. Sehnenscheiden und Schleimbeutel sollen die Belastung der Sehne herabsetzen, laufen aber bei Überbeanspruchung ebenfalls Gefahr von Entzündungen oder degenerativen Veränderungen (Hoehne-Hückstädt *et al.*, 2007). Statische und ungünstige Körperhaltungen belasten nicht zuletzt auch die passiven Gelenkstrukturen. Dies betrifft vor allem den Gelenkknorpel und die Synovia. Unphysiologische Druckreize auf den Gelenkknorpel wirken sich negativ auf die Ernährung und dessen Regeneration aus. Wichtig zur Erhaltung ist ein ausgewogenes Maß an Be- und Entlastung. Ist dies nicht der Fall kommt es zur Abnahme der Schichtdicke an Knorpel. Die druckmindernde Wirkung wird aufgehoben und der Knochen wird vermehrt belastet. Dieser reagiert mit Umbauprozessen zur Abstützung. Die Folgen sind Arthrose mit Schmerzen und zunehmender Einsteifung der Gelenke (Hoehne-Hückstädt *et al.*, 2007). Unter Umständen können auch Nerven betroffen sein. Dies ist der Fall, wenn diese unmittelbaren Druckschäden oder Schäden aufgrund einer Minderversorgung von Blut erleiden (Hoehne-Hückstädt *et al.*, 2007).

In einem Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin mit dem Titel „Berufsspezifisches Risiko für das Auftreten von Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen und des Herz-Kreislauf-Systems“ aus dem Jahre 2016 (Liebers, Brendler & Latza) konnte der Beruf des Schweißers und Brennschneiders ebenfalls als jener mit hoher Relevanz für die Prävention identifiziert werden. Im Vergleich zu einer Referenzgruppe von Büroangestellten konnten signifikant mehr AU-Fälle aufgrund von Hüft- und Handgelenksarthrose, Schäden des Kniegelenks oder sonstigen Krankheiten der Synovialis und der Sehnen ermittelt werden. Mehr als doppelt so viele AU-Fälle traten bei Schweißer- und Brennschneider aufgrund von Kniearthrosen, Spondylosen, Rückenschmerzen, Synovitis und Tenosynovitis sowie Schulterläsionen auf. Für sonstige Enthesopathien konnte im Vergleich zur Referenzgruppe sogar eine dreifach erhöhte Rate von AU-Fällen festgestellt werden. Neben Erkrankungen des Bewegungsapparates liegt beispielsweise auch die Rate der AU-Fälle für essentielle Hypertonie bei Schweißern und Brennschneidern signifikant höher als bei Büroangestellten.

Wie die Ergebnisse dieser Erhebung, weisen auch weitere Untersuchungen darauf hin, dass Muskel-Skelett-Beschwerden überwiegend den Schulter- und Nacken-Bereich betreffen sowie der Lendenwirbelsäule (LWS). In einer Studie von Herberts *et al.* (1981) konnte bei Schweißern einer Schiffswert eine signifikant höhere Anzahl von entzündlichen Erkrankungen der Sehne des *M. subraspinatus* festgestellt werden, als bei Büroangestellten. In einer epidemiologischen Studie von Törner *et al.* aus dem Jahr 1991 konnte bei Schweißern eines Stahlwerks, im Vergleich zu Büroangestellten, ebenfalls eine deutlich höhere Anzahl von Beschwerden des Bewegungsapparates beobachtet werden. So zeigte sich, dass 59% aller Schweißer in den vergangenen 12 Monaten mindestens einmal unter Schmerzen des unteren Rückens klagten (vgl. 48% Büroangestellte), 63 % über Nackenbeschwerden (vgl. 24%) und 65% über Schulterbeschwerden (vgl. 27%). Insgesamt berichteten 76% der schweißenden Belegschaft über eine Schulter-Nacken-Problematik. Die Untersuchung zeigt auch, dass v.a. Beschwerden im LWS-Bereich zu einer Arbeitsunfähigkeit führen (38%). Neben dem subjektiven Beschwerdebild zeigten Törner *et al.* durch körperliche Untersuchungen, dass Schweißer im Vergleich zu Büroangestellten eine verminderte Beweglichkeit der Schulter besitzen sowie bei 47% der untersuchten Schweißer eine Atrophie im Bereich des *M. infraspinatus* oder des *M. subraspinatus* nachgewiesen werden konnte.

Vieira und Kumar (2007) zeigte in einer Studie, dass Schweißer eines Pipeline-Bauers am häufigsten Beschwerden des LWS-Bereich angegeben haben.

Die Ergebnisse der verschiedenen Studie zeigen daher übereinstimmend, dass vor allem der Schulter-Nacken-Bereich als auch der Lendenwirbelbereich besonders stark von Beschwerden betroffen ist.

Die vorliegenden Resultate und Analysen machen deutlich, dass die Arbeitsbelastungen und körperliche Beanspruchung bedeutende Faktoren für die Entstehung von muskuloskelettalen Beschwerden bei Schweißern sind. Gleichzeitig wird auch die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen und Förderung der allgemeinen Gesundheit bei dieser Berufsgruppe deutlich, um den Krankenstand zu senken, Leidenszeit zu verringern und Leistungsfähigkeit zu erhöhen.

2.3 Grundlagen von Prävention und Gesundheitsförderung

Um auf die Möglichkeiten von Prävention und Gesundheitsförderung einzugehen, sollen in diesem Abschnitt zunächst die Begrifflichkeiten sowie die dazugehörigen Konzepte und Strategien erläutert werden. Darauf folgend wird der aktuelle wissenschaftliche Stand zur Wirksamkeit von gesundheitsbezogenen Interventionen im Kontext der Arbeitswelt präsentiert, um daraus die Zielsetzung und Hypothesen zu generieren.

2.3.1 Begriffsdefinition

Die beiden Begriffe „(Krankheits-)Prävention“ und „Gesundheitsförderung“ werden oft synonym benutzt. Tatsächlich stecken dahinter unterschiedliche Strategien und Konzepte, weshalb im Folgenden kurz auf beide Begrifflichkeiten eingegangen werden soll. „Die Prävention versucht durch gezielte Interventionsmaßnahmen das Auftreten von Krankheiten oder unerwünschten physischen oder psychischen Zuständen weniger wahrscheinlich zu machen bzw. zu verhindern oder zumindest zu verzögern“ (Leppin, 2014, S. 36).

Der Begriff der Gesundheitsförderung, im Englischen *Health Promotion*, entstand in jüngerer Vergangenheit und entwickelte sich aus den gesundheitspolitischen Debatten der Weltgesundheitsorganisation. Im Gegensatz zur Prävention geht es bei der Gesundheitsförderung, um die Verbesserung und Stärkung von Ressourcen und Lebensbedingungen sowie einer Stärkung der gesundheitlichen Entfaltungsfähigkeit (Hurrelmann, Klotz & Haisch, 2014).

Auch wenn sich beide Begriffe voneinander abgrenzen, haben sie einen gemeinsamen Handlungshintergrund, beide Begriffe beschreiben Formen der „Interventionen“. Die „[...] Krankheitsprävention bezeichnet alle Eingriffshandlungen, die dem Vermeiden des Eintretens oder des Ausbreitens einer Krankheit dienen [...]“ (Hurrelmann, Klotz &

Haisch, 2014, S. 14). Die Intervention der Prävention richtet sich also auf das Verhindern und Abwehren von Risiken für Krankheiten, während die „[...] Gesundheitsförderung allen Eingriffshandlungen, die der Stärkung von individuellen Fähigkeiten der Lebensbewältigung dienen [...]“ bezeichnet (Hurrelmann, Klotz & Haisch, 2014, S. 14).

Das gemeinsame Ziel von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung ist der individuelle, wie auch der kollektive Gesundheitsgewinn. Zum einen soll dies durch das Zurückdrängen von Risikofaktoren und zum anderen durch die Förderung von gesundheitlichen Ressourcen geschehen. Krankheitsprävention bezieht sich auf die Dynamik der Krankheitsentstehung bzw. des Risikofaktorenmodells und die Gesundheitsförderung auf die Dynamik der Entstehung von Gesundheit, basierend auf dem Begriff der Salutogenese Antonovskys (Hurrelmann & Richter, 2013).

2.3.2 Konzepte und Strategien der Prävention und Gesundheitsförderung

Präventionsmaßnahmen lassen sich entlang einer Zeitachse charakterisieren. Unterschieden wird die Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention.

Die Primärprävention umfasst alle Maßnahmen die vor einem Erstauftreten einer Erkrankung oder eines unerwünschten Zustands durchgeführt werden. Aus diesem Grund stehen Gesunde oder Personen ohne manifestierter Symptomatik auf der Adressatenliste. Das Ziel der Primärprävention ist die Inzidenz bestimmter Erkrankungen zu senken (Laaser & Hurrelmann, 2006).

Präventionsmaßnahmen die der Krankheitsfrüherkennung und Krankheitseindämmung dienen, werden als Sekundärprävention bezeichnet. Das Ziel ist die Eindämmung des Voranschreitens der Krankheit. Eine Tertiäre Prävention liegt dann vor, wenn eine Krankheit oder ein unerwünschter Zustand bereits manifestiert geworden ist. Die Ziele dieser Maßnahmen dienen der Milderung von Intensität der Symptome, Folgeschäden zu vermeiden oder Rückfällen vorzubeugen. Es handelt sich um die klassische Rehabilitation (Leppin, 2014).

Streng genommen beziehen sich viele auf sekundärpräventive Interventionen. Unter Primärprävention wird die Intervention vor dem Erstauftreten von Beschwerden beschrieben. Tatsächlich wird in der Regel das Probandenkollektiv miteingeschlossen, welches bereits Beschwerden hatte (Pieper & Schröder, 2008).

Neben der zeitlichen Einordnung einer Maßnahme, können Präventionsstrategien auch hinsichtlich des Ansatzpunktes differenziert werden. Interventionen können direkt bei Personen oder deren Umwelt ansetzen. Diese beiden Ansatzpunkte werden mit der Verhalten- und Verhältnisprävention beschrieben (Leppin, 2014).

Die Verhaltensprävention hat das Ziel individuelles Verhalten, wie z.B. Bewegungsmangel, zu ändern oder Personen zu motivieren medizinisch-technologische Maßnahmen, wie z.B. Impfungen, in Anspruch zu nehmen. Die Verhältnisprävention bezieht sich dagegen auf die umweltbetreffenden Interventionsmaßnahmen. Diese können zum einen direkt darauf ausgerichtet sein, protektive oder positive Gesundheitseffekte zu erreichen, oder indirekt wirken, indem sie protektives Verhalten erleichtern. Zur Verhältnisprävention gehören beispielsweise gesetzliche Verbote gesundheitsschädlicher Baustoffe wie Asbest, Interventionen wie eine flächendeckende Fluoridierung des Trinkwassers oder ergonomische Maßnahmen an Arbeitsplätzen (Leppin, 2014).

Die untersuchten präventiven Ansätze der vorliegenden Arbeit decken beide Bereiche ab. Die Alltagsaktivität oder das körperliche Training bezieht sich auf die Verhaltensprävention, während die Verwendung eines ergonomischen Schweißbrenners zu den Maßnahmen der Verhältnisprävention gehört.

Wie bereits beschrieben, geht es bei der Gesundheitsförderung überwiegend um die Stärkung von Ressourcen. Interventionen können ebenfalls, wie bei der Prävention, am Individuum, am sozialen Umfeld oder gesellschaftlichen sowie rechtlichen Rahmenbedingungen ansetzen. Die Kernstrategie von Gesundheitsförderung versteht sich als emanzipatorisch, mit dem damit verbundenen Schlüsselwort des *Empowerment*, und politisch, mit dem Ziel, gesundheitsförderliche Rahmenbedingungen zu schaffen. Die Hauptkonzepte der Gesundheitsförderung stellen die gesundheitsfördernden Settings (Settingansatz) dar. Die Fokussierung liegt dabei auf Sozialräumen wie der Schule oder dem Betrieb und ermöglicht es die Zielgruppe genau zu bestimmen, um adäquate Zugangswege zu bestimmen und die vorhandenen Ressourcen zu nutzen (Altgeld & Kolip, 2014).

2.3.3 Prävention und Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz

Für die Gesundheit der Arbeitnehmer am Arbeitsplatz sorgt der institutionalisierte Arbeitsschutz. Die rechtliche Struktur des dualen Arbeitsschutzsystems in Deutschland bildet dabei zum einen der Staat und zum anderen die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung. Im Sozialgesetzbuch VII sind beispielsweise Präventionsaufgaben der Unfallversicherungsträger durch den Staat geregelt und umfassen die Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren. (Lenhardt & Rosenbrock, 2014).

Die Arbeitssicherheit und der Gesundheitsschutz sind für Arbeitgeber gesetzlich verpflichtend geregelt. Der Arbeitgeber hat die Hauptverantwortung für Überprüfung, Um-

setzung und Verbesserung aller erforderlichen Maßnahmen zum Thema Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz. Seit 1996 regelt das Arbeitsschutzgesetz mit allgemeinen formulierten Schutzziele und Handlungsverpflichtungen, ergänzt durch staatliche Verordnungen, worin spezielle Bereiche des Arbeitsschutzgesetzes geregelt sind, den Arbeitsschutz. Ergänzt wird dies durch weitere Gesetzte, welche sich auf den sozialen Arbeitsschutz konzentrieren (Arbeitszeitgesetz, Jugendarbeitsschutzgesetz) sowie auf sicherheitstechnische und betriebsärztliche Betreuung der Betriebe (Arbeitssicherheitsgesetz/ASiG) (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2015; Lenhardt & Rosenbrock, 2014; Baur, 2013).

Die Gesundheitsförderung in Betrieben, sprich die betriebliche Gesundheitsförderung (BGF) ist im Unterschied zum Arbeitsschutz gänzlich freiwillig. Das Ziel von BGF ist die Arbeitsplatzbedingung zu verbessern und die Gesundheit der Mitarbeiter, auf physischer wie psychischer Ebene, zu stärken. Die wichtigsten organisatorischen Träger von BGF Maßnahmen stellen die Krankenkassen dar, da diese nach Sozialgesetzbuch V verpflichtet sind, Leistungen der betrieblichen Gesundheitsförderung zu erbringen. Die betriebliche Gesundheitsförderung ist allerdings trotz steigender Tendenz noch lange nicht flächendeckend (Lenhardt & Rosenbrock, 2014). Möglicherweise liegt dies daran, dass nicht alle Maßnahmen den erfolgsversprechenden Effekt erzielen (Schröer, Haupt & Pieper, 2014; Malik, Blake & Suggs, 2014; Rongen *et al.*, 2013).

Nach Zahlen des Präventionsberichtes 2014 ist der Spitzenreiter unter den Wirtschaftszweigen, in deren Betrieben Gesundheitsförderung etabliert wurde, dass verarbeitende Gewerbe. Vermutlich sind die körperlichen Belastungen von Produktionsabläufen in dieser Branche Anlass für Maßnahmen zu Reduzierung und Kompensation arbeitsbedingter körperlicher Belastungen (Jung *et al.*, 2014).

2.4 Evidenz zur Wirksamkeit verhaltens- und verhältnisbezogenen Interventionen von Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Arbeitswelt

Betrachtet man den aktuellen Stand der Wissenschaft zu Präventionsmaßnahmen am Arbeitsplatz, so kann eine Vielzahl an Ergebnissen gefunden werden. Über alle Untersuchungen hinweg fällt das Fazit jedoch recht heterogen aus. Es gibt nur wenige Studien, welche einen nachhaltigen positiven Effekt auf Symptome und Beschwerden nachweisen können. Entsprechend können aktuell keine einheitlichen Empfehlungen zur Belastungsreduzierung am Arbeitsplatz und somit zur Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen gegeben werden (Van Eerd *et al.*, 2016; Pieper *et al.*, 2015; Schröer, Haupt & Pieper *et al.*, 2014; Goldgruber & Ahrens, 2009).

Im Folgenden soll der aktuelle Forschungsstand zur Wirksamkeit verhaltens- und verhältnisbezogener Maßnahmen in der Prävention von Muskel-Skelett-Beschwerden in der Arbeitswelt vorgestellt werden. Aufgrund der Literaturrecherche wird der aktuelle Stand zu einzelnen ausgewählten Interventionsbereichen beschrieben sowie die Evidenz dieser bewertet, um die daraus resultierenden Fragestellungen dieser Arbeit ableiten und begründen zu können.

2.4.1 Körperliche Aktivität

Der gesundheitliche Nutzen eines körperlichen Trainings, hinsichtlich arbeitsbedingten Beschwerden des Bewegungsapparates, konnte bereits in verschiedenen Studien und systematischen Übersichtsarbeiten bestätigt werden (z.B. Van Eerd *et al.*, 2016; Rothmore, Ayward & Karnon, 2014; Andersen *et al.*, 2012; 2012; Coury *et al.*, 2009; Krismer & van Tulder, 2007; Proper *et al.*, 2003). So berichten Steffens *et al.* (2016) in ihrem Review mit Metaanalyse, dass ein körperliches Training zu einer Risikoreduktion von 35% bezüglich einer Episode und 78% Risikoreduktion von Krankheitstagen von unteren Rückenschmerzen führen kann. Dennoch gibt es keine einheitliche Evidenz für einzelne Maßnahmen. Die berücksichtigten Studien zeigen unterschiedliche Interventionen (Krafttraining, Ausdauertraining und Stretching), weshalb im Folgenden auf die wichtigsten Trainingsformen eingegangen wird, welche für diese Arbeit Relevanz besitzen.

2.4.1.1 Krafttraining

Eine starke Evidenz konnte insbesondere für die Effekte eines Krafttrainings nachgewiesen werden (Van Eerd *et al.*, 2016). Dies gilt sowohl für Maßnahmen der Prävention von unteren Rückenschmerzen (Krismer & van Tulder, 2007; Burton, 2005; Tveito, Hysing & Eriksen *et al.*, 2004; van Poppel, Hoofmann & Koes, 2004; Proper *et al.*, 2003; Linton & van Tulder, 2001) als auch für Schulter- und Nackenschmerzen (Proper *et al.*, 2003; Linton and van Tulder, 2001). Van Eerd *et al.* (2016) kommen daher in ihrer Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass ein Krafttraining in der betrieblichen Praxis helfen kann, Symptome und Beschwerden des Muskel-Skelett-Systems zu mindern oder verhindern. Bezüglich möglicher Belastungsnormative können jedoch keine genauen Angaben gemacht werden. Betrachtet man die zu Grunde liegenden Studien, so zeigen diese sehr unterschiedliche Trainingsinterventionen. Sjögren *et al.* (2005) untersuchten die Effekte eines 15-wöchigen gerätegestützten Krafttrainings. Das Training wurde bei 30% des Ein-Wiederholungs-Maximums durchgeführt und wurde in den ersten 5 Wochen 5x/Woche absolviert und in den darauffolgenden Wochen 7-8x/Woche (1-2x/Tag). Andersen *et al.*

zeigten in einer Studie aus 2008 die Effekte eines spezifischen Krafttrainings des Schulter-Nacken-Bereichs bei Büroarbeitern. Die Studie beinhaltete ein Kurzhanteltraining, bestehend aus 4 Übungen, welches über 1 Jahr durchgeführt wurde. Die Trainingsnormative wurden mit 2-3 Sätze und 10-15 Wiederholungen bei 70-80% MVC festgelegt. Jay *et al.* (2011) untersuchte die Effekte eines Kettlebell-Trainings bei technischen Labormitarbeitern. Dieses Training wurde 3x/Tag über 8 Wochen durchgeführt. Jede Einheit dauerte 20 Minuten (10-15 Min. Intervall + 5-10 Min. Aufwärmen). In einer weiteren Studie von Andersen *et al.* aus dem Jahr 2012 untersuchten diese verschiedene Protokolle eines Krafttrainings (1x 60 Min./Woche; 3x 20 Min./Woche; 9x 7 Min./Woche). 5 Hantelübungen für Schulter und Nacken wurden über 20 Wochen bei Büromitarbeitern durchgeführt. Alle 3 Methoden konnten Schmerzen im Schulter-Nacken-Bereich, gegenüber einer Kontrollgruppe, reduzieren. Diese Ergebnisse zeigen, dass sich viele unterschiedliche Methoden des Bereiches Krafttrainings positiv auf Muskel-Skelett-Erkrankungen auswirken. Die meisten Studien beziehen sich jedoch auf Büroarbeiter. Körperlich fordernde Berufe standen kaum im Fokus. Über die gesamte Literaturrecherche konnte lediglich eine einzige Interventionsstudie zur Tätigkeit eines Schweißers gefunden werden. Krüger *et al.* (2015) untersuchten die Auswirkungen eines 12-wöchigen Krafttrainings auf die körperlichen Beanspruchungen, während eines Schweißexperimentes bei nicht-Schweißern, und konnten Hinweise für die Reduktion dieser liefern. Jedoch liegt bei dieser Studie nur eine geringe externe Validität vor.

2.4.1.2 Ausdauertraining

Einem reinen Ausdauertraining wird in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen/ Beschwerden nur eine geringe Aufmerksamkeit gewidmet. Van der Velde und Mierau (2001) fanden in ihrer Studie heraus, dass ein 5-20-minütiges Ausdauertraining bei 60% der maximalen Herzfrequenz und 3 Einheiten/Woche über 6 Wochen, Beschwerden des unteren Rückens reduzieren konnte. Die Studie von Sculco *et al.* aus dem Jahr 2001 konnte bei einem ähnlichen Setting (10-wöchiges Trainingsprogramm, 4x/Woche, 60% altersabhängig vorhergesagte Herzfrequenz, 20-45 Min. pro Trainingseinheit) keine Effekte auf Rückenbeschwerden feststellen. Van Eerd *et al.* (2016) kamen in Ihrer systematischen Übersichtsarbeit zur Effektivität von arbeitsbezogenen Interventionen in der Prävention von Erkrankungen der oberen Extremitäten zu dem Entschluss, dass eine limitierte positive Evidenz für Ausdauerprogramme vorliegt. Betrachtet man die dieser Arbeit zugrundeliegenden Studien (n=3) so fällt auf, dass es sich nicht um

klassische Ausdauerprogramme handelt. Vielmehr handelt es sich bei diesen postulierten Studien, um die Steigerung der allgemeinen Alltagsaktivität ohne genaue Vorgabe einer Sportart oder Trainingsmethode hinsichtlich Dauer oder Intensität.

2.4.1.3 Alltagsaktivität

Die WHO empfiehlt zuletzt ein Mindestmaß an körperlicher Gesamtaktivität von 600 metabolischen Äquivalenten (MET) pro Woche (unabhängig der Art und Intensität) zur Gesundheitserhaltung. Betrachtet man weitere epidemiologische Studien zur sportlichen Freizeitaktivität und dem Auftreten von Muskel-Skelett-Beschwerden, so zeigt sich auch hier ein heterogenes Bild. Leino ging 1993 bereits der Frage nach, ob sich die Alltagsaktivität präventiv auf das Auftreten von unteren Rückenschmerzen bei Arbeitern der Metallindustrie auswirkt. Die Untersuchungen gaben lediglich Hinweise darauf, dass sich die Alltagsaktivität positiv auf das Vorhandensein von Beschwerden des unteren Rückens auswirkt. Jedoch spielen weitere individuelle Faktoren wie Alter, Arbeitsklasse, Body-Mass-Index (BMI) oder das Rauchverhalten eine Rolle. Hildebrandt *et al.* (2000) konnte diese Ergebnisse durch einen Review nicht bestätigen. Die 39 zugrundeliegenden Studien zeigten ein inkonsistentes Bild. Die empirischen Daten der Studie zeigten keinen Zusammenhang zwischen Sport- und Freizeitaktivität und muskuloskelettalen Beschwerden. Moderate Aktivität schien sogar die Prävalenzrate für eine Arbeitsunfähigkeit aufgrund Rückenbeschwerden zu erhöhen, wobei auch gezeigt wurde, dass Personen mit körperlich wenig fordernden Aufgaben und Sportabstinenz ebenfalls ein erhöhtes Risiko aufweisen. Van den Heuvel *et al.* (2005) nahmen sich der Frage nach den Effekten von Alltagsaktivität auf Schulter-Nacken-Problematik an und fanden heraus, dass sportliche Aktivitäten allgemein einen günstigen Einfluss auf Schulter-Nacken-Symptome sowie arbeitsunfähigkeitstage haben. Diese Ergebnisse konnten auch Morcken, Mageroy und Moen (2007) in ihrer Untersuchung bei Soldaten der *Royal Norwegian Navy* herausfinden. Nilsen, Holtermann und Mork (2011) zeigten, dass bereits ≥ 1 Stunde körperliche Freizeit-/Sportaktivität in der Woche ein geringeres Risiko für Beschwerden des unteren Rückens sowie des Schulter-Nacken-Bereichs gegenüber Inaktiven bedeuten kann. Auch hier wiesen die Autoren darauf hin, dass weitere Faktoren, wie hier Übergewicht, eine weitere Rolle spielen.

Vieira, Kumar und Narayan (2008) untersuchten den Einfluss von körperlicher Aktivität, Rauchverhalten und Übergewicht auf Beschwerden des unteren Rückens u.a. bei Schweißern. Sie zogen aus ihrer Studie den Schluss, dass Schweißer, welche Rauchen

und keiner körperlichen Freizeitaktivität nachgehen etwa 2-mal häufiger an unteren Rückenschmerzen erkranken und übergewichtige 1,38-mal so häufig. Aktivität alleine konnte keine präventiven Effekte nachweisen.

2.4.1.4 Weitere bewegungsbezogene Maßnahmen

Neben den Sportarten wie Kraft- oder Ausdauertraining wurden auch Stretching-Programme untersucht, welchen in der Literatur moderate positive Evidenzen attestiert werden (Van Eerd *et al.*, 2016; da Costa *et al.*, 2008; Henchoz & Kai-Lik So, 2008). Darüber hinaus existieren weitere Einzelstudien zu Bewegungsinterventionen wie z.B. Yoga (Williams *et al.*, 2009), oder Feldenkrais (Lundbald, Elert & Gerdle 1999). Zu diesen Interventionsformen liegen aktuell jedoch nur eine limitierte Evidenz vor (Van Eerd *et al.*, 2016). Aufgrund der geringen Relevanz für diese Arbeit wird auf eine weitere Betrachtung verzichtet.

2.4.2 Ergonomische Hilfsmittel

Die Ergonomie wird dort besonders relevant, wo der Mensch aufgrund seiner Arbeit, mit Werkzeugen, Maschinen oder weiteren Gegenständen in Berührung kommt. Dies betrifft zum Beispiel das Nutzen von Computern, führen von Maschinen oder Fahrzeugen oder die Verwendung von Werkzeugen, wozu natürlich auch das Benutzen eines Schweißbrenners zählt (Bullinger, 1994).

In zahlreichen Untersuchungen wurden die Effekte verschiedenster Hilfsmittel in unterschiedlichen Branchen und Arbeitsbereichen überprüft. Einer der meist studierte Bereich ist der Sektor der Büroarbeitskräfte. Studien befassten sich bei dieser Arbeitspopulation, zur Reduktion von Rücken- sowie Schulter-Nacken-Beschwerden, mit Maßnahmen wie ergonomischen Stühlen (Amick *et al.*, 2003), Alternativen Computermäusen (Rempel, *et al.*, 2006; Gusstafsson & Hagberg, 2003) oder Tatstaturen (Hedge, Morimoto & McCrobie, 1999) sowie Unterarm- (Conlon, Krause & Rempel, 2008; Rempel, *et al.*, 2006) und Rückenunterstützung (Coleman, Hull & Ellitt, 1998). Insgesamt zeigen die Studien eine positive Tendenz, so dass von einer moderaten positiven Evidenz für diese Maßnahmen gesprochen werden kann (Van Eerd *et al.*, 2016; Leyshon *et al.*, 2010).

Betrachtet man die Studienlage ergonomischer Hilfsmittel bei körperlich fordernden Berufen, so fällt die Aussagekraft nicht ganz so positiv aus. Martimo *et al.* (2007) betrachteten in ihrem Cochrance-Review Maßnahmen zur Prävention und Behandlung von Rückenschmerzen bei Beschäftigten mit Transportaufgaben (Krankentransport, Post, Gepäcktransport). Untersucht wurden u.a. Hilfsmittel zur Erleichterung des Transports, wie

z.B. Flaschenzüge, Aufzüge oder Hebehilfen. Jedoch konnte keine Evidenz für die Wirksamkeit dieser gefunden werden. Zu diesem Schluss kamen auch Verbeek *et al.* (2011) in ihrem Review.

Die Literaturrecherche ergab eine Studie zu dem Thema ergonomischer Hilfsmittel bei manuellen Handschweißern sowie eine Studie bei Bolzenschweißern. Im Arbeitsfeld von Bolzenschweißern, einem körperlich fordernden Beruf, jedoch einer im wesentlich anderen Arbeitsbelastung im Vergleich zum klassischen Handschweißen, wurde ein alternatives System der Arbeitsausrüstung untersucht. Die Untersuchung sollte Aufschlüsse über Rumpfneigung, Muskelaktivität sowie Wirbelsäulenkompression geben. Die Ergebnisse von Fethke, Gant und Gerr (2011) zeigten, dass eine ergonomische Ausrüstung die Rumpfneigung positiv beeinflusst sowie die muskuläre Aktivität des *M. trapezius pars descendens* herabsetzen konnte. In der Untersuchung von Jarvholm *et al.* aus dem Jahre 1991 zum manuellen Handschweißen wurde der Effekt eines Hilfsmittels zur Armmunterstützung bei Schweißern, während einer Arbeitssimulation untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass während der Schweißsimulation, durch die Verwendung des Hilfsmittels, die Belastung des *M. supraspinatus* reduziert werden konnte.

2.4.3 Schulungen und Coachings

Neben der körperlichen Aktivität gibt es verschiedene weitere Interventionsmöglichkeiten, welche zu den verhaltenspräventiven Maßnahmen zählen. Eine der bekanntesten und weit verbreitetsten Interventionen sind dabei edukative Maßnahmen wie die „Rückenschule“. Auch wenn diese Maßnahmen nicht Teil dieser Arbeit waren, sollen diese Vollständigkeitshalber kurz vorgestellt werden.

Auch mit diesen Möglichkeiten befassten sich bereits zahlreiche Studien und kamen zu dem Entschluss, dass diese Maßnahmen tendenziell keinen Effekt mit sich bringen (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016; Goldgruber & Ahrens, 2009; Heymans *et al.*, 2005). Heymans *et al.*, (2005) beschäftigten sich mit den Effekten von Rückenschulprogrammen bei unteren Rückenschmerzen und berücksichtigten in ihrer Übersichtsarbeit 9 Studien zu „Rückenschulen im betrieblichen Setting“. Die Studien zeigten unterschiedliche Ergebnisse. Insgesamt konnte gegenüber Placebo-Interventionen, Wartezeit oder anderen Maßnahmen keine einheitliche Evidenz für die Wirksamkeit von Rückenschulen gefunden werden. Diese Aussage unterstützten auch die Autoren der Studie von Van Eerd *et al.* (2016). Sie schlossen aus einer Studie, dass eine Schulter-Nackenschule keinen Einfluss auf die Prävention dieser hat. Steffens *et al.* (2016) fanden in ihrer Meta-Analyse ebenfalls heraus, dass edukative Schulungsmaßnahmen keine Wirksamkeit auf die Prävention von unteren Rückenschmerzen haben.

Alle Studien bemängeln jedoch gleichermaßen die niedrige Qualität der meisten Studien, so dass zukünftige Untersuchungen erfolgen müssen.

2.4.4 Arbeitsplatzgestaltung und Organisation

Neben den bisher vorgestellten Maßnahmen zielen weitere Interventionsmöglichkeiten auf die Arbeitsgestaltung sowie Organisationsentwicklung. Unter Arbeitsplatzgestaltung fallen vorwiegend Maßnahmen zur räumlichen Gestaltung, um bestimmte Körperpositionen/ Zwangslagen zu vermeiden. So verglichen Lin & Chan (2007) das Design zweier Arbeitsplätze (Standard vs. gestaltet von Physiotherapeut) bei Halbleiter-Fertiger, wobei kein Effekt auf das Auftreten von Muskel-Skelett-Beschwerden festgestellt werden konnte. Ähnliche Resultat zeigten Pillastrini *et al.* (2007), Shiri & Viikari-Juntura (2011) und Roberson *et al.* (2008). Es kann von einer moderaten Evidenz ausgegangen werden, dass keine Effekte der Arbeitsplatzgestaltung vorliegen (van Eerd *et al.*, 20016).

Unter den Begriff der Arbeitsorganisation fallen zahlreiche weitere Maßnahmen wie Betriebsklima, Teamwork, Autonomie, Stressmanagement, Work-Life-Balance sowie Arbeitszeitmodelle mit einer erhöhten Pausenanzahl/ -zeit. Durch die Vielfalt dieser Maßnahmen lässt sich nur schwer eine generalisierbare Aussage treffen (Montano, Hoven & Siegrist, 2014; Goldgruber & Ahrens, 2009). Insgesamt gibt es, wenn auch nur gering, Hinweise darauf, dass die Erhöhung der Pausenzeit einen positiven Effekt auf Muskel-Skelett-Beschwerden hat (Van Eerd *et al.*, 2016).

2.4.5 Multikomponenten-Programme

Neben Einzelmaßnahmen kommt natürlich auch die Möglichkeit in Betracht, dass mehrere Interventionsmaßnahmen zu einem additiven Effekt zusammengeführt werden können. Solche Mehr-Komponenten-Programme vereinen oft verhaltens- sowie verhältnispräventive Ansätze. Betrachtet man zu diesem Bereich die Studienlage, so fällt auf, dass eine Vielzahl dieser, solche kombinierten Programme untersucht haben (Steffens *et al.*, 2016; Pieper *et al.*, 2015; Goldgruber & Ahrens, 2009).

Insgesamt zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Aas *et al.* (2009) konnten in ihrer Cochrane-Übersichtsarbeit keinen Beleg dafür finden, dass Mehr-Komponenten-Programme einen Effekt auf die Prävention von Nackenschmerzen haben. Analysiert wurde hierzu z.B. ein Vier-Komponenten-Modelle aus mentaler Schulung, körperlicher Schulung zur Entspannung und Pausen, Anpassungen der Tätigkeit sowie Anpassung der Arbeitsmaterialien (z.B. Bürogegenstände). Ebenso wie in dem Drei-Komponenten-Modell (körperliche Schulung, Anpassung der Tätigkeit, Anpassung der Arbeitsmaterialien)

konnten keine Effekte festgestellt werden. Die Mehrheit waren Zwei-Komponenten-Modelle. Hierbei wurden auch beispielsweise körperliche Trainingsprogramme kombiniert mit ergonomischen Anpassungen (Arbeitsmaterialien) untersucht. Jedoch konnten Aas *et al.* (2009) auch hier keinen Effekt nachweisen. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen der Metaanalyse von Steffens *et al.* (2016). Sie konnten zeigen, dass Mehrkomponenten-Modelle sehr wohl einen Vorteil bringen. Die Kombination aus körperlichem Training und Rückenschule ist wirksamer als eine der beiden Maßnahmen alleine. Auch Goldgruber & Ahrens (2009) kamen zu dem Entschluss das eine Kombination von verhaltens- und verhältnispräventiven Maßnahmen wirksamer seien, als Einzelne.

Insgesamt zeigt sich die Evidenzlage als moderat. Aas *et al.* (2009) kritisiert die aktuelle Datenlage und betont die Notwendigkeit weiterer qualitativ hochwertiger Studien mit gut konzipierten Maßnahmen.

2.4.6 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die hier vorgestellten Interventionen, dass keine einheitlichen Evidenzen für einzelne oder kombinierte Maßnahmen zur Reduktion von Muskel-Skelett-Erkrankungen vorliegen. Lediglich verhaltenspräventiven Maßnahmen zur körperlichen Aktivität, insbesondere zum Krafttraining, können mehrheitlich positive Effekte berichtet werden, weshalb hier von einer starken positiven Evidenz ausgegangen werden kann (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016). Insgesamt fällt ein inkonsistentes Bild der Studienlage auf. Es konnten viele positive Effekte bei zahlreichen unterschiedlichen Methoden festgestellt werden. Dies wird von vielen Autoren so interpretiert, dass es aktuell keine allgemeingültige Empfehlung für oder gegen eine bestimmte Bewegungsintervention hinsichtlich Intensität oder Dauer in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen gibt (Van Eerd *et al.*, 2016; Malik, Blake & Suggs, 2014; Hamberg van Reenen, 2009; Henchoz & Kai-Lik So, 2008). Insgesamt scheint körperliche Aktivität als Interventionsform zur Prävention von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Beschwerden wirksam zu sein.

Nahezu alle vorliegenden systematische Übersichtsarbeiten zu diesen Themen bemängeln eine Vergleichbarkeit der Studien sowie eine geringe Qualität dieser (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016; Malik, Blake & Suggs, 2014; Verbeek *et al.*, 2011; Ass *et al.*, 2011; Goldgruber & Ahrens, 2009; Heymans *et al.*, 2005).

Viele Untersuchungen beschäftigten sich zudem mit der Population von Büroarbeitern, so dass eine Übertragung der Ergebnisse auf körperlich fordernde Berufe schwerfällt.

Lediglich eine Studie untersuchte die Auswirkung eines Krafttrainings auf eine Schweißsimulation bei Nicht-Schweißern und konnte erst Hinweise für eine Beanspruchungsreduktion finden (Krüger *et al.*, 2015). Eine weitere Studie stellte ebenfalls Hinweise einer Beanspruchungsreduktion für ein ergonomisches Hilfsmittel, den Unterarmstütz, bei einer manuellen Schweißtätigkeit fest (Jarvhölm *et al.*, 1991). Nahezu alle bisherigen Studien überprüften ihre Hypothesen anhand subjektiver Parameter wie Schmerzen/ Beschwerden des Bewegungsapparates oder Fragebögen zur Gesundheit sowie allgemeine Parameter der Leistungsfähigkeit (z.B. Kraft) und Kennwerten wie Krankheitstagen und Absentismus. Aktuell sind lediglich zwei Studien bekannt (Krüger *et al.*, 2015; Hamberg van Reenen *et al.*, 2009), die ihre Hypothesen unter (annähernd) realen Arbeitsbedingungen untersuchen und die tatsächlich physiologischen Reaktionen von verhaltensbezogenen Maßnahmen evaluieren. Und nur eine, welche ergonomische Maßnahmen an der Berufsgruppe der Schweißer überprüft (Jarvhölm *et al.* 1991).

Aufgrund der dargestellten Ergebnisse sowie der geringen Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen, in dem Themenbereich der Schweißer, muss klargestellt werden, dass das tatsächliche Ausmaß der physischen Belastungen und Beanspruchungen sowie die einflussnehmenden Variablen noch unzureichend evaluiert sind. Die Tatsache der hohen Prävalenzen von Muskel-Skelett-Erkrankungen dieser Berufsgruppe, machen jedoch die Notwendigkeit der Erforschung solcher Maßnahmen zur Verhaltens- und Verhältnisprävention klar, weshalb sich die vorliegende Arbeit intensiv und ausführlich mit dieser Thematik befasst.

3 Untersuchungsziele

Das Ziel der vorliegenden Dissertation ist die Untersuchung von Präventionsmaßnahmen zur Reduktion berufsbedingter Beanspruchungen bei Schweißfachkräften, insbesondere des Muskel-Skelett-Systems, sowie die Förderung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Zu diesem Zweck wurden 3 voneinander unabhängige Studien durchgeführt, um Maßnahmen der Verhaltens- sowie Verhältnisprävention zu erforschen.

In Studie I lag das Ziel auf der Untersuchung der individuellen Gesundheitswahrnehmung und Arbeitsfähigkeit sowie deren einflussnehmende Faktoren, insbesondere des Bewegungsverhaltens. In einem ersten Schritt wurde daher der subjektive Ist-Zustand erhoben. Darüber hinaus wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluss die Alltagsaktivität, als niederschwelliger präventiver Ansatz, auf die subjektive Gesundheit und Arbeitsfähigkeit bei Schweißern nimmt. Zusätzlich wird betrachtet, welche weiteren individuellen Faktoren sowie beruflichen Rahmenbedingungen einen Einfluss auf die erhobenen Variablen haben.

Das Ziel von Studie II war die Evaluation eines spezifischen Präventions-Trainingsprogramms für Schweißer. In diesem kontrollierten Test-Retest Design wurden die Effekte eines 6-monatigen Kraft- bzw. Ausdauertrainings auf die körperliche Beanspruchung beim Schweißen sowie die allgemeine Gesundheit und Leistungsfähigkeit überprüft. Es gibt nur sehr wenige Studien, welche die Effekte solcher Maßnahmen überhaupt unter Simulation der tatsächlichen Arbeitsaufgabe und physiologischen Aspekten untersucht haben (Krüger *et al.*, 2015; Hamberg van Reen *et al.*, 2009). Zusammen mit einer umfassenden Intervention, verschiedenen Trainingsformen und einem Probandenkollektiv der entsprechenden Berufsgruppe, liegen vergleichbare Studien bisher nicht vor.

Studie III befasste sich mit den Effekten ergonomischer Maßnahmen auf die körperliche Beanspruchung und Ermüdung sowie die Arbeitsqualität beim Schweißen. In diesem Studiensetting führten schweißtechnisch ungeübte sowie untrainierte Probanden, in einem Cross-Over-Design, ein Schweißexperiment an einem Schweißsimulator durch. Auch bei Schweißern gilt die Untersuchung ergonomischer Maßnahmen als unzureichend. Aus diesem Grund soll sich in dieser Studie das Arbeitsmaterial, genau gesagt der Schweißbrenner, als einflussnehmender Faktor betrachtet werden.

4 Studie I – Gesundheits- und Bewegungsverhalten von Schweißern

Die Studie I wurde unter dem Titel „Gesundheits- und Bewegungsverhalten von Schweißern“ an der Abteilung für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt.

4.1 Studie I – Hypothesen

Basierend auf dem beschriebenen aktuellen Stand der Wissenschaft über das Beschwerdebild bei Schweißern und der potentiellen Wirkung der Alltagsaktivität auf die Gesundheit (Nilsen, Holtermann & Mork, 2011; Vieira, Kumar & Narayna, 2008; Morken, Mageroy & Moen, 2007; van den Heuvel *et al.*, 2005; Hildebrandt *et al.*, 2000; Leino, 1993; WHO), werden folgende Hypothesen zur Überprüfung aufgestellt:

(H₁) Schweißfachkräfte mit einer höheren körperlichen Aktivität in ihrer Freizeit, unterscheiden sich im Mittel in ihrer subjektiven Gesundheitswahrnehmung und Arbeitsfähigkeit, gegenüber jener mit einer geringen Alltagsaktivität (<600 MET/Woche).

(H₀) Schweißfachkräfte unterscheiden sich nicht in ihrer subjektiven Gesundheitswahrnehmung und Arbeitsfähigkeit hinsichtlich des Aktivitätsniveaus in ihrer Freizeit.

Wie ebenfalls aus den genannten Studien deutlich wird, spielen weitere Faktoren eine wichtige Rolle bei Gesundheit und Beschwerden des Bewegungsapparates. Die Studie dient daher auch der Identifikation solcher Risikofaktoren und soll eine Übersicht zu Beschwerdebildern des Bewegungsapparates bei Schweißern geben.

4.2 Studie I – Material und Methoden

4.2.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie I handelt es sich um eine Fragebogenerhebung im Querschnitt. Alle Probanden füllten einmalig den im folgenden beschriebenen Fragebogen aus. Bei der Fragebogenstudie handelte es sich um eine anonymisierte Umfrage, so dass keine persönliche Verbindung zu dem Teilnehmer hergestellt werden konnte. Die Auswertung erfolgte an der sportmedizinischen Abteilung der Justus-Liebig-Universität Gießen.

5.2.2 Rekrutierung und Datenerhebung

Die Probandenrekrutierung erfolgte über verschiedene Kanäle. Zum einen wurde der direkte Kontakt zu Firmen aus Metallindustrie und Wirtschaft hergestellt, um den Fragebogen als gedruckte Version bei der Belegschaft zu verteilen. Der Kontakt zu Vorgesetzten oder Personalverantwortlichen erfolgte über ein bestehendes Netzwerk sowie direkte telefonische Anfragen oder per E-Mail. Zum anderen wurde der Fragebogen als Online-Version digitalisiert und auf der Internet-Plattform „LimeSurvey“ hinterlegt. Der Link zu dem Fragebogen wurde an zahlreiche Unternehmen per Rundmail versendet sowie auf sozialen Plattformen und in fachspezifischen Foren gepostet.

4.2.3 Ein-/Ausschlusskriterien

Im Rahmen der Probandenrekrutierung wurde darauf hingewiesen, dass der Fragebogen nur dann bearbeitet werden soll, wenn folgende Kriterien zutreffen:

Tab. 1: Einschlusskriterien Studie I

Einschlusskriterien
• Mindestens 4h Schweißarbeit/Tag (inklusive Vor- und Nachbearbeitung) • 18 – 65 Jahre alt • Mindestens 3-monatige Berufserfahrung im Schweißen

4.2.4 Fragebogen

Der Fragebogen, welcher der Studie zugrunde lag, bestand aus verschiedenen Einzelfragen sowie standardisierten Fragebögen und bildete im Wesentlichen eine Fragebogenbatterie. Das Ziel des Fragebogens war eine umfassende Erhebung von individuellen Faktoren zur Person und beruflichen Tätigkeit sowie zu gesundheitsbezogenen Angaben und Bewegungsverhalten. Insgesamt wurde die Bearbeitungsdauer mit ca. 20 Minuten angesetzt. Die erste Seite des Fragebogens diente der Informationsgewinnung über Ziel und Absicht der Studie sowie die Unbedenklichkeit zum Datenschutz. Zusätzlich waren Hinweise zum Ausfüllen und die Kontaktdaten von Ansprechpartner angegeben. Im Folgenden sollen die einzelnen Bestandteile des Fragebogens näher beschrieben werden. Der gesamte Fragebogen kann im Anhang eingesehen werden (Kap. 11).

4.2.4.1 Teil A – Allgemeine Angaben zur Person und Tätigkeit

Zu Beginn des Fragebogens wurden die Teilnehmer gebeten das Unternehmen anzugeben, um eine Übersicht der Verbreitung zu erlangen. Im Anschluss folgten 22 Fragen zur Person und Tätigkeit. Darunter fielen Angaben zum Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, Nationalität, Schul- und Berufsausbildung sowie Familienstand. Daran folgten spezifische Fragen zur Tätigkeit hinsichtlich Schweißverfahren, Dauer des Berufes, Körperliche Anforderungen der Arbeit, Hilfsmittel bei der Arbeit und Schichtdienst. Zusätzlich wurden Risikofaktoren wie Alkoholkonsum und Nikotinabusus erfragt.

4.2.4.2 Teil B – Gesundheitsbezogene Angaben – SF-12-Fragebogen

Teil B des Fragebogens bestand aus dem SF-12-Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Der SF-12 ist ein nationales und internationales Messinstrument zur Erfassung der subjektiven Gesundheit. Er ist eine Weiterentwicklung des SF-36. Durch die Reduktion der Itemzahlen von 36 auf 12 und der damit einhergehenden Minimierung der Bearbeitungsdauer von 15 auf ca. 5 Minuten, stellt der SF-12 ein geeignetes und zeitsparendes Instrument zur Erfassung der subjektiven Lebensqualität dar. Laut Ware *et al.* (1998) ging die Reduktion der Itemzahl ohne wesentlichen Informationsverlust einher. Der Aufbau des SF-12 ist dem des SF-36 ähnlich. Er besteht aus acht Subskalen: (1) körperliche Funktionsfähigkeit, (2) körperliche Rollenfunktion, (3) körperliche Schmerzen, (4) allgemeine Gesundheitswahrnehmung, (5) Vitalität, (6) soziale Funktionsfähigkeit, (7) emotionale Rollenfunktion und (8) psychisches Wohlbefinden. Aus den Ergebnissen des Scorings der acht Subskalen erfolgt eine standardisierte Auswertung der körperlichen (KSK) und psychischen (PSK) Summenskala. Hierfür werden Mittelwerte, Standardabweichungen und Regressionskoeffizienten der Normstichprobe verwendet. Die erhaltenen Skalenwerte können Zahlen von 0 bis 100 annehmen. Höhere Werte weisen auf eine bessere körperliche und psychische Verfassung der Probanden hin.

Gandek *et al.* (1998) gehen davon aus, dass für die Interpretation des SF-12 die Normen des SF-36 herangezogen werden können. Ware *et al.* (1998) zeigen zudem eine gute Korrelation der zwölf Items mit den Ursprungsskalen des SF-36. Auch konnten die Summenskalen des SF-36 repliziert werden. Für einen qualitativen Vergleich der Ergebnisse stehen Summenskalen einer deutschen Normstichprobe zur Verfügung. Die Gütekriterien des SF-12 wurden überprüft und sind laut Gandek *et al.* (1998), mit denen des SF-36 vergleichbar. Die von Ware *et al.* (1998) empfohlene Bestimmung der Test-Retest-Reliabilität beträgt in einer amerikanischen Stichprobe ($n = 232$) $r = 0,67$ (PSK) und $r = 0,89$ (KSK).

Auch in einer deutschen Studie zeigten sich befriedigende interne Konsistenzen mit (Cronbachs Alpha) 0,70 bis 0,87 (PSK) und 0,78 bis 0,83 (KSK). Test-Retest-Ergebnisse liegen nicht vor.

Bei der Untersuchung der konvergenten Validität ergaben sich genügend hohe Korrelationen. Auch die Konstruktvalidität ist nach langer internationaler Entwicklung gesichert (Morfeld, Kirchberger & Bullinger, 2011). Auch für Patienten mit Muskel-Skelett-Erkrankungen sind die Gütekriterien gegeben (Xuemei *et al.*, 2003).

4.2.4.3 Teil C – Beschwerden am Stütz- und Bewegungsapparat -

Nordischer Fragebogen

Bei dem Nordischen Fragebogen handelt es sich um ein standardisiertes Instrument zur Erhebung von möglichen Muskel-Skelett-Beschwerden. Er besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil dient der Erfassung von allgemeinen Angaben zur Person und Arbeitssituation. Zudem erfolgt eine Einteilung des Körpers in neun Regionen (Nacken, Schulter, Ellenbogen, Handgelenke/Hände, oberer Rücken, unterer Rücken/Kreuz, Hüfte/Oberschenkel, Knie, Knöchel/Füße) zur Befragung nach früheren oder bestehenden Beschwerden. Die Fragen sind mit ja oder nein zu beantworten. Mit diesem Teil des Fragebogens kann herausgefunden werden, inwieweit und wo Muskel-Skelett-Beschwerden bestehen (Caffier, 1999; Kuorinka, 1987).

Im zweiten Teil werden die Problembereiche Nacken, Schulter und Rücken genauer betrachtet. Im Vordergrund stehen die Dauer und Häufigkeit der Probleme, insbesondere innerhalb der letzten zwölf Monate und der letzten sieben Tage. Zudem werden Beeinträchtigungen von Arbeitstätigkeiten und Freizeitaktivitäten, sowie Arztkonsultationen und die Arbeitsunfähigkeit hinterfragt. Antworten in diesem Bereich können mit ja/nein oder kategorisiert nach der Dauer (0 Tage, 7-8 Tage, 8-30 Tage, >30 Tage) beantwortet werden. Sie erlauben Rückschlüsse auf die Beschwerdeentwicklung und die Beurteilung der Einsetzbarkeit von Arbeitnehmern. Reliabilität und Validität wurden untersucht und als gut eingestuft (Crawford, 2007; Kuorinka, 1987). Für die vorliegende Studie wurde lediglich Teil 1 zur Befragung nach früheren oder bestehenden Beschwerden genutzt.

4.2.4.4 Teil D – Angaben zur Arbeit und Tätigkeit - Work-Ability-Index

Der *Work Ability Index* umfasst zehn Fragen, welche die psychischen und physischen Arbeitsanforderungen, den Gesundheitszustand und die Leistungsreserven des Arbeitnehmers betreffen. Die 10 Fragen werden insgesamt 7 Dimensionen zugeordnet. Für jede dieser Fragen werden Punkte vergeben, woraus sich ein Gesamtscore ermitteln

lässt. Dieser liegt zwischen 7 und 49. Der Fragebogen wird klassischerweise in der Betriebsepidemiologie und in wissenschaftlichen Studien eingesetzt (Hasselhorn & Freude, 2007).

Der *WAI* ist ein kurzes Instrument und Index, welcher heterogene Aspekte in einer Kennzahl ausdrückt. Die interne Konsistenz wird mit (Cronbachs alpha) 0,78 als gut angesehen. Die Re-Test-Reliabilität scheint kein geeignetes Reliabilitätsmaß, da die Arbeitsfähigkeit nicht als konstanter Wert verstanden wird. Abweichende Werte über einen längeren Zeitraum können daher auf Ungenauigkeiten der Messungen oder auf tatsächliche Änderungen der Arbeitsfähigkeit zurückgeführt werden. In einer Studie konnte die Stabilität des *WAI* (von einem Jahr zum nächsten) mit $r = 0,70$ ermittelt werden (*WAI-Netzwerk*, 2014; Zwart *et al.* 2002). In der Literatur ist für die Validität kein Korrelationskoeffizient angegeben, was daran liegt, dass vornehmlich andere Verfahren zur Überprüfung angewendet werden (z.B. Odd's Ratios). Der Zusammenhang des *WAI* mit vielen relevanten Variablen ist vorhanden, weshalb von einer guten Kriteriumsvalidität ausgegangen werden kann (*WAI-Netzwerk*, 2014).

Zur Auswertung des Index müssen alle Fragen vollständig beantwortet werden. Die höchste erreichbare Punktzahl im Index ist 49 (maximale Arbeitsfähigkeit) und die geringste beträgt 7 (minimale Arbeitsfähigkeit).

Die Ergebnisse des *WAI* können sehr gut dazu verwendet werden, um einen Handlungsbedarf abzuschätzen (Hasselhorn & Freude, 2007).

Tab. 2: Dimensionen des Work Ability Index (Hasselhorn & Freude, 2007).

Dimensionen des Work Ability Index (WAI)		Punkte
1	Derzeitige Arbeitsfähigkeit im Vergleich mit der besten jemals erreichten Arbeitsfähigkeit	0-10
2	Derzeitige Arbeitsfähigkeit in Bezug auf die körperlichen und psychischen Anforderungen der Arbeit	2-10
3	Aktuelle Zahl ärztlich diagnostizierter Krankheiten	1-7
4	Ausmaß von Arbeitseinschränkungen aufgrund von Erkrankung/Verletzung	1-6
5	Krankheitsbedingte Ausfalltage während der letzten 12 Monate	1-5
6	Eigene Einschätzung der Arbeitsfähigkeit in den kommenden 2 Jahren	1,4,7
7	Mentale Ressourcen und Befindlichkeiten	1-4
Gesamt	Mögliche WAI-Werte von 7 bis 49 Punkten	

4.2.4.5 Teil E – Angaben zur körperlichen Aktivität –

Global Physical Activity Questionnaire

Der *Global Physical Activity Questionnaire* ist ein von der WHO entwickeltes und empfohlenes Instrument zur Messung des körperlichen Aktivitätsverhaltens und ist auf hinreichende Validität geprüft (Bull, Maslin & Armstrong, 2009). Erfasst wird der Umfang moderater und intensiver Aktivitäten in drei Bereichen: (1) Körperliche Aktivität bei der Arbeit, (2) Körperliche Aktivität beim Transport und (3) Körperliche Aktivität in der Freizeit. Für jede Aktivitätskomponente ist anzugeben, an wie vielen Tagen pro Woche und mit welcher Dauer sie ausgeübt wird. Erfragt werden Aktivitäten mit einer Mindestdauer von zehn Minuten. Zudem wird die Dauer von sitzenden Tätigkeiten erhoben. Sie gilt als Indiz für körperliche Inaktivität. Eine Auswertung ist nach den einzelnen Bereichen (Arbeit, Fortbewegung, Freizeit), nach dem Aktivitätsniveau (moderat, intensiv) sowie auch im Gesamten möglich. Der Fragebogen besteht aus 16 Fragen. Zur differenzierten Erfassung der körperlichen Aktivität werden die angegebenen Aktivitätsminuten pro Woche mit dem metabolischen Äquivalent (MET [= *metabolic equivalent of task*]) multipliziert. Ein MET kann als der Umsatz von 3,5 ml Sauerstoff pro kg Körpergewicht pro Minute (in Ruhe) definiert werden. Eine andere Begriffsbestimmung definiert 1 MET als einen Energieverbrauch von 4,2 kJ (1kcal) pro kg Körpergewicht pro Stunde (Ainsworth *et al.*, 2011). Einer moderaten Aktivität werden 4 MET/Min. zugeschrieben und intensive Aktivitäten entsprechen 8 MET/Min. Der Maßstab für die Mindestempfehlung an Aktivität gilt als erfüllt, wenn mindestens 600 MET/Min. pro Woche erreicht werden (WHO, Froböse & Wallmann, 2012).

Zur Ermittlung der Alltagsaktivität bei Schweißern wurden in dieser Studie nur die Aktivitäten aus Kategorie 2 (körperliche Aktivität beim Transport) und 3 (körperliche Aktivität in der Freizeit) berücksichtigt. Die „körperliche Aktivität bei der Arbeit“ floss nicht in die Berechnung der Gesamtaktivität ein.

4.2.5 Statistische Auswertung

Im Rahmen dieser Studie wurden in einem ersten Schritt sämtliche Parameter wie soziodemographische und berufsspezifische Daten sowie die Ergebnisse der Befragung zur subjektiven Gesundheit, Arbeitsfähigkeit, Beschwerden des Bewegungsapparates und Bewegungsverhalten erhoben, deskriptiv ausgewertet und entsprechend dargestellt.

In einem zweiten Schritt erfolgte die schließende Statistik zur Überprüfung der Hypothesen. Hierzu wurden die abhängigen Variablen (AV's) der subjektiven Lebensqualität (KSK und PSK) und der Arbeitsfähigkeit (WAI) auf die Variable „Aktivitätsniveau“, welche als 5-stufige unabhängige Variable (Faktor) festgelegt wurde, untersucht. Aus diesem

Grund kommt als statistisches Verfahren die einfaktorielle Varianzanalyse (*ANOVA*) bzw. der Kruskal-Wallis-Test, als nicht-parametrischer Test, zum Einsatz. In einer weiteren Analyse von Nebenzielparametern, welche explorativ erfolgte, wurden neben den bereits genannten abhängigen Variablen, der Score des *GPAQ*-Fragebogens als weitere AV hinzugefügt. In diesem Fall wurden die im deskriptiven Teil beschriebenen soziodemographischen und berufsspezifischen Variablen sowie die Variablen des Risikoverhaltens als unabhängige Variablen (UV's) definiert. Je nach Anzahl der UV's bzw. Faktoren und Verteilung wurde eine Varianzanalyse bzw. Kruskal-Wallis-Test (UV>2) oder, ein t-Test für unabhängige Stichproben bzw. Man-Whitney-U-Test (UV=2) angewendet.

Alle Parameter wurden zunächst mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft ($p > 0,05$).

Bei signifikanten Effekten der *ANOVA* bzw. des Kruskal-Wallis-Tests wurde zusätzlich eine Post-hoc-Analyse zur Lokalisation der Unterschiede durchgeführt. Zur Vermeidung einer α -Fehler-Kumulierung wurde das Signifikanzniveau nach der Bonferoni-Holm-Korrektur adjustiert.

Zur Angabe der globalen Effektstärke der *ANOVA* wurde das partielle η^2 (η^2_{partial}) bestimmt sowie beim Kruskal-Wallis-Test das Effektstärkemaß w . Darüber hinaus wurde für Post-Hoc-Analysen sowie bei Anwendung des t-Tests, im Rahmen der Nebenzielanalyse, das Effektstärkemaß d errechnet.

Die grafische Darstellung der Hauptzielparameter wird im Folgenden einheitlich als Balkendiagramm dargestellt. Als Maß der zentralen Tendenz und Streuungsmaß werden der Mittelwert (MW) $\pm$ Standardabweichung (SD) angegeben. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ festgelegt.

Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Software *IBM® SPSS® Statistics* für MS-Windows Version 24. Die Kalkulation der Effektstärke (d) wurde mittels der Software *G*Power* Version 3.1.9.2 durchgeführt.

Die Erstellung der Abbildungen erfolgte mit *Graph Pad Prism®* für Windows (Version 5.01).

4.3 Studie I – Ergebnisse

4.3.1 Deskriptive Analyse

4.3.1.1 Stichprobe

Insgesamt nahmen n=149 Schweißer aus 34 unterschiedlichen Betrieben der Bundesrepublik Deutschland an der Fragebogen-Studie teil. 1,4% gaben an aus der Branche „Schiffbau“ zu kommen, 10,9% aus dem „Fahrzeugbau“, 73,5% aus dem „Maschinen und Anlagenbau“ sowie 14,3% aus der Branche „sonstige“. 147 Teilnehmer waren männlich und 2 weiblich. In Tabelle 3 sind die demografischen Charakteristika der Studienteilnehmer, auf Basis der eigenen Angaben, abgebildet.

Tab. 3: Demografische Charakteristika der Stichprobe (Minimum (Min), (Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD)

Min	Med	Max	MW	SD
Alter [Jahre]				
18	34	62	36	10,6
Größe [cm]				
159,0	180,0	203,0	179,9	7,0
Gewicht [kg]				
60,0	86,0	140,4	87,3	14,4
BMI [kg/m²]				
19,3	26,6	44,8	27,0	4,0

4.3.1.2 Soziodemografische und berufsspezifische Auswertung

In Abbildung 6 sind ausgewählte soziodemographische Daten der Stichprobe als Häufigkeitsverteilung (%) angegeben. Demnach haben 2,0% keinen Schulabschluss, 39,2% eine Hauptschul-, 52,0% einen Realschulabschluss und 6,8% Abitur. 53,0% der Befragten sind ledig, 41 % verheiratet und 6,0% geschieden. 91,8% gehen ihrer Beschäftigung als Vollzeitjob nach, 4,1% als Teilzeitjob und ebenfalls 4,1% als Minijob. Alle Probanden haben die deutsche Staatsbürgerschaft. Ungeachtet dessen, sind 8,8% Migranten der 1. Generation, sprich, sie sind selbst nicht in Deutschland geboren. Als Geburtsländer wurden Griechenland (1x), Italien (1x), Polen (2x), Russland (6x) und die Türkei (3x) angegeben.

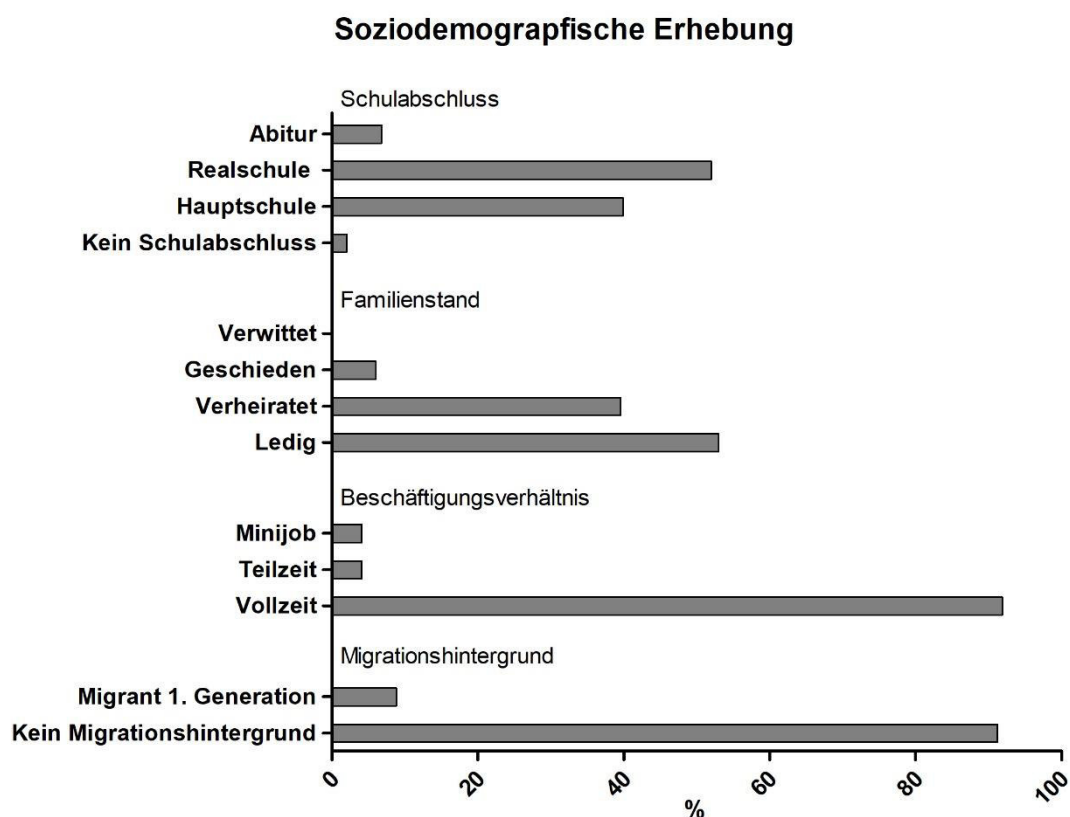


Abb. 6: Häufigkeiten (%) der soziodemographischen Erhebung des Fragebogens. Aufgeteilt nach Schulabschluss, Familienstand, Beschäftigungsverhältnis und Migrationshintergrund

In Abbildung 7 sind Häufigkeiten zu berufsspezifischen Daten wie verwendetes Schweißverfahren, Form der Berufsausbildung, Schichtdienst oder Nutzung von arbeits-erleichternden Hilfsmitteln angegeben. Darüber hinaus wurden Daten zur Arbeitszeit und Berufsdauer erhoben. Hierzu ergaben die Daten das die Befragten im Durchschnitt $7,1 \pm 1,6$ Stunden ihrer Schweißarbeit nachgehen und im Mittel bereits $13,7 \pm 10,4$ Jahre als Schweißer arbeiten. Das am häufigsten verwendete Schweißverfahren stellt das MIG/MAG Verfahren dar (73,9%) gefolgt vom WIG-Verfahren (15,9%). Am seltensten wird E-Hand und Unterpulverschweißen (UP) mit je 4,1% verwendet. 76,6% lernten das Schweißen in einer vollumfänglichen Ausbildung von mindestens 3 Jahren. 21,1% dagegen sind Quereinsteiger und erworben die Fachkenntnisse in Weiterbildungen und Seminaren mit einer Dauer ≤ 6 Monaten. 41,2% arbeiten im, 1-Schicht-, 30,4% im 2-Schicht- und 28,4% im 3-Schicht-Betrieb. 77,7% können bei ihrer Arbeit Hilfsmittel wie Hebehilfen etc. verwenden. 13,5% haben diese nicht und 8,8% stehen diese auf der Arbeit zur Verfügung, nutzten diese jedoch nicht.

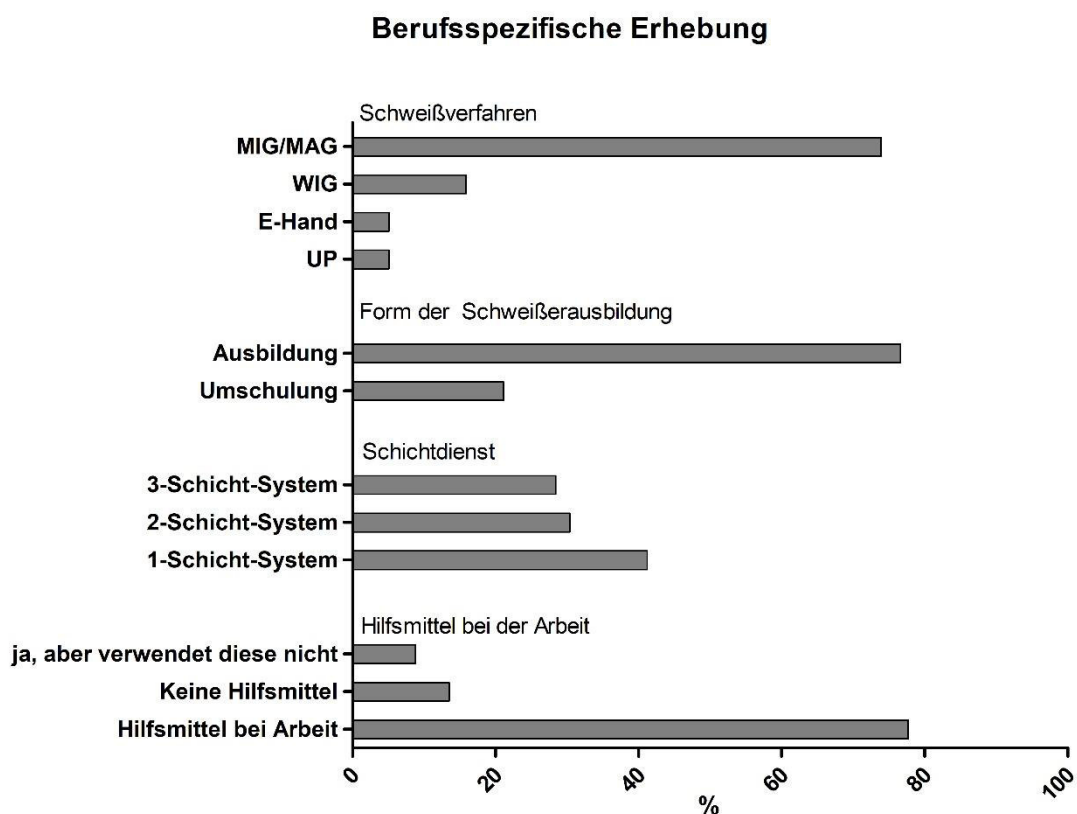


Abb. 7: Häufigkeiten (%) der berufsspezifischen Erhebung des Fragebogens. Aufgeteilt nach Schweißverfahrens, Schweißerausbildung, Schichtdienst und Hilfsmittel bei der Arbeit

4.3.1.3 Risikoverhalten

51,4% aller befragten gaben an Nichtraucher zu sein und 48,6% rauchen. Zum Alkoholkonsum berichteten 20,1%, dass sie nie Alkohol trinken. 56,4% gaben an nicht mehr als 330ml Bier oder 200ml Wein am Tag zu trinken und 23,5% gaben an, täglich mehr als 330ml Bier oder 200ml Wein am Tag zu trinken.

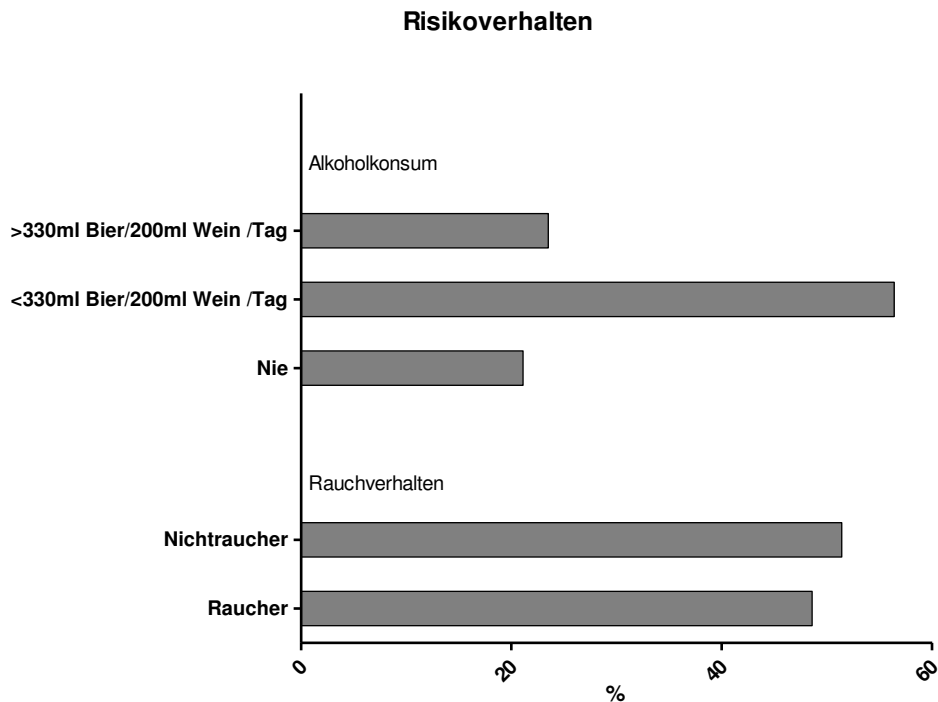


Abb. 8: Häufigkeiten (%) des Risikoverhaltens des Fragebogens. Aufgeteilt Rauchverhalten und Alkoholkonsum

4.3.1.4 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

In Abbildung 9 sind die Ergebnisse der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, getrennt nach körperlicher (KSK) und psychischer Summenskala (PSK) dargestellt sowie die entsprechenden Normwerte der deutschen Normstichprobe. Für die körperliche Summenskala konnte im Mittel ein Wert von $48,83 \pm 7,65$ (Normwert: $50,22 \pm 8,68$) und für die psychische Summenskala von $47,61 \pm 9,89$ (Normwert: $53,25 \pm 7,57$) festgestellt werden.

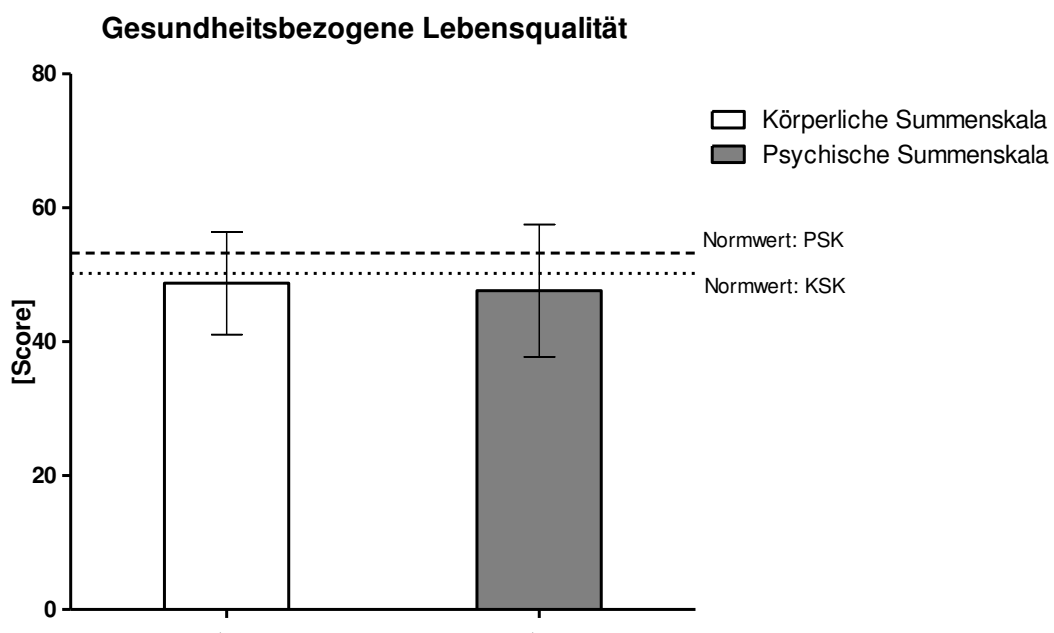


Abb. 9: Balkendiagramm der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, aufgeteilt nach körperlicher (KSK) und psychischer Summenskala (PSK) sowie dazugehörige Referenzwerte der deutschen Normstichprobe

4.3.1.5 Beschwerden des Bewegungsapparates

61,4% aller befragten Schweißer gaben an, in den letzten 12 Monaten unter Beschwerden im Bereich des Nackens gelitten zu haben. Über Beschwerden der Schulter berichteten 55,2%, des Ellenbogens 22,8% und der Hand 31,7%. Den Rücken betreffend gaben 35,9% der Befragten an mindestens einmal in den vergangenen 12 Monaten Beschwerden im Brustwirbelsäulenbereich gehabt zu haben und 71,0% im unteren Rücken/ Lendenwirbelbereich. Über Hüftbeschwerden berichteten lediglich 9,0%. 45,5% gaben an, dass eins oder beide Knie in den vergangenen 12 Monaten von Beschwerden betroffen war. Über Fuß oder Knöchelprobleme berichteten 15,9%.

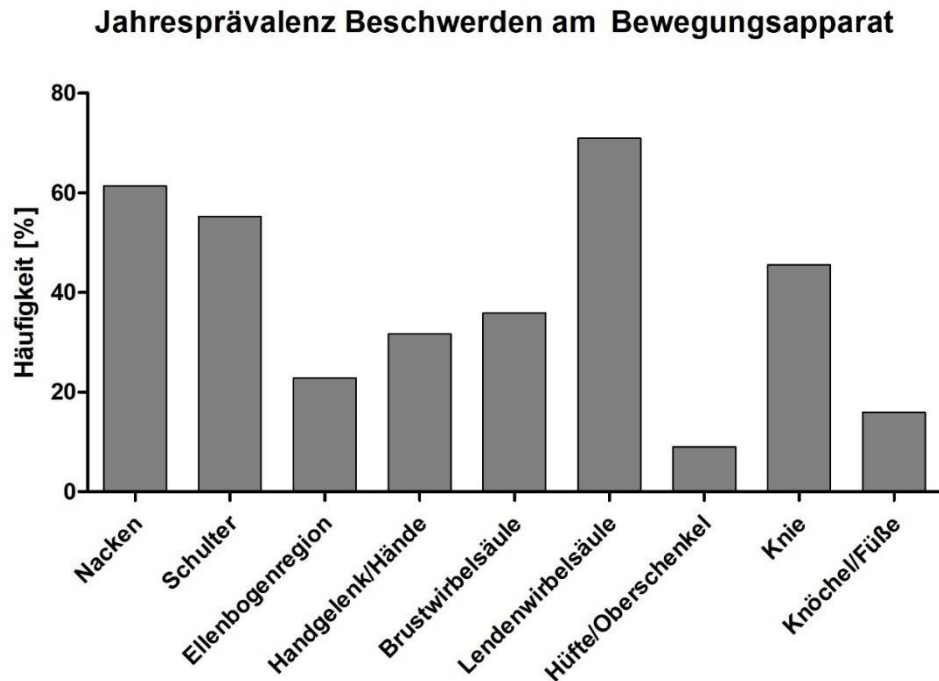


Abb.10: Häufigkeitsverteilung (%) der Jahresprävalenz von Beschwerden des Bewegungsapparates aufgeteilt nach Körperregionen

Die Befragung zu Fehlzeiten am Arbeitsplatz aufgrund Muskel-Skelett-Beschwerden ergab folgendes Resultat: 15,9% aller befragten Schweißer gaben an, in den letzten 12 Monaten aufgrund Beschwerden im Bereich des Nackens der Arbeit ferngeblieben zu sein. Ebenso viele waren es aufgrund von Schulterbeschwerden (15,9%), 9% wegen des Ellenbogens und 7,6% aufgrund Beschwerden der Hand. Den Rücken betreffend gaben 13,8% der Befragten an mindestens einmal in den vergangenen 12 Monaten wegen Beschwerden im Brustwirbelsäulenbereich auf der Arbeit gefehlt zu haben und 29,7% aufgrund Beschwerden im unteren Rücken/ Lendenwirbelbereich. Wegen Hüftbeschwerden blieben 2,1% der Arbeit fern 15,2% aufgrund einer oder beide Knie sowie 6,2% aufgrund einer Problematik an Fuß oder Knöchel.

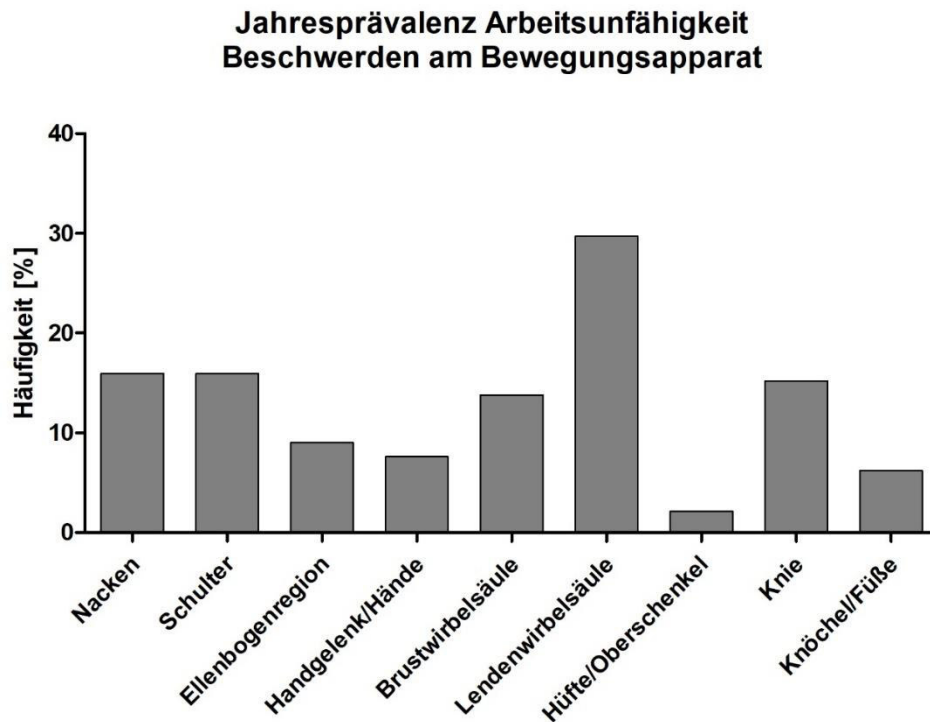


Abb. 11: Häufigkeitsverteilung (%) der Jahresprävalenz von Arbeitsunfähigkeit durch Beschwerden des Bewegungsapparates aufgeteilt nach Körperregionen

4.3.1.6 Arbeitsfähigkeit – Work-Ability-Index

Die Ergebnisse des *Work-Ability-Index* ergaben im Mittel eine wahrgenommene Arbeitsfähigkeit von $38,17 \pm 6,4$, welche durchschnittlich als gut zu bewerten ist.

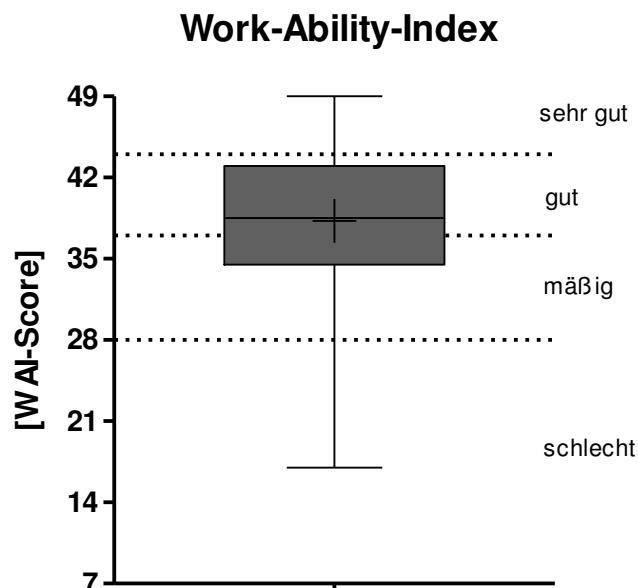


Abb. 12: Grafische Darstellung des Ergebnisses des Work-Ability-Index dargestellt als Box-Whisker-Plot (Whisker Min – Max)

4.3.1.7 Alltagsaktivität

Die Befragung der Alltagsaktivität ergab einen Mittelwert von 1427 ± 1625 metabolischen Äquivalenten pro Woche. Das Minimum beträgt 0 und das Maximum 9072 MET/Woche.

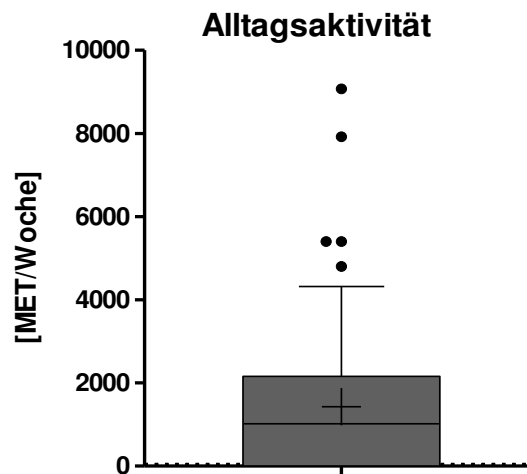


Abb. 13: Grafische Darstellung des Ergebnisses der Alltagsaktivität (metabolische Äquivalente pro Woche) dargestellt als Box-Whisker-Plot (Whisker 5. – 95. Perzentil)

Durch die Aufteilung der Probanden nach Aktivitätsgrad, in Anlehnung an Lee & Paffenberger (2000), ergaben sich folgende Verteilungen; 39% (52 Teilnehmer) gaben an sich weniger als die empfohlenen 600 MET/Woche zu bewegen. 12,5% (17TN) sind zwischen 600 und 1119 MET/Woche aktiv, 25% (34TN) zwischen 1200 und 2399 MET/Woche, 12,5% (17TN) zwischen 2400 und 3599 MET/Woche und 11% (15TN) setzten mehr als 3600 Metabolische Äquivalente durch Fortbewegung in ihrer Freizeit pro Woche um.



Abb. 14: Häufigkeitsverteilung (%) der Alltagsaktivität nach Aktivitätsgrad (MET/Woche)

4.3.2 Hauptzielkriterien

4.3.2.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die Probanden, welche eine Alltagsaktivität von weniger als 600 MET/Woche aufweisen, haben im Mittel einen Score von $46,11 \pm 7,94$ auf der körperlichen Summenskala des SF-12-Fragebogens. Diejenigen mit einer Alltagsaktivität zwischen 600 und 1199 weisen einen Score von $50,32 \pm 7,18$ auf, jene mit einer Alltagsaktivität von 1200 bis 2399 einen Score von $50,04 \pm 7,39$ und die Probanden, welche sich mit einem Energieaufwand von 2400 bis 3599 MET pro Woche bewegen hatten im Mittel ein Score von $49,81 \pm 9,38$. Den höchsten Score mit $52,29 \pm 4,64$ erreichten im Mittel die Probanden, welche die größte Alltagsaktivität über 3600 MET/Woche aufwiesen.

Insgesamt unterscheiden sich die Gruppen signifikant voneinander ($\chi^2(4)=16,465$, $p=0,002$, $w=0,33$) hinsichtlich ihrer Ausprägung auf der körperlichen Summenskala. Die Post-Hoc-Analyse konnte auf einen Unterschied zwischen dem Aktivitätsniveau <600 und 1200 – 2399 ($p=0,027$, $d=0,51$) sowie <600 und >3600 ($p=0,023$, $d=0,95$) hinweisen. Für die Aktivitätsgruppe <600 und 2400 – 3599 konnte ein tendenzieller Unterschied ermittelt werden ($p=0,056$, $d=0,43$).

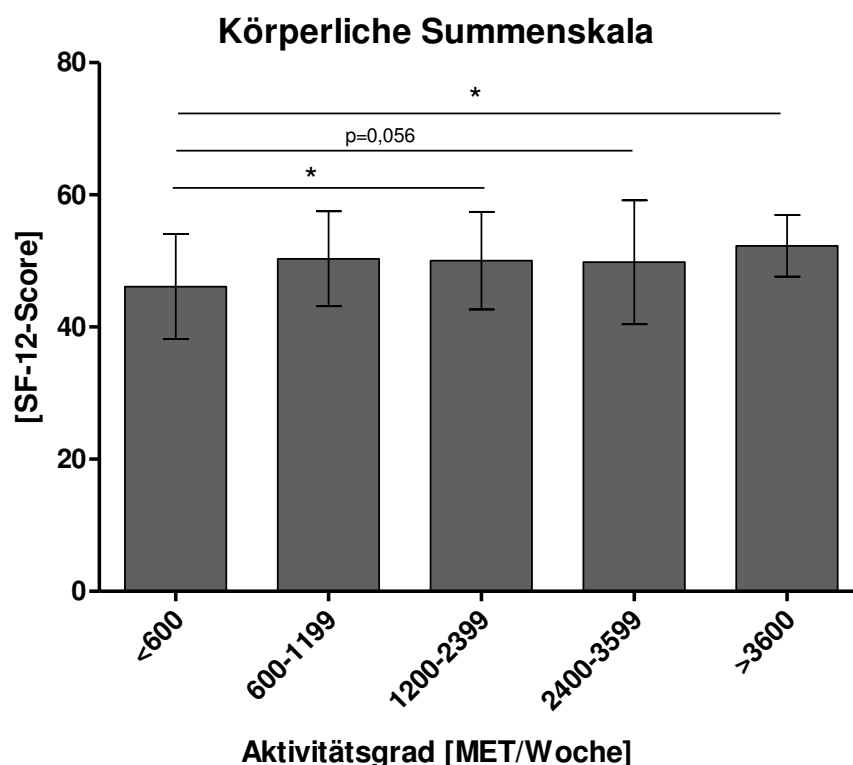


Abb. 15: Mittlere subjektive Lebensqualität anhand der körperlichen Summenskala des SF-12-Fragebogens in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$.

Die Fragebogenteilnehmer, welche eine Alltagsaktivität von weniger als 600 MET/Woche aufweisen, haben im Mittel einen Score von $44,18 \pm 10,76$ auf der psychischen Summenskala des SF-12-Fragebogens. Diejenigen mit einer Alltagsaktivität zwischen 600 und 1199 weisen einen Score von $49,90 \pm 7,76$ auf, jene mit einer Alltagsaktivität von 1200 bis 2399 einen Score von $49,11 \pm 8,89$ und die Probanden, welche sich mit einem Energieaufwand von 2400 bis 3599 MET pro Woche bewegen hatten im Mittel ein Score von $48,40 \pm 9,38$. Ebenfalls den höchsten Score mit $52,52 \pm 6,86$ erreichten im Mittel die Probanden, welche die größte Alltagsaktivität über 3600 MET/Woche aufwiesen.

Insgesamt konnte ein signifikanter Haupteffekt ermittelt werden ($\chi^2(4)=12,177$, $p=0,016$, $w=0,29$). Post-Hoc wurde nur ein Unterschied zwischen dem Aktivitätsniveau <600 und >3600 ($p=0,026$, $d=0,92$) nachgewiesen.

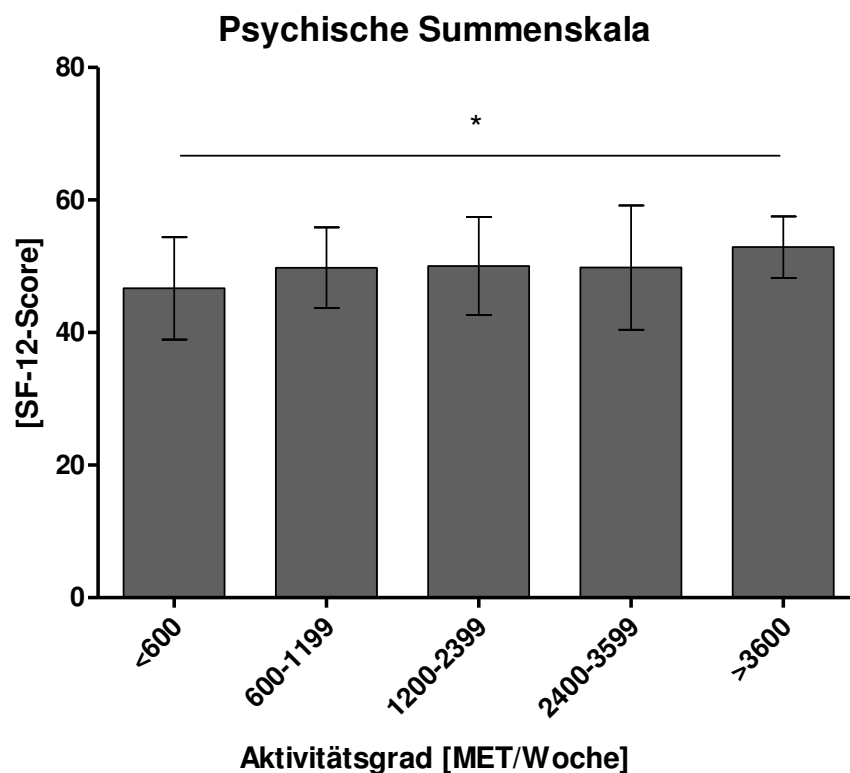


Abb. 16: Mittlere subjektive Lebensqualität anhand der psychischen Summenskala des SF-12-Fragebogens in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$

4.3.2.2 Work-Ability-Index

Für die Ergebnisse der subjektiven Arbeitsfähigkeit, anhand des *Work-Ability-Index*, ergab sich in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades folgendes Resultat. Die Probanden, welche sich weniger als 600 MET/Woche bewegen, weisen anhand des *WAI*-Fragebogens im Mittel einen Score von $35,32 \pm 6,27$ auf. Diejenigen mit einer Alltagsaktivität zwischen 600 und 1199 weisen einen Score von $39,76 \pm 4,77$ auf, jene mit einer Alltagsaktivität von 1200 bis 2399 einen Score von $40,12 \pm 6,46$ und die Probanden welche sich mit einem Energieaufwand von 2400 bis 3599 MET pro Woche Bewegen hatten im Mittel ein Score von $39,38 \pm 6,67$. Auch bei diesem Fragebogen erzielten die Teilnehmer mit dem der größte Alltagsaktivität, über 3600 MET/Woche, den höchsten Fragebogenscore ($40,60 \pm 4,72$).

Insgesamt kann ein signifikanter Haupteffekt mit $F(4,131)=4,878$, $p \leq 0,001$, $\eta^2_{\text{partial}} = 0,130$ beobachtet werden. Post-Hoc konnten Unterschiede zwischen dem Aktivitätsniveau <600 und $600 - 1199$ ($p=0,049$, $d=0,80$), <600 und $1200 - 2399$ ($p=0,009$, $d=0,75$) sowie zwischen <600 und >3600 ($p=0,024$, $d=0,86$) ermittelt werden.

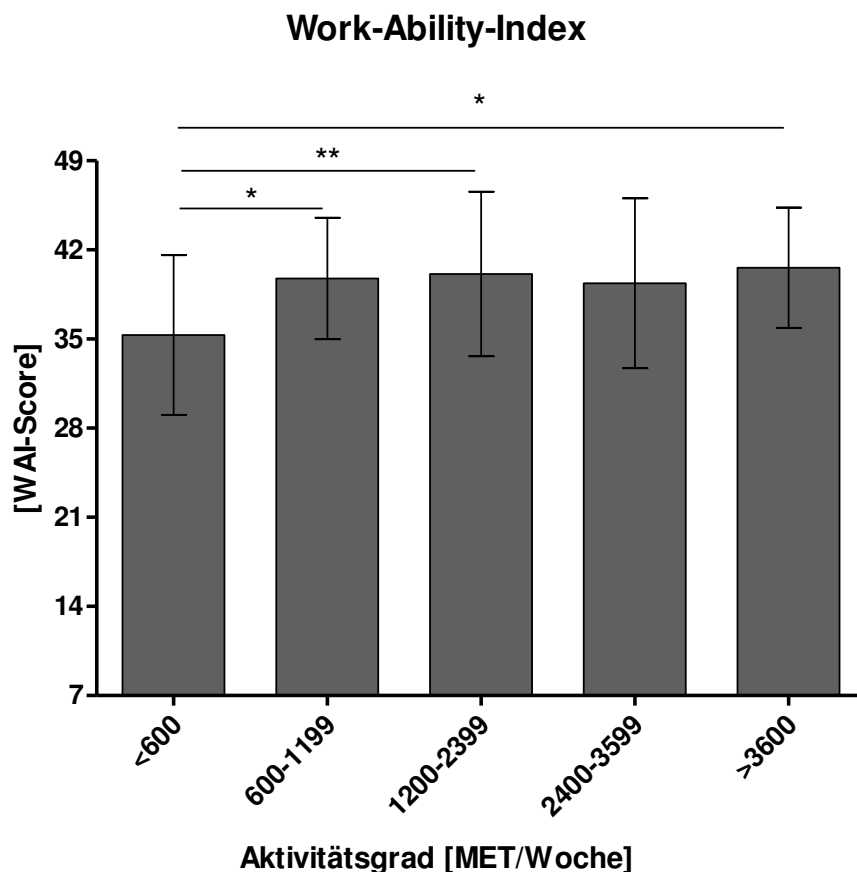


Abb. 17: Mittlere wahrgenommene Arbeitsfähigkeit anhand des Work-Ability-Index in Abhängigkeit des Aktivitätsgrades. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$

4.3.3 Nebenzielkriterien

Die Ergebnisse bzw. entsprechenden p-Werte der Einfaktoriellen Varianzanalyse bzw. t-Test für unabhängige Stichproben der Nebenzielparameter sind in Tabelle 4 dargestellt. Es ergab, dass sich die subjektive Arbeitsfähigkeit hinsichtlich des Schulabschlusses/ Bildungsstatus unterscheidet ($F(3,140)=5,082$, $p=0,002$, $\eta^2=0,098$). Der Post-Hoc-Vergleich liefert Hinweise, dass sich alle Schulabschlüsse statistisch relevant von den Fragebogenteilnehmern ohne Schulabschluss (Score: $26,75 \pm 13,8$) unterscheiden (kein Abschluss vs. Hauptschulabschluss [$37,39 \pm 6,11$]: $p=0,017$, $d=0,99$; kein Abschluss vs. Realschulabschluss [$38,60 \pm 6,20$]: $p=0,008$, $d=1,11$; kein Abschluss vs. Abitur [$43,30 \pm 4,0$]: $p \leq 0,001$, $d=1,63$). Darüber hinaus konnten Unterschiede zwischen den Bildungsgruppen Hauptschule vs. Abitur ($p=0,006$, $d=1,14$) und Realschulabschluss vs. Abitur ($p=0,024$, $d=0,90$) festgestellt werden. Hinsichtlich der Bewertung der körperlichen Gesundheit und dem Schulabschluss konnte zwar ein statistisch auffälliger Haupteffekt ermittelt werden ($\chi^2(3)=8,441$, $p=0,038$, $w=0,24$) jedoch ergab die Post-Hoc-Analyse lediglich Tendenzen zwischen Hauptschule und Abitur ($47,8 \pm 8,2$ vs. $54,1 \pm 3,1$).

Die Analyse weiterer Soziodemographischer sowie berufsspezifischer Variablen ergab keine statistischen Auffälligkeiten.

Weitere Unterschiede bzgl. Gesundheit, Arbeitsfähigkeit und Bewegungsverhalten konnten jedoch hinsichtlich des Risikoverhaltens von Alkohol- und Tabakgenuss ermittelt werden. So weisen die Ergebnisse darauf hin, dass Raucher ihre körperliche wie auch psychische Gesundheit (KSK: $48,04 \pm 6,96$ / PSK: $46,05 \pm 9,91$) schlechter einschätzen als Nichtraucher (KSK: $49,45 \pm 8,21$ / PSK: $49,09 \pm 9,76$) (KSK: $U=2131,5$, $p=0,020$, $d=0,20$; PSK: $U=2104,5$, $p=0,015$, $d=0,31$). Raucher bewegen sich zudem signifikant weniger als Nichtraucher ($980,5 \pm 1203,2$ vs. $1840,9 \pm 1860,1$) ($t(133)=3,165$, $p=0,002$, $d=0,55$). Auch für den Faktor Alkoholkonsum wurden Unterschiede hinsichtlich Gesundheitswahrnehmung (KSK: $U=1142,5$, $p=0,013$, $d=0,50$) und Arbeitsfähigkeit ($t(143)=3,272$, $p \leq 0,001$, $d=0,61$) ermittelt. So weisen die Befragten mit einem riskanten Alkoholkonsum niedrigere Werte bei der körperlichen Gesundheit ($49,39 \pm 7,72$ vs. $46,16 \pm 7,78$) sowie der Arbeitsfähigkeit ($39,18 \pm 5,80$ vs. $35,23 \pm 7,40$) auf. Zudem bewegen sich die Befragten mit einem riskanten Alkoholkonsum, im Durchschnitt nur $833,10 \pm 1243,52$ MET/Woche, im Vergleich zu den Befragten ohne riskanten Konsum, mit $1616,93 \pm 1690,49$ MET/Woche, statistisch auffällig weniger ($t(134)=2457$, $p=0,015$, $d=0,53$).

Tab. 4: P-Werte der statistischen Analysen zu Mittelwertunterschieden ausgewählter soziodemographischer und berufsspezifischer Variablen sowie des Risikoverhaltens auf die Scores der körperlichen Summenskala (KSK), psychischen Summenskala (PSK), Work-Ability-Index (WAI) und des Global Physical Activity Questionares (GPAQ).

Variablen	KSK	PSK	WAI	GPAQ
Schulabschluss	0,058	0,066	0,002	0,468
Migrations- hintergrund	0,655	0,381	0,553	0,140
Schweißverfahren	0,711	0,576	0,330	0,833
Schichtdienst	0,411	0,658	0,125	0,578
Schweißer- ausbildung	0,815	0,850	0,985	0,610
Hilfsmittel	0,131	0,128	0,130	0,864
Rauchverhalten	0,020	0,015	0,287	0,002
Alkoholkonsum	0,013	0,280	≤0,001	0,015

4.4 Studie I – Diskussion

4.4.1 Deskriptive Auswertung

4.4.1.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die vorliegenden Daten weisen darauf hin, dass sich die befragten Schweißer, sowohl in ihrer körperlichen wie auch psychischen gesundheitsbezogenen Lebensqualität, deutlich schlechter bewerten als die Referenzpopulation der deutschen Normstichprobe. Neben der deutschen Normstichprobe wurden auch Referenzwerte im Rahmen der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1) erhoben. Diese stimmen weitestgehend mit den bisherigen überein, erlauben jedoch auch die Betrachtung nach dem sozialen Status. Begutachten man die erhobenen Werte der vorliegenden Studie der körperlichen Summenskala von 48,8 und der psychischen Summenskala von 47,6, so sind die Ergebnisse vergleichbar mit den Resultaten des „niedrigen Sozialstatus“ aus DEGS1 (körperliche Summenskala: 48,7; psychische Summenskala: 48,8). Viele Studien konnten bereits zeigen, dass Personen mit einem niedrigeren sozialen Status auch geringe Werte bei der gesundheitsbezogenen Lebensqualität erzielten (Laguardia, Campos, Travassos *et al.*, 2011; Taft, Karlsson & Sullivan, 2002). Auch wenn dies aus der im theoretischen Hintergrund beschriebene gesundheitliche Lage, hinsichtlich häufiger Fehlzeiten aufgrund Beschwerden des Bewegungsapparates, das Resultat vermuten lässt, so sollte das Konstrukt der subjektiven Gesundheit etwas differenzierter Betrachtet werden. Erkrankungen und Leiden beeinflussen zwar die subjektive Gesundheit, jedoch fließen weitere individuelle Aspekte der Gesundheitseinschätzung wie emotionale, soziale und verhaltensbezogene Komponenten mit in die Bewertung ein. Daher sollte das Modell der subjektiven Gesundheit als multidimensionales Konstrukt zur Beschreibung der körperlichen Funktionsfähigkeit und des psychischen Wohlbefindens gesehen werden (RKI, 2015; Ellert & Kurth, 2013).

4.4.1.2 Beschwerden des Bewegungsapparates

Die vorliegenden Daten des Nordischen-Fragebogens zu Beschwerden des Bewegungsapparates bestätigen die Ergebnisse von Herberts *et al.* (1981), Törner *et al.* (1991) und Vieira und Kumar (2007) in denen überwiegen Beschwerden im Bereich des unteren Rückens sowie des Nackens bei Schweißern gefunden werden konnten. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass v.a. Beschwerden des unteren Rückens mit 71% aller befragten vorlagen, dicht gefolgt von Beschwerden des Nackens (61,4%). Zwar

waren die Häufigkeiten von beschwerdebedingten Fehlzeiten wesentlich niedriger, dennoch zeigte die Verteilung das gleiche Bild. Beschwerden des unteren Rückens führen am häufigsten zu Fehlzeiten aufgrund Beschwerden des Bewegungsapparates. Diese Körperregionen scheinen aufgrund der Tätigkeit besonders vulnerabel und verletzungsanfällig zu sein. Aus diesem Grund sollten Präventionskonzepte besonders hierauf ihren Fokus legen, um Belastungen zu reduzieren und Beanspruchungen zu mindern.

4.4.1.3 Arbeitsfähigkeit – Work-Ability-Index

Die Arbeitsfähigkeit aller Befragten wird im Mittel mit 38,2 Punkten auf dem Work-Ability-Index bewertet und liegt damit nur knapp über dem Grenzwert zur mäßigen Arbeitsfähigkeit (<37,0). Insgesamt zeigt sich eine Streuung in alle Abstufungen wobei 75% aller Befragten im guten bis mäßigen Bereich wiederzufinden sind. In einer Studie von Tuomi *et al.* (2004) wurden manuelle Arbeiter der Metallindustrie befragt und gaben im Mittel einen WAI-Wert von 40 an und lagen damit vergleichsweise höher als die Schweißer der vorliegenden Population. Das Konstrukt der Arbeitsfähigkeit bezeichnet die Summe der Faktoren die eine Person dazu befähigt, eine Arbeitsaufgabe erfolgreich zu absolvieren (Treier, 2016). Auch in diesem Fall wird wieder von einem multidimensionalen Ansatz ausgegangen, welches neben der rein körperlichen Gesundheit auch psychische Aspekte sowie Motivation berücksichtigt. In einem Review von van den Berg *et al.* (2009) wurden eine Reihe von individuellen wie auch arbeitsbedingten Faktoren ermittelt, welche die Arbeitsfähigkeit beeinflussen können. Hierzu zählten beispielsweise eine niedrige muskuläre Kapazität, höheres Alter, Übergewicht, hohe mentale Arbeitsanforderung, Fehlen von Autonomie, schlechte Arbeitsumgebung, hohe körperliche Arbeitsbelastung und geringe körperliche Aktivität in der Freizeit. In der Summe können die Ergebnisse des Work-Ability-Index und der subjektiven Gesundheitswahrnehmung durchaus verglichen werden. So geben die Dimensionen 3, 4, 5 und 7 des WAI Auskunft über aktuelle Erkrankungen, das gesundheitliche Befinden, Anzahl von Krankheitstagen und körperliche sowie psychische Ressourcen und tragen maßgeblich zum Ergebnis bzw. zur Ausprägung des Work-Ability-Index bei (Alavinia, van Duivenhooften & Burdorf, 2007). Darüber hinaus existieren Untersuchungen über den Zusammenhang von Arbeitsfähigkeit und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Diese konnten eine hohe Korrelation zwischen Work-Ability-Index und der körperlichen sowie psychischen Summenskala des SF-36-Fragebogens darstellen (Sørensen *et al.*, 2008).

4.4.1.4 Alltagsaktivität

Die Befragung der Alltagsaktivität ergab einen Mittelwert von 1427 MET/Woche. Aufgeteilt nach Aktivitätsniveaus und der Vorgabe der WHO mindestens 600MET/Woche bzw.

2,5h moderate oder 75 Min. intensive Aktivität pro Woche umzusetzen wurden die Daten ausgewertet. Insgesamt erreichen nach eigenen Angaben 39% der Schweißer die Vorgaben, außerhalb vom Beruf, diesem Umfang nachzukommen nicht. Verglichen mit der deutschen Bevölkerung, welche im Rahmen Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell 2012“ befragt wurde, erreichen hier sogar 56,4% der Männer die Vorgaben nicht. Somit zeigt sich das Kollektiv der Schweißer körperlich aktiver als der deutsche Durchschnitt.

4.4.2 Hauptzielkriterien - Gesundheitsbezogene Lebensqualität, Arbeitsfähigkeit und Alltagsaktivität

Die Ergebnisse der Fragebogenstudie zeigen, dass sich sowohl die gesundheitsbezogene Lebensqualität in Abhängigkeit des Aktivitätsniveaus als auch hinsichtlich der Arbeitsfähigkeit (*Work-Ability*) bei der Studienpopulation der Schweißer unterscheidet. Ein höheres freizeitliches Aktivitätsniveau >600 MET/Woche geht dementsprechend mit einer höheren subjektiven Gesundheitswahrnehmung und Arbeitsfähigkeit einher. Aus diesem Grund kann die aufgestellte Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden.

Betrachtet man zunächst die Ergebnisse der körperlichen Summenskala, so kann festgestellt werden, dass die Befragten, welche sich weniger als die von der WHO empfohlenen 600 MET/Woche bewegen, ihre Gesundheit am schlechtesten bewerten. Ein Aktivitätsniveau mit einem wöchentlichen Energieumsatz von über 1200 MET/Woche kann bereits zu einer verbesserten körperlichen gesundheitsbezogenen Lebensqualität führen. Den größten gesundheitlichen Vorteil scheinen jedoch die Personen zu haben, welche der höchsten Aktivitätsstufe zugeordnet werden konnte. Mit einer Effektstärke von 0,91 kann die relevante Differenz und somit die Bedeutsamkeit zur geringen Alltagsaktivität als groß eingestuft werden. Ähnliche Resultate zeigen sich auch für die psychische Summenskala. Die niedrigsten Werte wurden erneut bei den Personen mit einer Aktivität von <600 MET/Woche festgestellt. Unterschiede zwischen den Aktivitätsgruppen zeigen sich jedoch nur zwischen der niedrigsten und der höchsten Gruppe >3600 MET/Woche, wenngleich dieser Unterschied erneut mit einem großen Effekt von 0,92 einhergeht.

Mehrere Studien konnten bereits auf den Zusammenhang von körperlicher Aktivität und der subjektiven Gesundheitswahrnehmung deuten (Huang, *et al.*, 1998; Hillsdon *et al.*, 2005; Riise *et al.*, 2003). Die vorliegenden Ergebnisse, hinsichtlich des Aktivitätsniveaus im Alltag und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, können mit verschiedenen Studien verglichen werden. Lathi *et al.* (2010) untersuchten den Einfluss der Freizeitaktivität auf die physische Gesundheit (körperliche Summenskala) anhand des SF-36-Fragebo-

gens bei berufstätigen. Die Arbeitsgruppe zeigte, dass Inaktive die schlechteste Gesundheitswahrnehmung aufwiesen und besonders jene Befragten mit einer hohen Alltagsaktivität über eine bessere subjektive Gesundheit berichten als Inaktive oder gering Aktive. Vuillemin *et al.* (2005) konnten darlegen, dass aktivere Personen sowohl über eine bessere psychische wie auch physische Gesundheit (SF-36-Score) berichten. Auch in dieser Studie wiesen v.a. die Personen mit einer hohen Alltagsaktivität die höchsten Score-Werte auf. Leino-Arjas *et al.* (2004) untersuchten das Aktivitätsniveau u.a. bei Industriearbeitern und kamen speziell bei dieser Population zu dem Ergebnis, dass die Gesamtaktivität, inklusive bereits geringen Freizeitbetätigungen, zu einer Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit, gemessen am SF-36, führt.

Analysiert man die Ergebnisse des Work-Ability-Index im Vergleich zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, so kann auch hier festgestellt werden, dass die Befragten, welche sich weniger als 600 MET/Woche bewegen, ihre Arbeitsfähigkeit am schlechtesten bewerten. Allerdings zeigen die Ergebnisse auch, dass bereits ab einem Aktivitätsniveau von 600-1199 MET/Woche eine deutliche Steigerung der Arbeitsfähigkeit beobachtet werden kann. Dabei wurde eine große Effektstärke von 0,80 festgestellt. Die Unterschiede setzten sich, bis auf das Aktivitätslevel von 2400 – 3599 MET/Woche, zum höchsten Aktivitätsniveau fort. Auch in diesem Fall kann die größte Effektstärke für das Aktivitätsniveau >3600 ermittelt werden. Für das Konstrukt der Arbeitsfähigkeit gibt es ebenfalls vergleichbare Studien. So konnte in einer Untersuchung von Kaleta *et al.* (2006) gezeigt werden, dass eine geringere Aktivität von 1000kcal Umsatz pro Woche mit geringeren Werten der Arbeitsfähigkeit, gemessen am Work-Ability-Index, einhergeht. Auch Alavinia, Duivenhooden und Burgdorf (2007) stellten in ihrer Studie bei Konstruktionsmechanikern der niederländischen Industrie fest, dass körperliche Aktivität in der Freizeit die subjektive Arbeitsfähigkeit positiv beeinflusst, wobei auch hier eine höhere Aktivität als prognostisch günstiger zu bewerten ist.

Insgesamt zeigen die Resultate der vorliegenden Studie sowie bereits durchgeführte Untersuchungen übereinstimmend, dass sich regelmäßige körperliche Aktivität in der Freizeit positiv auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität und die Arbeitsfähigkeit auswirkt. Prognostisch scheint sich eine höhere Freizeitaktivität als besonders günstig auszuwirken. So konnte sowohl in dieser wie auch anderen Studien der größte Effekt zwischen der niedrigsten und höchsten Aktivitätsstufe ermittelt werden.

Hinsichtlich der Ursache, dass Personen mit einer höheren Alltagsaktivität ihre gesundheitsbezogene Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit besser bewerten, müssen verschiedene Punkte diskutiert werden. Zum einen muss sicherlich die Perspektive genannt wer-

den, dass Personen mit einer verbesserten Gesundheitswahrnehmung oder Arbeitsfähigkeit eher zur körperlichen Aktivität neigen, als jene mit bereits funktionellen Einschränkungen oder einer ohnehin verminderten Fitness (Leinos-Arjas et al., 2004). Zum anderen könnte natürlich auch die gesteigerte gesundheitsbezogene Lebensqualität als Effekt eines gesteigerten aktiven Lebensstils interpretiert werden, da ein hohes Aktivitätsniveau mit zahlreichen positiven körperlichen (Lee et al., 2011; Haskell et al., 2007; Warburton, Nicol & Bredin, 2006) wie auch kognitiv/ mentalen (Hartfiel et al., 2001) Adaptationen einhergeht. Körperlich betrachtet, kann regelmäßige Aktivität nicht nur die kardiopulmonale Fitness fördern, sondern auch Symptome und Beschwerden des Bewegungsapparates mindern. Hildebrand et al. (2000) konnte in seinem Review erste Hinweise darauf finden, dass eine gesteigerte Alltagsaktivität muskuloskelettale Beschwerden und Krankheit vermindert. Auch Morken, Mageroy und Moen (2007) konnten dies beobachten. Speziell für Beschwerden des Nackens oder der oberen Extremitäten wurde dies in einer Untersuchung von van den Heuvel et al. (2004) nachgewiesen. Eine Studie von Vieira, Kumar und Narayan beschäftigten sich speziell mit der Population der Schweißer und Krankenpfleger (2008). Aus ihren Ergebnissen kann abgeleitet werden, dass Schweißer, welche rauchen und sich nicht regelmäßig bewegen, ein zweifach höheres Risiko haben an unteren Rückenschmerzen zu leiden.

Die gesteigerte Alltagsaktivität scheint sich insgesamt besonders günstig auf die subjektive körperliche Gesundheitswahrnehmung und Arbeitsfähigkeit auszuwirken und zwar dies schon ab einem geringen Umfang. Da der Beruf des Schweißers mehrheitlich durch körperliche Arbeitsanforderungen geprägt ist kann davon ausgegangen werden, dass die Steigerung der körperlichen Aktivität vermutlich zur Erhöhung der körperlichen Ressourcen führt und sich besonders förderlich auf die subjektiven Dimensionen der körperlichen Gesundheit und Arbeitsfähigkeit auswirkt.

4.4.3 Auswertung soziodemographischer und berufsspezifischer Parameter, Risikoverhalten sowie der Nebenzielkriterien

Wie bereits in verschiedenen Untersuchungen angeklungen ist, kann die körperliche Aktivität nicht als einziger Faktor betrachtet werden. Vielmehr fließen weitere Ursachen in die Bewertung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität oder Arbeitsfähigkeit ein und müssen daher als multifaktorielle Modelle angesehen werden (Lathi et al., 2010; Kaleta et al., 2006; Vuillemin et al., 2005; Leino-Arjas et al. 2004; Päivi, 1993). Die Interpretation einzelner Ergebnisse sollte daher mit Vorsicht geschehen. Aus diesem Grund werden im Folgenden weitere Faktoren betrachtet, welche im Rahmen der Fragebogenerhebung ermittelt und im Zuge der Nebenzielanalyse ausgewertet wurden.

4.4.3.1 Soziodemografische Parameter

Die deskriptive Auswertung zeigt, mit dem Verhältnis von 147 Männer zu 2 Frauen, dass der Beruf des Schweißers überwiegend von dem männlichen Geschlecht dominiert wird. Diese Zahlen werden auch vom Statistischen Bundesamt, welche im Rahmen des Mikrozensus 2015 erhoben wurden, unterstützt. In diesem wurden 481 Personen aus dem Berufsfeld „Metallbau und Schweißtechnik“ befragt, wovon lediglich 13 Personen weiblich waren. „Der Arbeitsmarkt ist insofern nicht geschlechtsneutral, sondern ist bis heute stark am Ideal einer rationellen Arbeitsorganisation und dem männlichen Normalarbeitsverhältnis orientiert (*gendered organisation*)“ (RKI, 2014, S.161). Die deutlich unterschiedliche Besetzung von wirtschaftlichen Berufszweigen und Tätigkeiten von Männern und Frauen wird dabei als horizontale Segregation (Dressel, 2005) bezeichnet. Besonders im Bereich der körperlichen Arbeitsbelastungen zeigt sich, dass Männer in ihrem Beruf häufiger Schmutz, Lärm, Rauch oder externen Temperaturen ausgesetzt sind oder Belastungen, wie das Tragen von Schutzkleidungen oder das Bewegen von schweren Lasten, bewältigen müssen (Wittig, Nöllenheidt & Brenscheidt, 2013). Ursächlich für die unterschiedliche Besetzung sind nach wie vor traditionelle Rollenverständnisse und Sozialisationsprozesse von Männern und Frauen in unserer Gesellschaft. Körperlich fordernde Berufe in Industrie und Handwerk werden nach wie vor wesentlich häufiger von Männern gewählt als von Frauen (RKI, 2014; Pollmann-Schlut, 2009).

Betrachtet man das männliche Geschlecht im Kontext der allgemeinen Gesundheit, so lässt sich ein klarer Unterschied von Gesundheitsstatus, Gesundheitsverhalten und Inanspruchnahme von Präventionsangeboten zwischen Männern und Frauen feststellen. Viele Erkrankungs- oder Todesursachen können auf gesundheitliches Risikoverhalten zurückgeführt werden. Daten zeigen, dass das Gesundheitsverhalten von Männern riskanter ist. Sie rauchen häufiger als Frauen, trinken mehr Alkohol in gesundheitsriskanten Mengen, bewegen sich zu selten, ernähren sich weniger gesund und weisen generell ein höheres Risikoverhalten (Gewalt, Drogen) auf. Dabei wird deutlich, dass soziokulturell geprägte Geschlechterrollen sowie die biologische Komponente einen wesentlichen Einfluss auf das Gesundheitsverhalten haben (RKI, 2015; Hapke, Lippe & Gaertner, 2013; Pauli & Hornberg, 2010).

Untersuchungen zum Gesundheitsstatus der deutschen Bevölkerung weisen darüber hinaus auch auf klare Zusammenhänge zu dem sozioökonomischen Status und Bildungsniveau hin und dass in diesem Bereich ein „sozialer Gradient“ besteht (RKI, 2015). In der vorliegenden Erhebung wird deutlich, dass der Großteil der Befragten (93,2%) einen geringqualifizierenden Schulabschluss erworben haben und somit einem niedri-

gen bis mittleren Bildungsstatus zugeordnet werden. Erhebungen des Bundesgesundheitsministeriums zeigen, dass Menschen mit niedrigerem Bildungsstatus ihren subjektiven Gesundheitsstatus schlechter einschätzen, häufiger an chronischen Erkrankungen leiden und damit einhergehen öfter vorzeitig sterben. Die Unterschiede in Gesundheit und Sterblichkeit in Abhängigkeit des Bildungsniveaus werden dabei auf ein differenziertes Gesundheitsverhalten zurückgeführt. So spielen das gesundheitsbezogene Wissen, persönliche Einstellungen und Handlungskompetenzen eine bedeutsame Rolle für das Gesundheitsverhalten. Menschen aus einer niedrigeren Bildungsgruppe rauchen häufiger, bewegen sich seltener in ihrer Freizeit, ernähren sich ungesünder und nehmen seltener Präventionsangebote in Anspruch (RKI, 2015). Diese Ergebnisse können auch weitestgehend in der vorliegenden Studie ermittelt werden. Am schlechtesten fiel die Bewertung der Arbeitsfähigkeit bei den Schweißern ohne Schulabschluss aus und am besten bei den Personen mit Abitur. Tendenziell wurde dies auch für die gesundheitsbezogene Lebensqualität beobachtet. Für die Untersuchung hinsichtlich der Arbeitsfähigkeit können vergleichbare Resultate in anderen Studien gefunden werden. So untersuchten van den Berg *et al.*, 2008 und Aittomäki, Lahelma & Ross 2003 den Einfluss sozioökonomischer Faktoren und konnten beobachten, dass eine niedrigere Schulbildung mit einer geringeren Bewertung Arbeitsfähigkeit einhergeht. In der Summe können die Ergebnisse des *Work-Ability-Index* und der subjektiven Gesundheitswahrnehmung durchaus verglichen werden (vgl. Kap. 4.4.2).

Zusätzlich wurde in diesem Fragebogen der Familienstand erhoben, da auch in diesem Bereich Studien belegen, dass die Lebensform einen Einfluss auf die Gesundheit hat. So zeigen zahlreiche Untersuchungen, dass das Mortalitätsrisiko für Alleinstehende signifikant größer ist, als für Menschen in Partnerschaft. Dabei ist dieses Risiko für alleinstehende Männer größer, als das der Frauen. Außerdem zeigt sich dieses Korrelat auch in dem Gesundheitsverhalten wieder (Roelfs *et al.*, 2011; Brockmann & Klein, 2002). Die vorliegenden Daten zeigen, dass 41% aller Befragten verheiratet sind. 53% sind ledig und 6% geschieden. Über alleinstehend oder nicht kann zumindest bei den beiden letztgenannten keine genaue Differenzierung vorgenommen werden. Auch zeigten sich in der Nebenzielanalyse keine Unterschiede zwischen Familienstand und Gesundheit, Arbeitsfähigkeit oder Bewegungsverhalten.

Fast alle Fragebogenteilnehmer standen in einem vollbeschäftigten Arbeitsverhältnis (91,8%) weshalb der Faktor „Beschäftigungsverhältnis“ nicht näher betrachtet wird.

8,8% der Befragten gaben an, selbst nach Deutschland migriert zu sein. Der Migrationshintergrund im Kontext von Beruf und Gesundheit spielt aktuell eine immer zunehmende Rolle, in Zeiten von hoher Zuwanderung nach Deutschland. So wurden im Jahr 2016

insgesamt 22,5% der Gesamtbevölkerung als Menschen mit Migrationshintergrund identifiziert. Davon sind 15,4% selbst zugewandert und entsprechen Personen mit Migrationshintergrund der 1. Generation. Insgesamt unterscheiden sich Menschen mit und ohne Migrationshintergrund nur wenig in ihrer Gesundheit, wobei die Datenlage insgesamt lückenhaft ausfällt (RKI, 2015). Es kann davon ausgegangen werden, dass zunächst häufig junge Menschen aus Herkunftsländern auswandern und das Gesundheitsbild verzerren. Mit zunehmender Lebensdauer in Deutschland machen sich jedoch auch gesundheitliche Nachteile bemerkbar. Als ein Grund für eine schlechtere Gesundheit wird die häufig niedrigere soziale Lage diskutiert. Darüber hinaus tragen Menschen mit Migrationshintergrund ein höheres Infektionsrisiko, rauchen häufiger und nehmen seltener Präventionsangebote in Anspruch (RKI, 2015; Brzoska, Reiss & Razum, 2010). Für den Migrationshintergrund konnten keine Unterschiede hinsichtlich Gesundheit, Arbeitsfähigkeit oder Bewegungsverhalten ermittelt werden. Möglicherweise war die Fallzahl mit $n=13$ zu gering, um statistisch relevante Merkmale zu identifizieren. Außerdem wurden nur Migration der 1. Generation berücksichtigt. Nachkommen von Einwanderern wurden hierdurch nicht berücksichtigt, was einen Einfluss auf die Ergebnisse haben könnte.

4.4.3.2 Berufsspezifische Parameter

Hinsichtlich der berufsspezifischen Parameter der Schweißer gibt es kaum Evidenzen zu einzelnen Variablen, weshalb diese als explorative Analyse herangezogen werden kann. Lediglich zur Schichtarbeit liegen inzwischen viele Untersuchungen vor. Die vorliegenden Daten zeigen, dass der Beruf des Schweißers durchaus mit dem einhergehen von Schichtarbeit verbunden ist. Insgesamt 58,8% gaben an ihren Beruf in einem Schichtsystem nachzugehen, wobei 30,4% in einem 2-Schicht-System (i.d.R. Frühschicht – Spätschicht) und 28,4% in einem 3-Schicht-System (i.d.R. Frühschicht – Spätschicht – Nachtschicht) arbeiten. Die Schichtarbeit, besonders die Nachtschicht, sind dabei mit einem erhöhten Risiko für verschiedene Erkrankungen verbunden. Als Hauptursache kann hierfür durch das Arbeiten zu unterschiedlichen Tageszeiten gemacht werden, wodurch sich eine Verschiebung des endogenen Zirkadianrhythmus einstellt. Dieser Rhythmus stellt die wichtigste biologische Funktion für Müdigkeit und Wachheit dar und wird von vielen endogenen wie exogenen Faktoren beeinflusst. Der Wichtigste äußere Zeitgeber ist der Tag-Nacht bzw. Hell-Dunkel-Rhythmus (Angerer & Petru, 2010). Die Schichtarbeit führt letztendlich zu einer Verschiebung des Schlaf-Wach-Rhythmus, der Arbeitszeit und der äußeren Umwelt. Daraus können sich, wie wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, Schlafprobleme ergeben, welche sich negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirken und Unfallgefahren am Arbeitsplatz erhöhen. Es steigt das Risiko für

koronare Herz-Kreislaufkrankungen, funktionelle gastrointestinale Beschwerden oder es resultiert eine gestörte Glukosetoleranz (Vyas *et al.*, 2012; Knutsson & Boggild, 2010; Folkard, 2008). Entgegen der Evidenz zur gesundheitlichen Auswirkung von Schichtarbeit konnten in dieser Arbeit keine Unterschiede hinsichtlich der Schichtdienste und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, Arbeitsfähigkeit oder Bewegungsverhalten festgestellt werden. Vorliegende Untersuchungen zur subjektiven Gesundheit oder Arbeitsfähigkeit zeigen dabei durchaus unterschiedliche Resultate. Atlantis *et al.* (2004) konnten keine Unterschiede von Schichtarbeit auf die Bewertung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität finden. Safari *et al.*, 2013 sowie Costa *et al.*, 2005 konnten durchaus Unterschiede bzw. niedrigere Werte bei Arbeitnehmer im Schichtdienst in der Bewertung der subjektiven Arbeitsfähigkeit ermitteln. Da in der vorliegenden Studie zahlreiche unterschiedliche Unternehmen miteinbezogen wurden, kann vermutlich von verschiedenen Handhabungen des Schichtsystems der Unternehmen ausgegangen werden. Die Daten sind daher möglicherweise nur bedingt vergleichbar, da sich verschiedene Schichtsystem unterschiedlich auf die gemessenen Parameter auswirken können. Von gesundheitlichem Vorteil sind dabei v.a. Schichtsysteme die vorwärts Rotieren (Früh-, Spät-, Nachtschicht), nach einer Nachtschicht mindestens 24h Freizeit einräumen, zusammenhängende freie Tage beinhalten, die Folge von Nachtschichten möglichst klein ist und insgesamt mehr freie Tage einräumen der klassischen Tagschicht (Beermann, 2010).

4.4.3.3 Risikoverhalten

Das Rauchen kann in den Industrienationen als wichtigster einzelner Risikofaktor zahlreicher Erkrankungen und vorzeitiger Sterblichkeit gesehen werden (Thefeld, 2000). Betrachtet man den Anteil aller Raucher der befragten Schweißer, so kann ein Verhältnis von fast 1:1 gegenüber Nichtrauchern festgestellt werden. 48,6% gaben an zu rauchen, dagegen sind 51,4% Nichtraucher. Zu Raucherquoten in Deutschland gibt es eine große Datenlage, welche je nach Alters- und Geschlechtsstruktur oder anderen sozialen Einflüsse ausfällt. Insgesamt zeigt sich, beruhend auf den Daten des Mikrozensus 2013, dass 29% der Männer und ca. 20% (gesamt 24,5%) erhoben ab dem 15-Lebensjahr rauchen. Verglichen mit den befragten Schweißern zeigt sich in dieser Berufsgruppe eine deutlich erhöhte Raucherquote. Vergleicht man die Raucherquote jedoch mit dem in dieser Berufsgruppe erhobenen niedrigen Bildungsniveaus und mit dem vorwiegenden männlichen Geschlecht, fällt die Diskrepanz nicht mehr ganz so groß aus. Die Verbreitung des Rauchens beträgt in dieser Population etwas über 40% (Lampert, von der Lippe & Müters, 2013). Die extrem hohe Raucherquote der in dieser Studie erhobenen

Population muss in diesem Zusammenhang sicherlich mit dem sozioökonomischen sowie genderspezifischen Gesundheitsverhalten diskutiert werden.

In diesem Zusammenhang zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass sich Raucher schlechter in ihrer körperlichen und psychischen Gesundheit einschätzen sowie eine geringe Alltagsaktivität aufweisen. Eine reduzierte körperliche wie auch mentale Gesundheit, gemessen am SF-36-Fragebogen, konnte in geringem Umfang auch Laaksonen *et al.*, 2006 ermitteln. Vuillemin *et al.*, 2005 bestätigten diese Ergebnisse nicht. Hinsichtlich der Alltagsaktivität zeigen Studien klar, dass sich Nichtraucher im Alltag häufiger körperlich aktiver sind (Moore *et al.*, 2012; Azevedo *et al.*, 2007; Martinez-Gonzalez *et al.*, 2001). Angesichts der sehr hohen Raucherquote, der Einfluss auf die Gesundheitswahrnehmung und das Bewegungsverhalten sollten Maßnahmen betriebliche Maßnahmen zur Raucherentwöhnung und Prävention unbedingt mit in ein umfassenden Programm integriert werden.

Auch für den Alkoholkonsum sollte das Risikoverhalten abgeschätzt werden. So wurde gefragt, ob man regelmäßig mehr als eine Flasche Bier oder ein Glas Wein pro Tag trinkt. Mehr als diese Menge wurde als riskanter Konsum eingestuft. Zusammengefasst gaben fast ein Viertel (23,5%) aller befragten an, regelmäßig mehr als die genannte Menge zu konsumieren. Verglichen mit dem deutschen männlichen Durchschnitt, aus Daten des Epidemiologischen Suchtsurveys 2012, weisen nur etwa 15,6% der ein riskantes Trinkverhalten auf (de Matos, Kras & Piontek, 2016). In diesem Survey wurden jedoch auch die Grenzen des riskanten Konsums etwas liberaler gesetzt. Verglichen mit dem DVK-Report 2015, in jenem dieselbe Definition gewählt wurde, wiesen nur 13,3% einen riskanten Konsum auf (Froböse & Wallmann, 2015). Neben dem riskanten Konsum geben auch überdurchschnittlich viele Schweißer an keinen Alkohol zu trinken (20,1%) im Vergleich zum Bundesweiten Durchschnitt von 4% (RKI, 2015). Die vorliegende Studie weist darauf hin, dass befragte mit einem riskanten Alkoholkonsum eine niedrigere körperliche Gesundheitswahrnehmung, niedrigere Arbeitsfähigkeit und verminderte Alltagsaktivität aufweisen. Insgesamt, auf Basis dieser Untersuchung, sollte der Alkoholkonsum, als gesundheitlicher Risikofaktor, in der betrieblichen Prävention und Gesundheitsförderung berücksichtigt werden.

4.4.3.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung zeigen, dass Schweißer nicht nur die objektiven Krankheitsstatistiken anführen, sondern auch ihre subjektive körperliche wie auch psychische Gesundheit schlechter einschätzen, als der deutsche Durchschnittsbürger. Schweißer leiden am häufigsten unter Beschwerden des unteren Rückens und des

Schulter-Nacken-Bereichs. Diese Beschwerdebilder führen zudem am häufigsten zu Fehlzeiten am Arbeitsplatz. Die mittlere Arbeitsfähigkeit wird im Mittel als „gut“ eingeschätzt. Im Vergleich zu anderen Studien schneidet das vorliegende Kollektiv jedoch schlechter ab. 39% der befragten Schweißer bewegen sich in ihrem Alltag weniger als das von der WHO empfohlene Minimum von 600 MET/Woche, jedoch mehr als die durchschnittliche deutsche Bevölkerung. Bezüglich des Risikoverhaltens zeigt sich eine überdurchschnittlich hohe Raucherquote von fast 50%. Zudem berichten überdurchschnittlich viele Schweißer von einem riskanten Alkoholkonsum. Ein Blick in die Literatur verrät mögliche Ursachen. Besonders individuelle Voraussetzungen wie ein niedriges Bildungsniveau oder das männliche Geschlecht sind bereits Risikofaktoren für eine schlechtere Gesundheit sowie ein riskanteres Gesundheitsverhalten.

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung weisen jedoch auch darauf hin, dass sich eine gesteigerte Alltagsaktivität positiv auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität in physischen und psychischen Dimensionen sowie die Arbeitsfähigkeit auswirkt. Befragte mit der niedrigsten Alltagsaktivität fühlen sich ungesünder und weniger arbeitsfähig. Die Personen mit der höchsten Alltagsaktivität dagegen schätzen dies am besten ein. Bereits ein Aktivitätsniveau knapp über 600 MET/Woche kann dabei effektiv sein. Eine gesteigerte Alltagsaktivität kann daher als niederschwelliger präventiver und gesundheitsförderlicher Ansatz bei Schweißern angesehen werden. Die Nebenzielanalyse ergab Hinweise, dass das Bildungsniveau sowie das Risikoverhalten (Rauchen und Alkohol) als Einflussfaktoren auf Gesundheit, Arbeitsfähigkeit und Bewegungsverhalten wirken kann. Berufsspezifische Faktoren wie z.B. Schichtarbeit wiesen auf kein Risiko hin.

Insgesamt liefern die Ergebnisse ein mögliches Risiko- wie auch Chancenprofil, welches in der Prävention und Gesundheitsförderung von Schweißern berücksichtigt werden sollte. Die Herausforderungen für eine spezifische Ausgestaltung von Maßnahmen der Prävention und Gesundheitsförderung liegen in der konsequenten Berücksichtigung der genannten Faktoren. Wichtig ist dabei die Maßnahmengestaltung unter der Berücksichtigung individueller Präferenzen und Bedürfnisse bei der Ansprache und Organisation (Robert Koch-Institut, 2014).

4.4.4 Methodendiskussion

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Erhebung im Querschnitt, weshalb die Ergebnisse nicht auf Kausalitäten schließen lassen. Vielmehr müssen weiterführende Studien im Längsschnitt durchgeführt werden, um eine eindeutige Evidenz ableiten zu können (Bortz & Döring, 2006).

Die Verwendung eines Fragebogens gilt als kostengünstige und ökonomische Methode, welche zur vereinfachten Datenerhebung dient. Alle standardisierten Fragebögen können als valide und reliabel eingestuft werden. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass absichtliche Täuschungen Falschauskünfte zur Folge haben, die das Ergebnis der Studie beeinflussen können (Bös *et al.*, 2004). Auch wenn der Fragebogen vollständige Anonymität gewährleistet, so können dennoch sozial erwünschte Antworten, insbesondere gegenüber dem Arbeitsgeber, nicht ausgeschlossen werden.

Der Fragebogen wurde online verbreitet, wie auch in Papierform bei interessierten Firmen ausgelegt. Der Fragebogen war nicht barrierefrei, d.h. er war lediglich in deutscher Sprache verfügbar. Möglicherweise wurden darüber Arbeitnehmer mit Migrationshintergrund oder weitere Mitarbeiter mit Verständlichkeitsproblemen der deutschen Sprache ausgeschlossen, was die Ergebnisse verzerren könnten.

Der Fragebogen bestand zudem aus über 115 Einzelfragen und wies Bearbeitungszeit von >25 Minuten auf. Möglicherweise stellte dies eine Barriere zum Bearbeiten und vollständigen Ausfüllen des Fragebogens dar. Da das Ausfüllen des Fragebogens freiwillig war, muss auch berücksichtigt werden, dass möglicherweise Personen mit einer hohen Affinität zur Thematik den Fragebogen bearbeiteten. Dies könnte auch die überdurchschnittlich hohe Aktivität der vorliegenden Stichprobe, im Vergleich zur deutschen Bevölkerung, erklären. In diesem Zuge muss aber auch genannt werden, dass bei Fragebogenerhebungen die eigene Aktivität häufig überschätzt wird (Bull *et al.*, 2009).

Mit einer Teilnehmerzahl von 149 muss sicherlich die Frage der Repräsentativität zugelassen werden. Zudem sind einige Bereiche der Metallindustrie nur gering repräsentiert. So wurde nur eine geringe Anzahl von Schweißern aus dem Bereich Schiff- oder Fahrzeugbau befragt. Um eine allgemeingültige Aussage treffen zu können sollten sicherlich weitere Brachenzweige der Metallindustrie berücksichtigt werden.

Das Ziel der Studie war die Untersuchung der Alltagsaktivität auf Gesundheit und Arbeitsfähigkeit. Dabei erfolgte die Inferenzstatistik der Hauptzielparameter ohne Adjustierung für Co- bzw. Moderatorvariablen. Die Auswertung erfolgte in einem einfachen univariaten statistischen Modell. Autoren andere Studien verweisen insbesondere auf Adjustierung nach Alter, Body-Mass-Index, Rauchergewohnheiten, Alkoholkonsum oder Bildungsniveau (z.B. Vuillemin *et al.*, 2005, Moore *et al.*, 2012, Lathi *et al.*, 2010, Leino-Arjas *et al.*, 2004). Aufgrund der Auswahl einer spezifischen Zielgruppe, der Schweißer, wurde hierauf verzichtet. Eine genaue Ausdifferenzierung von Berufsspezifischen Variablen sollte in folgenden Fragebögen berücksichtigt werden.

5 Studie II – Präventions-Trainingsprogramm für Schweißer

5.1 Studie II – Hypothesen

Basierend auf dem beschriebenen aktuellen Stand der Wissenschaft, über das Beanspruchebild bei Schweißern und den Ergebnissen von Studie I, soll die Beanspruchung dieser Muskelregionen, des unteren Rückens und des Nackens, als Hauptzielparameter festgelegt werden. Auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse über Effekte von bewegungsbezogenen Maßnahmen und Empfehlungen (Steffens *et al.*, 2016; Van Eerd *et al.*, 2016; Krüger *et al.*, 2015; Verbeek *et al.*, 2011; Jarvholm *et al.*, 1991; WHO) wurden im Rahmen der vorliegenden Studie II folgende ungerichtete Alternativ- (H_1) und Nullhypothese (H_0) formuliert:

*(H1₁) Infolge einer 6-monatigen Trainingsintervention unterscheidet sich die muskuläre Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae im Mittel, während einer 8-minütigen Schweißsimulation in **stehender PD** Position, zwischen einer Ausdauer- oder Krafttrainingsgruppe gegenüber einer Kontrollgruppe.*

*(H0₁) Infolge einer 6-monatigen Trainingsintervention unterscheidet sich die muskuläre Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae, während einer 8-minütigen Schweißsimulation in **stehender PD** Position im Mittel nicht zwischen Probanden der Ausdauer- oder Krafttrainingsgruppe und einer Kontrollgruppe.*

*(H1₂) Infolge einer 6-monatigen Trainingsintervention unterscheidet sich die muskuläre Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae im Mittel während einer 8-minütigen Schweißsimulation in **sitzender PA Position** zwischen einer Ausdauer- oder Krafttrainingsgruppe gegenüber einer Kontrollgruppe*

*(H0₂) Infolge einer 6-monatigen Trainingsintervention unterscheidet sich die muskuläre Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae während einer 8-minütigen Schweißsimulation in **sitzender PA Position** im Mittel nicht zwischen Probanden der Ausdauer- oder Krafttrainingsgruppe und einer Kontrollgruppe.*

5.2 Studie II – Material und Methoden

5.2.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde als Projekt „Präventions-Trainingsprogramm für Schweißer“ an der Abteilung für Sportmedizin der Universität Gießen durchgeführt und von der Berufsgenossenschaft Holz und Metall gefördert. Die Studie entsprach einem Test-Retest-Design mit Kontrollgruppe und erstreckte sich für jeden Probanden über 6 Monate. Die Eingangs- und Ausgangsuntersuchung wurde an der Universität Gießen sowie bei kooperierenden Unternehmen absolviert. Die beiden identischen Untersuchungen dauerten etwa 5 Stunden pro Teilnehmer und beinhalteten zum einen ein schweißspezifisches Laborexperiment, indem die körperliche Belastung und Beanspruchung in zwei Schweißpositionen unter standardisierten Bedingungen untersucht wurde, und zum anderen verschiedene (sport-)medizinische Untersuchungen zur Feststellung der Sporttauglichkeit, Gesundheit und körperlichen Leistungsfähigkeit. Alle Probanden waren dazu angehalten, am Vortag der Untersuchung ungewohnte und besondere Anstrengungen (z.B. Sport) zu vermeiden. Nach der Probandenaufklärung, Feststellung der Sporttauglichkeit und Eingangsuntersuchung begann für einen Teil der Probanden die 6-monatige Trainingsperiode. Die Probanden konnten selbständig zwischen einer Kontroll-, Ausdauertrainingsgruppe und Krafttrainingsgruppe wählen. Das Training wurde nach Einweisung durch den Studienleiter, in einem Fitnessstudio oder zu Hause selbständig durchgeführt und der Trainingsplan regelmäßig angepasst. Die Kontrollgruppe absolvierte in diesem Zeitraum kein standardisiertes Training. Im Anschluss folgte die Nachuntersuchung.

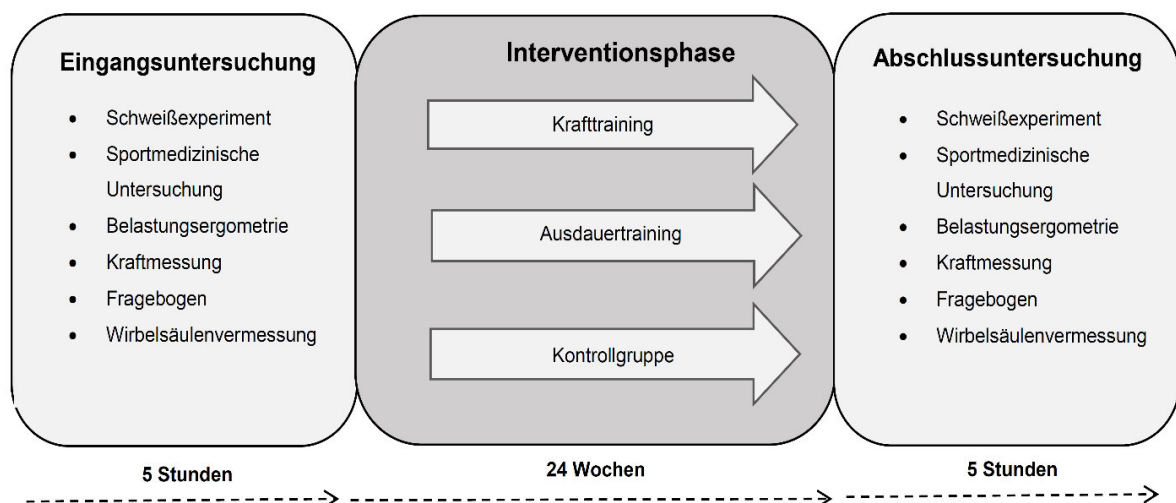


Abb. 18: Schematische Abbildung des Studiendesigns

5.2.2 Probandenauswahl

Die Probandenrekrutierung erfolgte ebenfalls im Rahmen des Projektes „Trainings-Präventionsprogramm für Schweißer“. Hierzu wurde der Kontakt mit Unternehmen der Stahl- und Metallverarbeitungsbranche hergestellt. Gemeinsam mit den jeweiligen Betrieben und den Akteuren aus Personal, Geschäftsführung und Arbeitssicherheit/ Gesundheit wurden gezielt Mitarbeiter und potentielle Probanden angesprochen. Der Initiale Kontakt erfolgte meist über Anfragen per Telefon und E-Mail. Zur weiteren Unterstützung wurden Probandenaufrufe in der Zeitschrift „BGHM-Aktuell“, einer Zeitschrift für Arbeitssicherheit der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM), gestartet. Zur Studienteilnahme wurden folgende Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt:

Tab. 5: Ein- und Ausschlusskriterien Studie II

Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
1. 20-59 Jahre Alt	1. Akute Koronarerkrankungen, schweres Asthma Bronchiale, schlecht eingestellter Diabetes, akute entzündliche oder fiebrige Erkrankungen und im Allgemeinen jeglicher klinischer Zustand, welcher eine Kontraindikation zur Ausübung sportlichen Trainings darstellt oder aber eine Verzerrung der Untersuchungsergebnisse zur Folge hätte
2. Mindestens 3 Monate Schweiß Erfahrung	
3. Durchschnittlich 4 Stunden/ Tag schweißen	
4. Kein Leistungssport (<6h/Woche)	

5.2.3 Zielgrößen

5.2.3.1 Hauptzielgrößen

Zur Auswertung der Studie wurden folgende Parameter im 8-minütigen Schweißexperiment in zwei Positionen (über Kopf und sitzend) ermittelt und gelten als Hauptzielgrößen:

- Prozentual (%) gemessene muskuläre Aktivität, gemessen am MVC (*Maximum voluntary contraction*)
 - ***M. trapezius p.d. (pars descendens)***
 - ***M. erector spinae pars lumbares (Höhe Lendenwirbel 1)***

5.2.3.2 Nebenzielgrößen

Folgende Parameter des Schweißexperiments wurden als Nebenzielparameter ausgewertet:

- Prozentual (%) gemessene muskuläre Aktivität, gemessen am MVC
 - *M. triceps brachii Caput laterale*
 - *M. biceps brachii Caput breve*
 - *M. extensor d.l. (digitorum longus)*
 - *M. infraspinatus*
 - *M. pectoralis p.c. (pars clavicularis)*
 - *M. deltoideus p.c. (pars clavicularis)*

- muskuläre Ermüdung via Parameter der *Median Frequency & Mean Amplitude*
 - *M. trapezius p.d.*
 - *M. erector spinae (L1)*
 - *M. triceps brachii Caput laterale*
 - *M. biceps brachii Caput breve*
 - *M. extensor d.l.*
 - *M. infraspinatus*
 - *M. pectoralis p.c.*
 - *M. deltoideus p.c.*

- Herz-Kreislauf-Beanspruchung
 - Systolischer Blutdruck
 - Diastolischer Blutdruck
 - Herzfrequenz

- Subjektive Beanspruchung
 - Anstrengungsempfinden nach BORG
 - Schmerzempfinden „visuelle Analogskala“ (VAS)

- Dauer Schweißexperiment
 - Gesamtzeit in Sekunden

Folgende Parameter wurden neben dem Schweißexperiment zur Erfassung von Gesundheit und Leistungsfähigkeit erhoben:

- Sportmedizinische Untersuchung
 - Anthropometrische Daten (inkl. Ruhe Blutdruck + Schmerzempfindung)
 - Körperzusammensetzungsanalyse: Körperfettanteil, Muskelmasse (Bioelektrische Impedanz Analyse)
 - Spirometrie (VC, FEV₁, FEV₁/VC)
- Belastungsergometrie
 - Absolute maximale Leistung (Watt)
 - Relative maximale Leistung (Watt/kg/KG)
 - Absolute maximale Leistung (Watt) an individueller anaerober Schwelle (IAS)
 - Relative maximale Leistung (Watt/kg/KG) relativ an IAS
- Blutlipide
 - Gesamtcholesterin, HDL-Cholesterin, LDL-Cholesterin
- Maximalkraftmessung:
 - Armflexion
 - Armextension
 - Knieflexion
 - Knieextension (liegend)
 - Rumpfflexion
 - Rumpfextension
- Fragebogenerhebung:
 - Short-Form (SF)-36 (körperliche und psychische Summenskala)
 - *Work-Ability-Index*
- Wirbelsäulenvermessung (Videorasterstereographie)
 - Beckenhochstand, DL-DR in mm
 - Beckentorsion, DL-DR in Grad
 - Kyphosewinkel Max, ICT-ITL in Grad
 - Lordosewinkel Max, ITL-ILS in Grad
 - Lotabweichung, VP-DM in mm
 - Oberflächenrotation, rms in Grad
 - Seitabweichung, VP-DM, rms in mm

5.2.4 Schweißexperiment

Durch das Schweißexperiment sollten die Belastungen auf den Schweißer, durch ein standardisiertes Laborexperiment in zwei Körperpositionen simuliert und die daraus resultierenden Beanspruchungen mittels den Parametern der muskulären Aktivität, der muskulären Ermüdung, der Herzfrequenz, des Blutdrucks, des subjektiven Anstrengungsempfindens sowie des Schmerzempfindens untersucht werden.

Das Schweißexperiment wurde in stehender Überkopfposition und in sitzender Position durchgeführt. Während der stehenden Position, genauer bezeichnet nach den DIN EN 287 und DIN EN ISO 6947 Normen als horizontaler Überkopfposition (PD), bestand die Aufgabe darin, eine fiktive Verbindungsstelle (Naht), genauer gesagt eine Kehlnaht, zweier Metallstücke zu schweißen (Phantomschweißen). Die Position der Verbindungsstücke wurde mittels eines Metallständers exakt 40cm über der individuellen Akkromionhöhe eingestellt (Abb. 19).



Abb. 19: Schweißen in stehender Position PD (eigene Aufnahme, 2014)

Die Probanden wurden dazu angehalten, die realen Bedingungen so gut wie möglich zu simulieren und den Schweißbrenner so exakt es geht zu halten und zu führen. Ob schleppend oder stechend spielte in diesem Zusammenhang keine Rolle. Dies gilt ebenfalls für die sitzende Position. In dieser Position (PA) wurde das Schweißen einer

Stumpfnah in Wannenposition simuliert (Abb. 20). Hierzu saßen die Probanden auf einem Stuhl. Die Höhe des Schweißstücks war ebenfalls genormt. Dieses befand sich auf der Höhe des Olecranons in sitzender und 90° flektierter Position des Ellenbogens.



Abb. 20: Schweißen in sitzender Position PA (eigene Aufnahme, 2014)

Die Geschwindigkeit des Schweißens bzw. der Schweißbewegung wurde durch ein Metronom vorgegeben. Die zu schweißende Verbindungsstelle erstreckte sich über eine Distanz von je 25cm. Insgesamt dauerte das Schweißexperiment in der jeweiligen Position 9 Minuten und 30 Sekunden an. In der Zeit inbegriffen ist die eigentliche Dauer für das Schweißen (8 Minuten) inklusive Pausen (1 Minute 30 Sekunden). Aufgeteilt war das Schweißexperiment in 4 x 2 Minuten Schweißen, wobei jeder Durchgang von 30 Sekunden Pause unterbrochen wurde. Bei vorzeitigem Abbruch während eines Durchgangs, durch beispielweise muskuläre Ermüdung oder Schmerz, wurde die 30-sekündige Pause sofort eingeleitet und der nächste Durchgang startete nach deren Ablauf. Die Gesamtzeit wurde als Zielparameter notiert. Zwischen der stehenden und sitzenden Position wurde eine 10-minütige Pause eingehalten. Die Parameter des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Herzfrequenz, des Belastungsempfindens und der Schmerzwahrnehmung wurden zu insgesamt 5 Messzeitpunkten erhoben. Messzeitpunkt 1 wurde in Ruhe vor dem Schweißexperiment durchgeführt. Messzeitpunkt 2 und 4 vor der jeweiligen Position sowie die Messzeitpunkte 3 und 5 unmittelbar nach dem Beenden des Schweißexperiments. Die muskuläre Aktivität sowie die Ermüdungsparameter wurden während des Schweißexperiments aufgezeichnet und separat für die acht Muskeln betrachtet (Abb. 21).

Bei dem im Schweißexperiment verwendeten Schweißbrenner handelt es sich um den Brennertyp RAB Plus 36 KD (luftgekühlt) mit einem 3m Schlauchpaket und einem Gesamtgewicht von 3,6 kg der Firma Abicor Binzel ®.

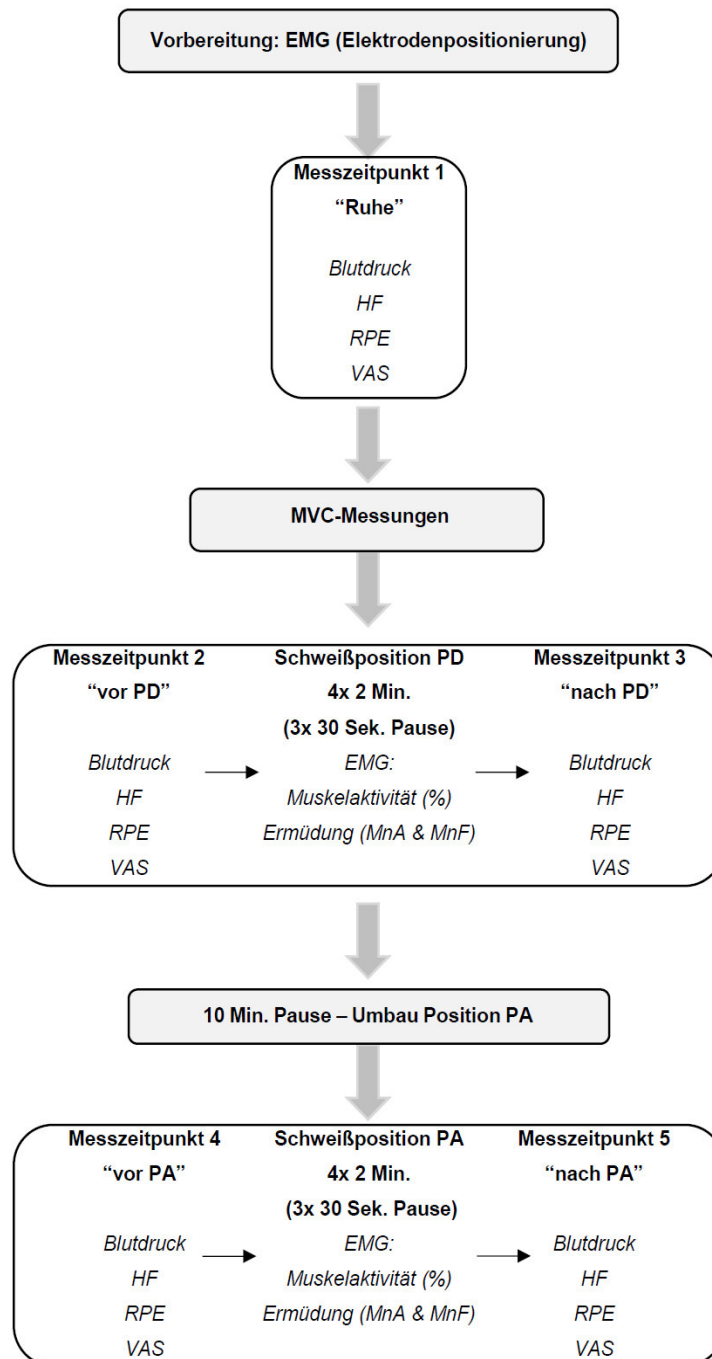


Abb. 21: Ablauf und Messzeitpunkte des Schweißexperiments (Blutdruck= systolisch & diastolisch, HF= Herzfrequenz, RPE= subjektives Anstrengungsempfinden, VAS= visuelle Analogskala, Muskelaktivität in %MVC, Ermüdung= Mean Amplitude (MnA) & Median Frequency (MnF))

5.2.5 EMG-Messung

Unter Elektromyographie (EMG) versteht man die Ableitung, Analyse und graphische Darstellung elektrischer Vorgänge in der Muskulatur (Kluth *et al.*, 2013). Die Elektromyographie kann anhand von Nadel- und Fadenelektroden (invasive Methodik) oder mittels Oberflächenelektroden Daten ableiten. In der vorliegenden Arbeit wurde die Oberflächenelektromyographie (OEMG) verwendet.

Mittels OEMG können über Elektroden an der Hautoberfläche Summenaktionspotentiale abgeleitet werden, welche bei der Aktivierung eines Muskels entstehen. Somit stellt das OEMG kein direktes Messverfahren, um mechanische Größen wie Muskelspannung, Muskelkontraktion oder Bewegungen zu erfassen dar, sondern dient lediglich der Erfassung elektrischer Aktivität. Aus dem OEMG-Rohsignal können verschiedene Kenngrößen berechnet werden, aus deren Auswertung und Interpretation möglich ist, wichtige Zielgrößen wie muskuläre Beanspruchung und Muskelermüdung zu nutzen, um daraus die Bewertung muskulärer Aktivität ableiten zu können (Strasser, 2013).

5.2.5.1 OEMG-Vorbereitung und Signalerfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Muskelsignale mittels einer bipolaren Elektrodenableitung erfasst. Hierzu wurden zwei Elektroden in Faserverlauf des zu untersuchenden Muskels direkt über diesen auf die Hautoberfläche geklebt. Diese Methode zeichnet sich durch eine höhere Störfestigkeit aus (Strasser, 2013).

Für die Signalerfassung mussten zunächst die Positionen der Elektroden festgelegt werden, wobei die Empfehlungen von Freiwald, Baumgart und Konrad (2007) und SENIAM berücksichtigt wurden. Da bei der OEMG-Messung die Summenaktionspotentiale auf der Hautoberfläche und nicht im Muskel selbst gemessen werden, bedarf es bei dieser Methode einer präzisen Hautvorbereitung sowie einer exakten Elektrodenpositionierung. Das Ziel der Hautvorbereitung ist den Hautwiderstand (Impedanz) so gering wie möglich zu halten, um Störspannungen, die durch elektromagnetische Felder entstehen können, zu verringern. Eine optimale Hautvorbereitung zur Reduktion des Hautwiderstandes besteht aus: Rasur der Körperbehaarung und dem Abreiben der obersten Hautschicht. Dadurch werden abgestorbene Hautpartikel, welche einen hohen Widerstand produzieren und Schmutz beseitigt. Zusätzlich bewirkt die Hautvorbereitung einen besseren Halt für die Elektroden (Strasser, 2013). Bei der Elektrodenpositionierung ist darauf zu achten, dass die Elektroden parallel zum Muskelfaserverlauf anzuordnen sind, da sich in dessen Richtung die Muskelaktionspotentiale ausbreiten (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007). Als Elektroden wurden die selbstklebenden Silber/Silberchlorid-Einzelelektroden „L-150 Vitrode L“ der Firma NIHON KOHDEN (Japan) verwendet.

Nach der Anbringung der Elektroden wurde ein Ohm-Widerstandstest durchgeführt, um die vorangegangene Hautvorbereitung zu überprüfen. Der Widerstand sollte unter 10Kilo-Ohm ($k\Omega$) liegen. Zum Abschluss der Elektrodenanbringung ist darauf zu achten, dass die Elektroden, Kabel und Vorverstärker angemessen fixiert sind, damit während dynamischer Bewegungen die Elektroden nicht verrutschen oder sich lösen. Zusätzlich sollen Artefakte durch Kabel- und Elektrodenbewegungen vermieden werden (Konrad, 2005).

Nach der Elektrodenanbringung folgte zunächst eine Maximalkraftmessung für jeden Zielmuskel. Diese wurden durchgeführt, damit die muskuläre Aktivität während des Schweißexperiments, in der späteren Datenauswertung, zur maximalen Willkürkontraktion (*MVC*) als Referenzwert herangezogen werden kann. Bei der *MVC*-Testung handelt es sich um die Ermittlung der isometrischen Maximalkraft. Jeder Muskel wird insgesamt zwei Testdurchläufen, mit je etwa 5 Sekunden Dauer, unterzogen, gefolgt von jeweils einer etwa 30-sekündigen Pause. Die Testungen wurden in Anlehnung an Freiwald, Baumgart und Konrad (2007), Konrad (2005) und SENIAM standardisiert durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit wurden die OEMG-Signale mit einem bipolaren kabellosen Acht-Kanal-System (Noraxon Inc. USA TeleMyo 2400T G2) aufgezeichnet.

Die Roh-Signale wurden vorverstärkt und durch die Hardware bei 500 Hz gefiltert. Anschließend werden die OEMG-Signale über einen Frequenzbereich von 5 – 1000 Hz 1000-fach verstärkt und mit einem A/D-Wandler (Analog/ Digital) bei 5kHz digitalisiert.

5.2.5.2 Signalverarbeitung

Das Roh-OEMG-Signal wurde mittels Software „MyoResearch XP *Clinical Edition* 1.08.27, der Firma Noraxon ausgewertet.

Zunächst wurden die Signale gleichgerichtet. Alle negativen Signalanteile werden mit positivem Vorzeichen versehen, wodurch die Möglichkeit zur Anwendung von mathematischen und statistischen Operationen zur Auswertung von Frequenz- und Amplitudenparametern besteht. In einem weiteren Schritt wird das Roh-OEMG Signal mit dem *Root Mean Square* Verfahren (*RMS*) geglättet, welches die mittlere Leistung des Signals in einem gewählten Zeitfenster wiedergibt. Bei dem Vorhandensein von EKG-Artefakten wird das OEMG-Signal zusätzlich durch einen digitalen Filter bearbeitet (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007; Konrad, 2005).

In der vorliegenden Arbeit wurden für die OEMG-Signale eine Amplitudennormalisierung zur maximalen Willkürkontraktion (*MVC*) durchgeführt. Die ursprüngliche Mikrovoltskalierung wurde in diesem Zuge in eine prozentuale Skalierung umgewandelt. Durch diese

Vorgehensweise kann die Belastung für jeden gemessenen Muskel in Prozent (%) angegeben werden. Die OEMG-Werte werden somit in der vorliegenden Arbeit als „OEMG % MVC“ angegeben.

Die OEMG-Signale werden zusätzlich hinsichtlich der muskulären Ermüdung ausgewertet. Hierzu werden zwei Ermüdungsparameter verwendet. Dabei handelt es sich zum einen um den Parameter *Median Frequency* [Hz] (MnF) und zum anderen um den Parameter *Mean Amplitude* (MnA). Der Parameter *MnF* beschreibt die Frequenz und ist der mathematische Mittelwert der Spektrumskurve und wird aus dem totalen Leistungsspektrum der Frequenzverteilung errechnet. Die mediane Frequenz ermittelt die zeitliche Frequenz der Aktivierung von motorischen Einheiten, welche zur Kraftentwicklung wichtig sind. Bei einer auftretenden muskulären Ermüdung ist daher mit einem Abfall dieser zu rechnen (Nussbaum, 2001). Bei *MnA* handelt es sich um den Amplituden-Mittelwert. Die mittlere Amplitude kann durch die Gleichrichtung und Integration des Roh-OEMG Signals über ein definiertes Zeitfenster und Division durch die Zeitlänge berechnet werden. Bei muskulärer Ermüdung steigen die Amplitudenmittelwerte an, da mit zunehmender Belastung zusätzliche motorische Einheiten rekrutiert werden (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007). Die Auswertung erfolgt stufenweise. Zunächst identifiziert ein automatischer Algorithmus Perioden von jeweils 1000 Millisekunden innerhalb der aufgezeichneten Schweißsimulation. In einem weiteren Schritt kann für jede Periode der individuelle Median und Mittelwert berechnet werden, welcher auf der Grundlage des Frequenz (Hertz/Hz) bzw. Amplitudenleistungsspektrums (Mikrovolt/ μ V) ermittelt wird. Zur Auswertung der Daten, wurde die Differenz der Ermüdungsparameter über den Zeitverlauf herangezogen. Dies bedeutet, dass die Differenz der ersten drei Perioden mit denen der letzten drei Perioden gebildet wird. Die Differenz der Perioden kann abschließend als Prozentwert (%) angegeben.

5.2.6 Herz-Kreislauf-Beanspruchung

Zur Beurteilung der kardiovaskulären Beanspruchung wurden in der vorliegenden Arbeit der systolische und diastolische Blutdruck sowie die Herzfrequenz herangezogen. Zu Messung wurde der Blutdruck mittels dem elektronischen Blutdruckmessgerätes Boso medicus Prestige (boso Bosch + Sohn GmbH, Jungingen) bestimmt. Die Messung erfolgte an dem Oberarm der nicht-dominanten Seite. Sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck werden in mmHg (Millimeter Quecksilbersäule) dargestellt.

Die Herzfrequenz (HF) ist die Anzahl ventrikulären Kontraktionen pro Minute bzw. Schläge pro Minute. In der vorliegenden Arbeit wurde die Herzfrequenz mit einem herkömmlichen Pulsmesser mit Brustgurt (Polar® *Electro* GmbH Deutschland, Büttelborn,

Deutschland) sowohl in Ruhe als auch während Beanspruchung gemessen. Da Schweißen eine körperliche Belastung ist, schien die HF ein geeigneter Parameter zu sein, um den Verlauf der kardiovaskulären Beanspruchung zu überprüfen. In der vorliegenden Arbeit werden die HF-Werte in den Studienabschnitten als bpm (*beats per minutes*) angegeben. Zur Datenauswertung werden die maximalen Werte aller Herz-Kreislauf-Parameter, gemessen unmittelbar nach der Schweißsimulation, herangezogen.

5.2.7 Subjektives Anstrengungsempfinden– RPE

Die RPE-Skala (*ratings of perceived exertion-Scale*) ist ein Maß zur Beurteilung der Beanspruchungsintensität über das individuelle Empfinden und Einschätzen einer Anstrengung und Belastung. Sie dient der Quantifizierung des subjektiven Anstrengungsempfindens einer Person während oder unmittelbar nach einer physischen Anstrengung. Die Skala basiert dabei auf psychophysiologischen und psychophysikalischen Prinzipien und Experimenten (Borg, 2004).

Die RPE-Skala ist eine 15-stufige Intervallskala, welche in Stufen von 6 – 20 unterteilt ist. Alle ungeraden Zahlenwerte sind mit interpretierenden Beschreibungen versehen (von 7= „sehr, sehr leicht“ bis 19= „sehr, sehr, anstrengend“) und geben linear das zunehmende Anstrengungsempfinden wieder. Die Gütekriterien dieses Instruments sind als gut zu bezeichnen. Der Reliabilitätskoeffizient ist in den meisten Studien mit $r > 0,9$ angegeben. Die Validität ist bezüglich physiologischer Kriterien ebenfalls gegeben (Herzfrequenz, Laktat, %VO₂Max, %VO₂, Atemfrequenz und Ventilation). Die Validitätskoeffizienten unterscheiden sich geringfügig zwischen $r = 0,57$ (Laktat) und $r = 0,72$ (Ventilation) (Schefer, 2008). Zwischen muskulärer Ermüdung und RPE konnte eine mittlere Korrelation hergestellt werden (Öberg *et al.*, 1994). Hartmann (2013) beschreibt die subjektiv empfundene Anstrengung als geeigneten Indikator einer Beanspruchung für die statische Muskelarbeit.

5.2.8 Schmerzbewertung – visuelle Analogskala (VAS)

Die visuelle Analogskala (VAS) ist eines von verschiedenen Instrumenten zur Messung subjektiver Empfindungen. In der vorliegenden Arbeit wurde sie zur Beurteilung der Schmerzintensität während des Schweißexperimentes verwendet.

Die VAS besteht aus einer horizontalen geraden Linie, an deren Enden die Extremwerte (0= Schmerzfrei, 100= denkbar schlimmster Schmerz) der zu messenden Empfindungen notiert sind. Bei der in dieser Studie verwendeten Skala handelt es sich um einen 10cm langen Strich, mit gekennzeichnetem Anfangs- und Endpunkt.

Der Proband ist zu den einzelnen Messzeitpunkten angehalten, mit einem Stift, die Intensität seines Schmerzempfindens auf der Skala mit einer Markierung (Strich oder Kreuz) zu kennzeichnen. Ausgewertet wird die Skala durch das Ablesen der Markierung mittels einem Lineal. Dabei wird das Lineal bei dem Anfangspunkt (0) angelegt und die Entfernung bis zur Markierung ermittelt. Die Entfernung wurde in der vorliegenden Auswertung in Millimeter (mm) gemessen.

Studien zeigen, dass die VAS ein valides, reliables und objektives Messinstrument mit hoher Sensitivität für Veränderungen von Schmerzen darstellt (Schomacher, 2008).

5.2.9 Dauer Schweißexperiment

Zusätzlich wurde die Dauer des Schweißexperimentes (Sekunden) erhoben und kann Aufschluss über eine mögliche vorzeitige Beendigung aufgrund von Ermüdung oder Schmerzen geben. Insgesamt konnte in jeder Position eine maximale Dauer von 480 Sekunden erreicht werden.

5.2.10 Sportmedizinische Untersuchung

Die sportmedizinische Untersuchung ist zum einen als Bestandteil der Eingangs- und Ausgangsuntersuchung, im Rahmen der Ermittlung des Gesundheits- und Leistungsstatus, zu betrachten und dient zum anderen der Überprüfung der Sporttauglichkeit. Zu den obligatorischen Bestandteilen der vorliegenden Studie gehören folgende Untersuchungen:

- Anamnese (Krankheitsgeschichte und Sportanamnese)
- Umfassende körperliche Untersuchung (internistisch und orthopädisch)
- Ruhe-EKG
- Lungenfunktion (Spirometrie)
- Körperzusammensetzungsanalyse (BIA) – Körperfett- und Muskelmasse
- Belastungsuntersuchung (inklusive Belastungs-EKG und Laktatdiagnostik)

Die Körperzusammensetzungsanalyse (bioelektrische Impedanz Analyse) wurde mittels *BIA 101 Anniversary Sport Edition* (Akern Srl, Florenz, Italien) durchgeführt.

Die Belastungsuntersuchung stellt ein sportmedizinisches standardisiertes Verfahren zur objektiven Differenzierung der kardiopulmonalen und metabolisch-muskulären Leistungsfähigkeit dar. Im Sport dient diese als Diagnoseinstrument, um leistungsbestimmende Faktoren in der Trainingssteuerung zu identifizieren. Auch kann diese als Beurteilungsinstrument zur Sporttauglichkeit herangezogen werden.

In der vorliegenden Studie wurde eine Fahrradergometrie bis zur subjektiven Erschöpfung mit Belastungs-EKG und Laktatleistungsdiagnostik durchgeführt. Das Protokoll sah eine stufenweise Steigerung (Stufentest) des Widerstandes vor. Die Probanden starteten bei 50 Watt. Alle zwei Minuten wurde der Widerstand um 25 Watt erhöht. Den Probanden wurde unmittelbar vor Belastungsbeginn, sowie nach jeder Stufe und nach Abbruch der Belastung, mittels Kapillar-Röhrchen, eine definierte Menge Blut aus dem Ohrläppchen entnommen sowie die Herzfrequenz und der Blutdruck ermittelt.

Die Laktatdiagnostik zählt zur metabolischen Leistungsdiagnostik und dient zum einen zur Messung der objektiven metabolischen Beanspruchung und zum anderen der Interpretation der leistungsdiagnostischen Ergebnisse zur Steuerung von körperlichem Training (Röcker *et al.*, 2010). Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei der Eingangs- und Ausgangsuntersuchung wurden in dieser Studie die absolute Leistung in Watt, die Watt-Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS), die relative Leistung in Watt (bezogen auf das Körpergewicht) sowie die relative Watt-Leistung an der IAS, als Zielparameter definiert. Die IAS beschreibt die Grenze der höchstmöglichen Belastungsintensität, wobei Laktatproduktion und Laktatelimination im Gleichgewicht stehen. Das zugrundeliegende Schwellenmodell zur Bestimmung der IAS stellt das „1 mmol/L Methode/Netto-Laktatanstieg Modell“ dar. Durchgeführt wurde die Untersuchung auf dem „*Excalibur Sport*“ Ergometer der Firma Lode (Groningen, Niederlande). Die Software der Belastungssteuerung war „*MetaSoft*“ (Version 3.9) (CORTEX, Leipzig) und des Belastungs-EKG „*Custo card m*“ (custo med, Ottobrunn). Zur Auswertung der Leistungsdiagnostik und Bestimmung der Zielparameter über alle drei Gruppen hinweg, wurde die Software „*Ergonizer*“ Version 4.7.5 verwendet. Zur Laktatauswertung wurde das Gerät *BI-SEN S_line* der Firma *EKF diagnostic GmbH* (Barleben) verwendet.

5.2.11 Maximalkraftmessungen

In der vorliegenden Arbeit wurde die isometrische Maximalkraft von insgesamt sechs Muskeln bzw. Muskelgruppen zur Eingangs- und Ausgangsuntersuchung ermittelt. Die Übungen umfassten die Flexion und Extension der Arme im Ellenbogen Gelenk (Armstrecken= *M. triceps brachii* / Armbeugen= *M. biceps brachii*, *M. brachialis*, *M. brachioradialis*), die Flexion und Extension im Kniegelenk (Knieextension= *M. quadriceps femoris* / Knieflexion liegend= *M. biceps femoris*, *M. semitendinosus*, *M. semimembranosus*) und eine Flexion sowie Extension des Rumpfes (Rumpfextension= *M. iliocostalis*, *M. longissimus*, *M. splenius* / Rumpfflexion= *M. rectus abdominis*, *M. obliquus externus & internus abdominis*). Zur Erhebung der Maximalkraft wurde das Testgerät M3+ Diagnos der Firma *Schnell Trainingsgeräte GmbH* (Peuthausen) eingesetzt. Dieses Gerät kann

einer flexiblen Anbringung von Steckelementen (z.B. Sitz und Polster) und einer flexiblen Einstellung von Last- und Trainingsarm (360°) einen multifunktionellen Einsatz im Bereich Krafttestung gewährleisten. Bei diesem System ist der Lastarm an einem Zug-, Druck- und Kraftaufnehmer gekoppelt, welcher die Daten an eine Analysesoftware (*Diagnos Professional V1.3*) übermittelt. Die Ermittlung der Maximalkraft entsprach in der vorliegenden Studie einer isometrischen Maximalkraftmessung gegen einen unüberwindbaren Widerstand. Die Maximalkraft wurde als Drehmoment in Newtonmeter (Nm) ausgewertet. Zur Testdurchführung nahmen die Probanden die im Folgenden beschriebene standardisierte Position ein und mussten auf ein Startsignal, mit maximal möglicher Kraft, Druck gegen ein Polster aufbringen. Die Messung dauerte 5 Sekunden an. Während dieser wurde der Proband zusätzlich durch den Versuchsleiter motiviert. Nach jeder Messung hatte der Proband 30 Sekunden Pause und die Messung wurde ein zweites Mal durchgeführt. Zur Datenauswertung wurde jeweils der bessere Versuch gewertet.

5.2.11.1 Armstrecker

Zur Messung der Maximalkraft der Armstrecker kniete sich der Proband auf eine Sitzbank und positionierte seine Oberarme auf der leicht gekippten Auflage. Ebenfalls musste der Proband mit dem Oberkörper bis zur Auflage nach vorne rutschen. Die Ellenbogen waren 90° gebeugt. Die Hände bzw. das Handgelenk war in Neutral-Position, allerdings waren die Hände als Faust oder gestreckt auf das Polster des Trainingsarms so positioniert, dass die Handinnenflächen zueinander zeigten. Der Trainingsarm war in 300° fixiert.

5.2.11.2 Armbeuger

Die Messung der Armbeuger erfolgte im Sitzen. Vor dem Probanden wurde zusätzlich eine Auflage in leicht nach hinten gekippter Position aufgebaut, worauf der Proband seine Oberarme parallel ablegte und sich bis zum Kontakt von Brustkorb und Auflage nach vorne beugte. Die Handinnenflächen waren supiniert und umgriffen einen Doppelgriff, welcher an dem Trainingsarm in 300° (bezogen auf Neutral-Null-Methode der Maschine) positioniert war. Die Unterarme waren 90° gebeugt und. Es galt darauf zu achten, dass die Drehachse des Gerätes mit der des Ellenbogengelenks übereinstimmte. Die Zugrichtung erfolgte zum Körper.

5.2.11.3 Knieextensoren

Die Messung der Maximalkraft der Knieextensoren erfolgte sitzend in 90° Hüftgelenks und Kniewinkel. Hierzu wurde der Proband auf einem Sitz mit Rückenlehne positioniert und mit einem integrierten Gurt an den Sitz fixiert, um mögliche Ausweichbewegungen

des Rumpfes während der Kraftmessung einzuschränken. Der Proband sollte zusätzlich während der Messung seine Arme vor der Brust verschränken sowie die Zehen zum Körper heranziehen. Das Gerät wurde, auf die Maschine bezogene Neutral-Null-Methode, so eingestellt, dass die Polsterrolle in 150° Stellung oberhalb des oberen Sprunggelenks positioniert war.

5.2.11.4 Knieflexoren

Die Kraftmessung der Knieflexoren erfolgte liegend in Bauchlage. Der Trainingsarm wurde zu dieser Messung in 60°-Stellung positioniert und ebenfalls darauf geachtet, dass die Drehachse des Gerätes und die Drehachse des Kniegelenks übereinstimmen. Die Polsterrolle wurde in dieser Position erneut über das obere Sprunggelenk, nur dieses Mal auf der Unterschenkel-Rückseite, angebracht.

5.2.11.5 Rumpfextensoren

Zur Ermittlung der Maximalkraft der Rumpfextensoren wurde ein Sitz ohne Rückenmodul an dem Gerät befestigt. Der Trainingsarm wurde in 350° positioniert und das Polster auf Höhe der Schulterblätter fixiert. Die Sitzposition war so zu wählen, dass der Proband mit geradem Rücken leicht nach vorne gebeugt ist (Winkel in der Hüfte $<90^\circ$) und aus dieser Position versucht sich gegen den unüberwindbaren Widerstand aufzurichten. Die Arme sind bei dieser Übung vor der Brust zu verschränken, um mögliche Ausweichbewegungen, welche eine zusätzliche Kraftentfaltung ermöglichen können, zu minimieren.

5.2.11.6 Rumpfflexoren

Die Maximalkraft der Rumpfflexoren wird in ähnlicher Ausgangs- und Sitzposition wie die der Rumpfextensoren ermittelt. Der Proband nimmt dieselbe Sitzposition ein, nur das bei dieser Übung der Trainingsarm in 320° Stellung positioniert wird und das Polster somit vor der Brust des Probanden ist. Zusätzlich soll der Proband seine Füße in ein dafür vorgesehenes Modul des Gerätes platzieren. Bei dieser Übung soll der Oberkörper das Polster Richtung Boden drücken.

5.2.12 Fragebogen

Die Fragebogenerhebung ist Teil der Einschätzung des Gesundheitszustandes und dient der Erfassung von Beschwerden, welche von den Probanden subjektiv wahrgenommen werden.

Der in dieser Studie verwendete Fragebogen setzte sich insgesamt aus vier Teilen zusammen. Der erste Teil besteht aus vier allgemeinen Fragen zur Person und Tätigkeit. Teil zwei, drei und vier dagegen aus standardisierten Fragebögen. Zur Auswertung der

vorliegenden Arbeit wurde Teil zwei und vier zur Auswertung herangezogen. Zu Beginn steht der SF-36-Fragebogen (*Short Form 36 Health Survey Questionary*) zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Im vierten Teil wurde der *Work-Ability-Index* (WAI) erfasst, welcher einen Index zur Bewertung der Arbeitsfähigkeit darstellt.

5.2.12.1 SF-36-Fragebogen

Der SF-36-Gesundheitsfragebogen ist ein nationales wie auch internationales Standardinstrument im Bereich der Lebensqualitätsforschung. Der Fragebogen besteht aus insgesamt 36 geschlossenen Fragen und erfasst dabei acht Dimensionen der subjektiven Gesundheit, mit unterschiedlichen Itemzahlen. Die einzelnen Dimensionen sind die körperliche Funktionsfähigkeit, die körperliche Rollenfunktion, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden. Aus den Ergebnissen des Scorings der Subskalen kann die standardisierte Auswertung der körperlichen und psychischen Summenskala erfolgen. Diese beiden Skalen wurden zur Untersuchung dieser Arbeit verwendet. Die Gütekriterien des SF-36-Fragebogens werden als exzellent beschrieben (Lüthi, 2007). Die Reliabilität und Validität wurde in internationalen Studien untersucht. Die interne Konsistenz variiert allerdings zwischen den Subskalen. Sie liegt in der Normstichprobe zwischen 0,74 (soziale Funktionsfähigkeit) und 0,94 (körperliche Funktionsfähigkeit) (Bullinger & Kirchberger, 1998).

5.2.12.2 Work Ability Index

Siehe Kapitel 4.2.4.4

5.2.13 Wirbelsäulenvermessung

Die Methode zur Wirbelsäulenvermessung dient der dreidimensionalen Vermessung der Rückenoberfläche und soll durch die Gewinnung verschiedener Formparameter die Erfassung der Haltung und Berechnung der Wirbelsäulenstatik sowie Rückenoberfläche und Beckenstandes ermöglichen. Die in dieser Arbeit verwendete Methode zur Untersuchung der Wirbelsäule und Haltungsanalyse wird als Videorasterstereographie bezeichnet und beruht auf dem Grundprinzip der Rasterstereographie. Bei der Rasterstereographie handelt es sich um ein stereophotogrammetrisches Verfahren, welches auf dem Prinzip der Triangulation basiert. Diese Technik liefert räumliche Informationen wodurch eine 3D-Rekonstruktion der Rückenoberfläche erfolgt und somit Rückschlüsse auf die darunterliegende Wirbelsäule gezogen werden können (Derup *et al.*, 2001). Bestandteile des Messsystems sind eine Kamera und ein Musterprojektor, welcher ein Rasterdiapositiv enthält, sowie ein damit verbundener Computer mit entsprechender Software. Der

Projektor bildet ein Linienmuster auf einem davor befindlichen Objekt, in Falle der Mess-situation auf die Rückenoberfläche ab, welches von der Kamera bei bekanntem Winkel zur Projektion erkannt wird (vgl. Abb. 22).

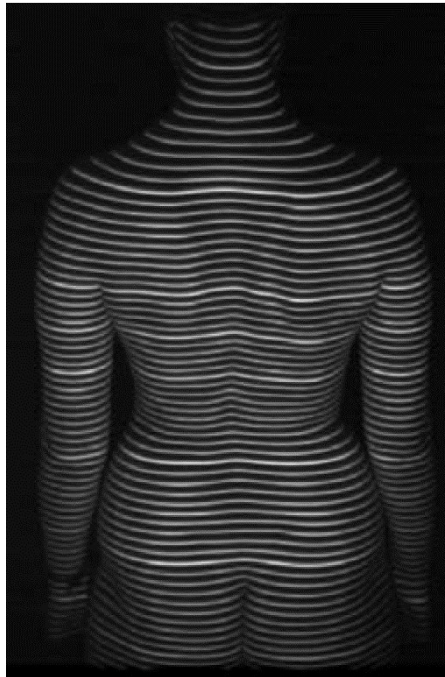


Abb. 22: Rasterstereographische Rückenvermessung: aufprojiziertes paralleles Linienmuster (Derup *et al.*, 2001)

Anschließend wird das Kamerabild zusammen mit dem Rasterdiapositiv zu einem Stereobildpaar zusammengefügt. Der dazugehörige Computer verarbeitet die aufgezeichneten Bilder und kann bei bekannter Geometrie der Anordnung in einer dreidimensionalen Rekonstruktion die Rückenoberfläche darstellen. Die 3D-Rekonstruktion der Rückenoberfläche wird als Datensatz von Punktkoordinaten (x , y , z) gespeichert. Die Analyse der Flächenform erfolgt auf Grundlage dieser Punktkoordinaten, das aus diesem invarianten Parameter abgeleitet werden kann. Die Koordinaten stellen nur die relative Stellung des Objektes zur Kamera wieder, weshalb sich diese nicht sinnvoll interpretieren lassen (Derup *et al.*, 2001).

Ein wichtiger invarianten Parameter ist z.B. die Oberflächenkrümmung der Rückenoberfläche. Anhand der Oberflächenkrümmung kann jedem gemessenen Punkt auf der Koordinate ein Wert zugewiesen werden. Die abgebildeten Farben variieren je nach Krümmung in der Farbtintensität. So werden konvexe Bereiche rot und konkave Bereiche Blau dargestellt (Abb. 23).

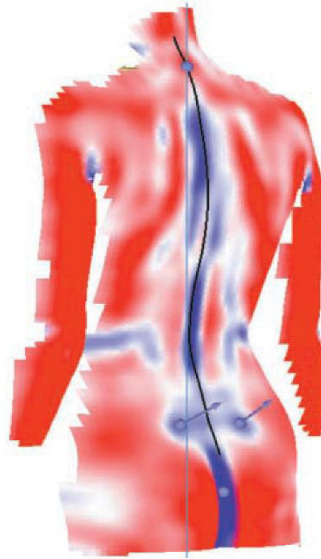


Abb. 23: Rasterstereographische Formanalyse: Krümmungskarte zur Lokalisation der Symmetrielinien und der anatomischen Bezugspunkte DL/DR und VP (Derup *et al.*, 2001)

Durch das Krümmungsmuster können anatomische Orientierungspunkte (Fixpunkte) bestimmt werden. Entscheidende Punkte für die Wirbelsäulenrekonstruktion sind der *Verta prominens* (VP) sowie das rechte und linke Lumbalgrübchen (DR/DL). Das System kann diese Fixpunkte durch mathematische Analysen der Krümmungsverteilung mit einer hohen Reproduzierbarkeit automatisch bestimmen. Bei Probanden mit starker Rückenbehaarung, starkem Übergewicht, faltiger Haut, bei ungünstigen Lichtverhältnissen, Tätowierung oder starker Pigmentierung, kann die automatische Punkteerkennung fehlerhaft sein. In diesem Fall müssen die Fixpunkte manuell korrigiert oder festgelegt werden (Betsch, 2008).

Weitere wichtige Fixpunkte stellen die Symmetrielinie entlang der Dornfortsätze, welche den Rücken in zwei Hälften unterteilt sowie die Mitte zwischen rechtem und linkem Lumbalgrübchen (DM) dar.

Anhand der beschriebenen Fixpunkteermittlung und Erkennung der Oberflächenkrümmung wie Halslordose, Brustkyphose und Lendenlordose sowie Konturlinien, können Rückschlüsse auf die darunterliegenden Strukturen der Wirbelsäule gezogen werden (Derup *et al.*, 2001).

Zur Videorasterstereographie wurden bereits einige Grundlagenuntersuchungen abgeschlossen, weshalb die Hauptgütekriterien der Reliabilität und Validität angenommen werden können und die Methode für den klinischen Einsatz als ausreichend beschrieben werden kann (Mohokum *et al.*, 2010, Schröder, Reer & Mattes, 2009, Derup *et al.*, 2001).

Schröder, Reer und Mattes (2009) weisen allerdings auf die Variabilität der menschlichen Haltung hin. Diese sei nicht identisch reproduzierbar und muss bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

Durch die optische, strahlungsfreie und berührungslose Vermessung der Rückenoberfläche, kann diese Methode eine sinnvolle Ergänzung oder sogar Ersatz zur Röntgenuntersuchung darstellen. Sie findet bereits Anwendung in der Klinik zur Bestimmung von Beinlängendifferenzen, Beurteilung der Wirbelsäulen Beweglichkeit oder zur Überprüfung von Orthesenbehandlungen. Darüber hinaus ist es eine geeignete Methode zur Diagnostik und Verlaufskontrolle von Skoliosen, Fehlhaltungen und Beckenschiefstellungen (Schröder, 2012; Hübner, 2010; Derup *et al.*, 2001).

Für diese Arbeit wurde mit Diers formatric 4D der Firma *DIERS International GmbH* (Schlangenbad) gearbeitet.

Insgesamt werden bei der Wirbelsäulenvermessung 71 Parameter erhoben. Im Folgenden werden die 7 wichtigsten, welche auch Bestandteil dieser Studie waren, kurz erläutert (Hübner, 2010; Derup *et al.*, 2001):

- Lotabweichung VP-DM in mm:
Die Lotabweichung wird definiert als der laterale Abstand zwischen VP und DM in Millimeter. Die Lotabweichung kann positive sowie negative Werte annehmen. Ein positiver Wert entspricht einer Verschiebung des VP nach rechts und ein negativer Wert eine Verschiebung nach links.
- Beckenhochstand DL-DR in mm:
Der Beckenhochstand beschreibt die Höhendifferenz von DL und DR zueinander, bezogen auf die Transversalebene. Ein positiver Wert bedeutet, dass DR höher liegt als DL.
- Beckentorsion DL-DR in °:
Die Beckentorsion beschreibt die Verwindung von DL zu DR, sprich die Unterschiede in der Neigung der Beckenschaufeln zueinander.
- Oberflächenrotation (rms) in °:
Die Oberflächenrotation beschreibt den mittleren quadratischen Wert (*root mean square*) der Oberflächenrotation auf der Symmetrieebene.
- Seitabweichung (VP-DM (rms) in mm:
Die Seitabweichung wird definiert als mittlere quadratische Abweichung (*rms*) der Mittellinie der Wirbelsäule von der Verbindungslinie VP DM in der Frontalebene.

- Kyphosewinkel ICT-ITL (Max) in °:
Der Kyphosewinkel wird aufgespannt von den Tangenten festgelegt als Winkel zwischen den Oberflächentangenten an den Wendepunkten zwischen Halslordose (ICT) und Brustkyphose (ITL) (vgl. Abb. 24).
- Lordosewinkel ITL-ILS (Max) in °:
Entsprechend dem Kyphosewinkel wird der Lordosewinkel definiert als Winkel zwischen den Oberflächentangenten an den Wendepunkten der Brustkyphose (ITL) und Lendenlordose (ILS) (vgl. Abb. 24).

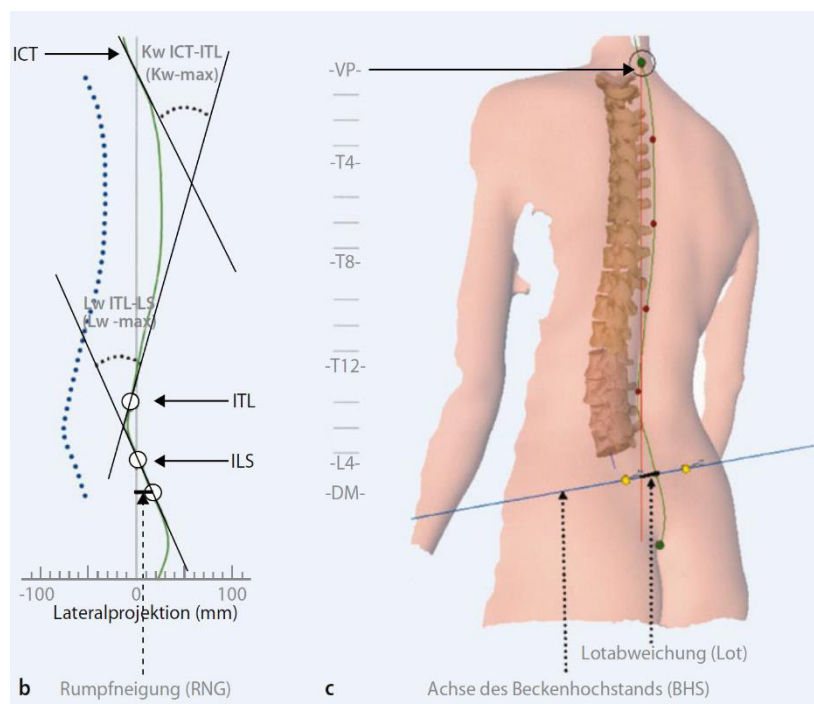


Abb. 24: Illustration von berechneten Parametern b) in der Lateralprojektion (maximaler Kyphosewinkel, maximaler Lordosewinkel, Rumpfneigung) und c) in der Animation der Rückenoberflächenrekonstruktion (Beckenhochstand, Lotabweichung (Schröder, Strübing & Mattes, 2010))

Die Vermessung selbst findet in einem abgedunkelten Raum statt, damit die auf den Rücken projizierten Linienmuster von der Kamera besser erkannt und verarbeitet werden können. Der Proband befindet sich dabei, nur in Unterhose bekleidet, in genau definiertem Abstand zum Messgerät. Er steht in aufrechter, entspannter Position mit locker hängenden Armen und dem Rücken in Richtung des Gerätes gerichtet im Projektionsfeld des Diapositivs. Die Beine sind durchgedrückt und der Blick geht nach vorne. Während der Messung ist es wichtig, dass die gesamte Wirbelsäule inklusive Steißbein unbekleidet ist, damit alle Strukturen vom System erkannt werden können. Die Aufnahme der Bilder dauert inklusive computergestützter Auswertung nur wenige Sekunden. Während dessen sollte der Proband möglichst ruhig stehen bleiben. Das System erstellt daraufhin

ein dreidimensionales Abbild des Rückens und der Wirbelsäule, welches sofort begutachtet und analysiert werden kann. Eine manuelle Fixpunktkorrektur wurde im Einzelfall individuell durch den Untersucher vorgenommen.

5.2.14 Blutfettwerte

Vor den Untersuchungen wurde jedem Probanden ca. 17,5 ml Blut (2x 7,5 ml Serum-Gel [Sarstedt]; 2,7 ml EDTA K [Sarstedt]) per Safety-Multifly (Sarstedt) aus einer Ante-kubitalvene entnommen. Neben der Abteilung für Sportmedizin der JLU Gießen war zusätzlich das Labor der Firma Synlab Medizinisches Versorgungszentrum GmbH (Kassel) für die Analyse der Blutwerte verantwortlich. Die Befunde der Zielwerte „Gesamtcholesterin, HDL-Cholesterin und LDL-Cholesterin“ wurden von Synlab sowohl elektronisch im als auch schriftlich per Kurier dem Prüfbüro zur Verfügung gestellt.

5.2.15 Trainingsintervention

5.2.15.1 Krafttraining

Die Probanden dieser Interventionsgruppe führten ein spezielles Krafttrainingsprogramm durch, wobei die beim Schweißen hauptsächlich beanspruchten Muskeln trainiert wurden. Daher wurde das Krafttraining spezifisch auf die Förderung dieser Muskulatur und deren Antagonisten ausgerichtet. Zusätzlich waren Übungen für die Beinmuskulatur in das Trainingsprogramm integriert.

Das Krafttraining umfasste insgesamt 12 Kraftübungen für folgende Muskeln:

- *M. pectoralis/ M. triceps* (Übung: Brustpresse/ Bankdrücken)
- *Mm. rhomboidei/ M. biceps (M. trapezius/ M. latissimus dorsi)* (Übung: Ruderzug)
- *M. deltoideus* (Übung: Schulterpresse/Seitheben)
- *M. trapezius pars descendens* (Schulterheben mit der Kurzhantel)
- *Mm. flexores (palmaris)* (Unterarm-Curls Supinationsgriff)
- *Mm. extensores (palmaris)* (Unterarm-Curls Pronationsgriff)
- *M. infraspinatus M. supraspinatus & M. teres minor* (Außenrotation am Seilzug)
- *M. subscapularis* (Innenrotation am Seilzug)
- *M. quadrizeps femoris* (Beinstrecker-Maschine)
- *Mm. ischiocrurales* (Beinbeuger-Maschine)
- *Mm. abdominis* (Bauchpresse oder Crunches)
- *M. erector spinae* (Rückenstrecker-Gerät)

Eine ausführliche Beschreibung des Trainingsprogramms findet sich im Anhang.

Zu Beginn des Krafttrainings erfolgte eine Einweisung in das Gerätetraining durch den Studienleiter. Zusätzlich erfolgte die Ermittlung des Kraftniveaus für jede Muskelgruppe bzw. Kraftübung, woraufhin der Trainingsplan erstellt wurde. Die vorliegende Intervention richtete sich, hinsichtlich der Belastungsnormativa, nach den allgemein gültigen Empfehlungen (*Amercian College of Sports Medicine*, 2005; Rhea *et al.*, 2003; Feigenbaum & Pollock 1999). In der Woche 1 bis 12 trainierten die Probanden mit einer Trainingsintensität von 55% der errechneten Maximalkraft mit 20-25 Wiederholungen (Kraftausdauer-Methode) und in Woche 13- 25 mit einer Intensität von 70% der errechneten Maximalkraft mit 10-12 Wiederholungen (Hypertrophie-Methode). Jede Übung wurde 3x pro Trainingseinheit absolviert. Das Training sollte 2-3-mal pro Woche stattfinden.

Die Zielsetzung des Krafttrainings ist eine funktionelle und strukturelle Adaption des neuromuskulären Systems. Bei dem Kraftausdauertraining wird vorwiegend die Energie liefernden Prozesse, zur Realisierung der Muskelarbeit, beansprucht (Schröder, 2010). Durch die geringere Beanspruchung der passiven Strukturen, eignet sich diese Methode besonders für Krafttraining unerfahrene Personen, um eine Überbelastung von Sehnen, Bändern und Gelenken zu Beginn des Trainings zu vermeiden.

Unter einem Hypertrophietraining versteht man die Muskelquerschnittsvergrößerung durch Verdickung der Muskelfasern. Die optimale Reizzusammensetzung für die muskulären Adaptionen sieht eine ausreichend lange und hohe Muskelspannung sowie die Ausschöpfung von Energiereserven bis in den anaeroben-laktaziden Bereich vor. Für das Training bedeuten dies submaximal hohe Lasten und ein großes Trainingsvolumen (Schröder, 2010).

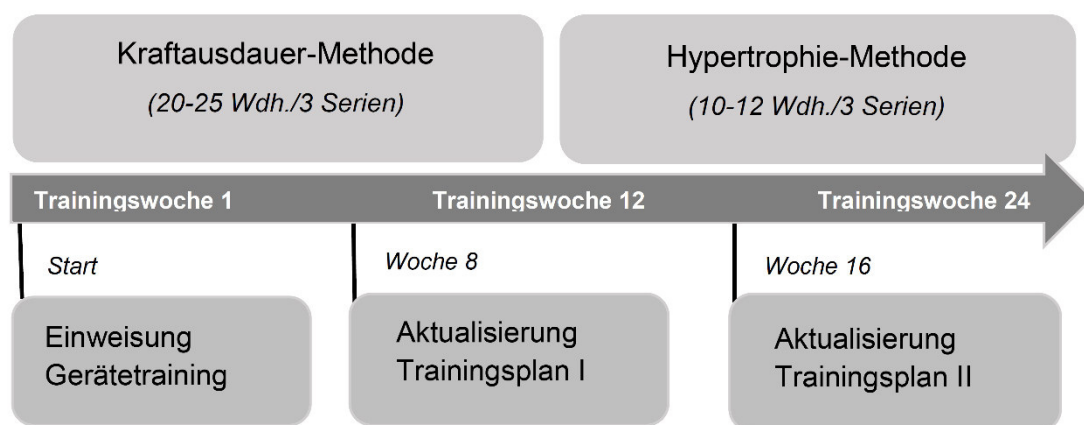


Abb. 25: Schematischer Ablauf und Betreuung der 6-monatigen Krafttrainingsphase

Zur Bestimmung der Trainingslast wurde die Krafftähigkeit alle 8 Wochen erneut per Wiederholungsmethode bestimmt. Dazu wurde der Proband an jedem Krafttrainingsgerät aufgefordert bei einem bestimmten Gewicht, so viele Wiederholungen wie möglich zu absolvieren. Über die Wiederholungszahl wurde nach entsprechender Formel die Maximalkraft ermittelt (1-RM) und die entsprechende Trainingslast nach der definierten Trainingsintensität (%) errechnet.

In Woche 4, 12 sowie 20 wurden die Probanden zusätzlich zur Trainingskontrolle telefonisch kontaktiert.

5.2.15.2 Ausdauertraining

Bei dem in dieser Studie durchgeführten Ausdauertraining, handelte es sich um ein allgemeines Ausdauertraining ohne Vorgabe einer spezifischen Sportart. Die Probanden durften nach Belieben, nach Rücksprache mit dem Studienleiter, eine geeignete Belastungsform wählen. In Fitnessseinrichtungen standen hierbei klassischerweise Fahrradergometer, Crosstrainer oder Laufband bereit. Das Ausdauerprogramm konnte ebenfalls zu Hause absolviert werden. Neben Fahrradfahren und Joggen stellte auch Walking oder Nordic-Walking eine geeignete Methode dar.

Die Intervention der Schweißstudie berief sich auf ein 24-wöchiges Ausdauertraining. Dabei beschränkte sich die Intervention auf die Dauermethode im Grundlagenausdauerbereich (GA) 1 & 2. Vor dem Ausdauertraining wurde eine Laktat-Leistungsdiagnostik mit Belastungs-EKG zur Feststellung der Ausdauerleistungsfähigkeit durchgeführt. Auf dieser Grundlage wurde für jeden Probanden individuell die Trainingsintensität ermittelt. Beim Training im Grundlagenausdauerbereich 1 wird vor allem die aerobe fettreiche Energiebereitstellung angesprochen. Dabei kann es zu einer effizienteren Sauerstoffversorgung in der Muskulatur kommen und damit zu einer verbesserten muskulären Grundlagenausdauerleistung. Beim Grundlagenausdauerbereich 2 befindet sich das Training im Übergangsbereich zwischen aerober und anaerober Energiebereitstellung. Diese Art der Trainingsmethode dient vor allem der ökonomisierten Nutzung der Kohlenhydratdepots (Neumann, Pfützner & Berbalk 2011).

Um eine Trainingssteuerung zu gewährleisten, wurde für jeden Probanden die individuelle Herzfrequenz, auf Grundlage der sportmedizinischen Belastungsuntersuchung, im GA 1 und GA 2 ermittelt. Nach Ermittlung der Daten erhielten die Probanden einen standardisierten Ausdauertrainingsplan sowie eine Pulsuhr (*Firma Polar® Electro GmbH Deutschland, Bittelborn*) zur Ausleihe. In den ersten 12 Wochen erfolgte eine umfangsorientierte Trainingsbelastung mit wöchentlich 2x GA 1 und 1x GA 2. Dabei wurde der

wöchentliche Trainingsumfang alle 4 Wochen um 10% gesteigert. Der mittlere wöchentliche Trainingsumfang beschränkte sich auf 90 Minuten. Während der zweiten 12 Wochen wurde die Trainingsbelastung intensiver und steigerte sich auf wöchentlich 2x Grundlagenausdauer 2 und 1x Grundlagenausdauer 1. Ebenfalls wurde auch bei dieser Trainingskonstellation der Umfang alle 4 Wochen um 10% gesteigert. Allerdings betrug der mittlere wöchentliche Trainingsumfang nun 110 Minuten (Tab. 6).

Alle 4 Wochen wurden die Probanden zur Trainingskontrolle telefonisch kontaktiert.

Tab. 6: Tabellarische Übersicht des Aufbaus der 24-wöchigen Ausdauerintervention

Woche	Trainingsbelastung	Umfang
1 - 4	2 x 30 Min. GA1 & 1 x 20 Min. GA2 Trainingskontrolle: Telefonische Kontaktaufnahme	80 Min.
5 - 8	2 x 35 Min. GA1 & 1 x 20 Min. GA2 Trainingskontrolle: Telefonische Kontaktaufnahme	90 Min.
9 - 12	2 x 40 Min. GA1 & 1 x 20 Min. GA2 Trainingskontrolle: Telefonische Kontaktaufnahme	100 Min.
13 - 16	1 x 40 Min. GA1 & 2 x 30 Min. GA2 Trainingskontrolle: Telefonische Kontaktaufnahme	100 Min.
17 - 20	1 x 40 Min. GA1 & 2 x 35 Min. GA2 Trainingskontrolle: Telefonische Kontaktaufnahme	110 Min.
21 - 24	1 x 40 Min. GA1 & 2 x 40 Min. GA2	120 Min.

5.2.16 Statistik

Im Rahmen der Studie wurden die Effekte zweier Trainingsinterventionen auf die Zielgrößen gegenüber einer Kontrollgruppe untersucht. Die Auswertung aller Haupt- und Nebenzielparameter erfolgte als *Intention-to-treat*-Analyse. Es wurden, unabhängig von der Trainingsbeteiligung, alle Probanden eingeschlossen, die zu Nachuntersuchung erschienen. In einem ersten Schritt wurden die Daten der Gruppen des Voruntersuchungszeitpunktes (Prä) mit einer Einfaktoriellen-Varianzanalyse auf Strukturgleichheit überprüft. In dem inferenzstatistischen Design stellt die Gruppenvariable (Gruppe) eine dreistufige unabhängige Variable (UV) dar (Kontrollgruppe, Ausdauertraining, Krafttraining) welche als Zwischensubjektfaktor (*between-subject-factor*) bezeichnet wird. Da die entsprechenden Zielgrößen (abhängige Variablen – AV's) zu zwei Messzeitpunkten (Vor-

und Nachuntersuchung) erhoben wurden, handelt es sich hierbei zusätzlich um einen zweistufigen Messwiederholungsfaktor „Zeit“ (Innersubjektfaktor oder *within-subject-factor*).

Zur Überprüfung von H_0 wurde entsprechend eine zweifaktorielle Varianzanalyse (*Two-Way-ANOVA*) mit Messwiederholung (gemischtes Design) durchgeführt. Die Ergebnisse werden entsprechend dargestellt, um folgende Frage und damit einhergehend die Hypothesen zu beantworten: Gibt es eine wechselseitige Beeinflussung (Interaktionseffekt) der beiden Faktoren Gruppe und Zeit (Gruppe*Zeit)?

Da für dieses statistische Verfahren keine non-parametrische Option zur Verfügung steht und Simulationen zeigen, dass Varianzanalysen relativ robuste Messverfahren gegenüber Verletzungen der Normalverteilung sind, wurde ohne weitere Anpassung verfahren (Wilcox, 2012; Pagano, 2010; Salking, 2010).

Im Falle des Vorliegens eines signifikanten Haupteffektes der Interaktion wurde zusätzlich eine Post-hoc-Analyse zur Identifikation und Lokalisation von Gruppenunterschieden durchgeführt.

Zur zusätzlichen Analyse von Trainingseffekten wurden paarweise Vergleiche, im Sinne eines Prä-Post-Tests, innerhalb der jeweiligen Interventionsgruppen durchgeführt. Hierzu wurde in Abhängigkeit der Verteilung ein t-Test für verbundene Stichproben oder ein Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test durchgeführt.

Zur Vermeidung einer α -Fehler-Kumulierung wurden sowohl bei den Post-Hoc-Tests wie auch den paarweisen Vergleichen innerhalb einer Variable die Signifikanzniveaus nach der Bonferoni-Holm-Korrektur adjustiert.

Neben der Überprüfung von H_0 wurden diese Analyseverfahren auch zur Auswertung aller Nebenzielparameter, im Sinne einer explorativen Datenanalyse, verwendet.

Zur Angabe der globalen Effektstärke des Interaktionseffekts von Gruppe und Zeit wurde das partielle η^2 (η^2_{partial}) bestimmt. Darüber hinaus wurde für Post-Hoc-Analysen des Interaktionseffekts die Effektstärke d für unabhängige Stichproben sowie bei paarweisen Vergleichen die Effektstärke mit der Bezeichnung d_z errechnet.

Die grafische Präsentation der Hauptzielparameter wird im Folgenden einheitlich als Balkendiagramm dargestellt. Die Darstellung der Nebenzielparameter erfolgt tabellarisch.

Als Maß der zentralen Tendenz und Streuungsmaß werden der Mittelwert (MW) $\pm$ Standardabweichung (SD) angegeben. Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ festgelegt. Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Software *IBM® SPSS® Statistics* für MS-Windows Version 24. Die Kalkulation der Effektstärken d sowie d_z wurde mittels der Software *G*Power* Version 3.1.9.2 durchgeführt.

Die Erstellung der Abbildungen erfolgte mit *Graph Pad Prism®* für Windows (5.01).

5.3 Studie II – Ergebnisse

5.3.1 Studienverlauf

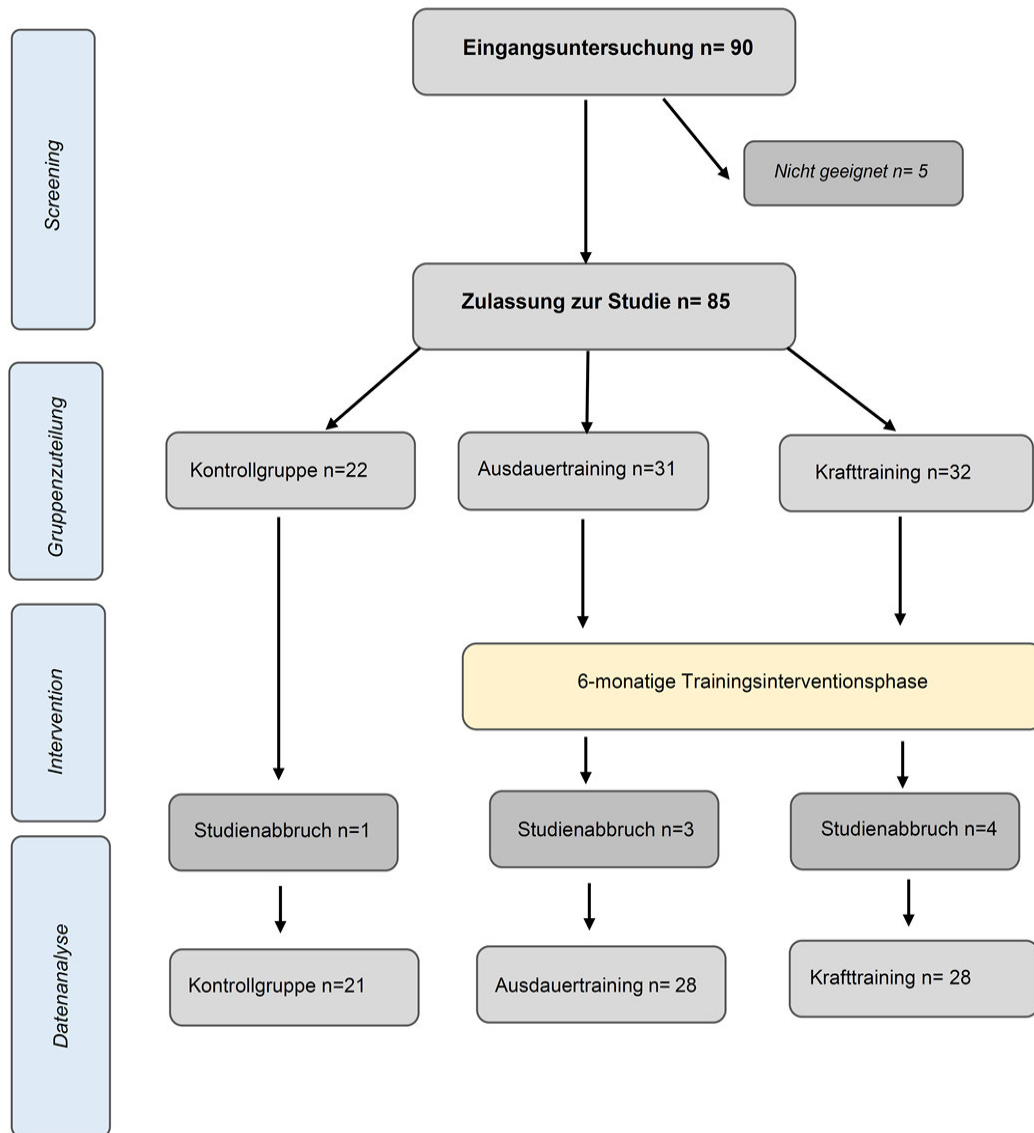


Abb. 26. Flussdiagramm der Probandenrekrutierung (Screening, Gruppenzuteilung, Intervention und Datenanalyse)

5.3.2 Stichprobe

In Tabelle 7 sind die demographischen Daten Alter, Größe, Gewicht und BMI für alle Behandlungsgruppen zum Zeitpunkt der Voruntersuchung dargestellt. Insgesamt haben 77 Probanden die Studie erfolgreich absolviert. Davon waren 76 Probanden männlich und eine Person weiblich (Ausdauertraining).

Tab.7: Deskriptive Auswertung und Test auf Strukturgleichheit zum Zeitpunkt der Voruntersuchung der demographischen Charakteristika der Stichprobe Aufgeteilt nach Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit (p)

Gruppe	Min	Med	Max	MW	SD	p
Alter [Jahre]						
Kontrolle	23	34	59	39	11	0,337
Ausdauer	23	35	57	39	10	
Kraft	26	44	55	42	8	
Größe [cm]						
Kontrolle	164,0	176,0	201,0	176,4	8,5	0,878
Ausdauer	159,0	177,5	194,0	177,4	7,7	
Kraft	163,0	178,5	189,0	177,4	6,7	
Gewicht [kg]						
Kontrolle	57,8	85,6	118,9	87,8	17,1	0,565
Ausdauer	61,7	88,5	143,5	92,0	20,7	
Kraft	64,0	87,6	110,6	87,6	12,0	
Body-Maß-Index [kg/m²]						
Kontrolle	20,3	27,5	35,8	28,2	4,5	0,563
Ausdauer	19,3	26,9	45,8	29,3	6,5	
Kraft	21,5	27,2	33,9	27,9	3,5	

5.3.3 Trainingsbeteiligung

In Tabelle 8 sind die Daten zur Trainingsbeteiligung der Probanden von Ausdauer- und Krafttrainingsgruppe dargestellt.

Tab. 8: Deskriptive Auswertung der Trainingsbeteiligung, aufgeteilt nach Ausdauertraining und Krafttraining. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD)

Gruppe	Min	Med	Max	MW	SD
Trainingsbeteiligung [%]					
Ausdauer	4,0	83,3	100,0	76,7	25,0
Kraft	4,2	72,9	102,8	66,3	27,9

5.3.4 Strukturgleichheit der Zielgrößen

Für die Hauptzielparameter konnten statistisch betrachtet keine strukturellen Ungleichheiten zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt der Voruntersuchung festgestellt werden (Tab. 9). Das Resultat des *M. erector spinae* erwies sich als grenzwertig.

Tab. 9: Mittelwert und Standardabweichung sowie p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit der Hauptzielgrößen zu Zeitpunkt der Voruntersuchung zwischen der Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining.

Zielgrößen	Kontrolle	Ausdauer	Kraft	p
<i>M. trapezius p.</i> d. [%MVC] PD	18,4 ± 10,66	18,00 ± 7,55	18,91 ± 10,83	0,941
<i>M. erector spi-</i> <i>nae</i> (L1) [%MVC] PD	6,65 ± 5,24	6,10 ± 4,37	5,57 ± 4,24	0,719
<i>M. trapezius p.</i> d. [%MVC] PA	12,75 ± 5,21	15,46 ± 7,19	15,90 ± 7,67	0,268
<i>M. erector spi-</i> <i>nae</i> (L1) [%MVC] PA	4,58 ± 3,00	7,90 ± 5,62	6,76 ± 4,67	0,054

Für die folgenden Nebenzielgrößen (Tab. 10) konnten bereits zur Voruntersuchung signifikante Gruppenunterschiede festgestellt werden, weshalb für diese keine Berechnung der Interaktionseffekte (Gruppe*Zeitpunkt) erfolgt. Für alle weiteren Parameter konnten keine auffälligen p-Werte ermittelt werden.

Tab. 10: Mittelwert und Standardabweichung sowie p-Wert des Tests auf Strukturgleichheit der signifikanten Nebenzielgrößen zum Zeitpunkt der Voruntersuchung zwischen der Kontrollgruppe, Ausdauertraining und Krafttraining

Zielgrößen	Kontrolle	Ausdauer	Kraft	p
<i>M. biceps brachii</i>	3,32 ± 2,85	2,61 ± 1,40	4,69 ± 3,75	0,037
[%MVC] PD				
<i>M. triceps brachii</i>	4,92 ± 3,48	3,76 ± 3,84	7,60 ± 4,31	0,002
[%MVC] PA				
<i>M. triceps brachii</i>	4,15 ± 3,13	2,65 ± 1,61	5,73 ± 3,87	≤0,001
[%MVC] PD				
SF-36-Fragebogen	348,60 ±	259,18 ±	315,55 ±	0,034
körperliche SK	140,10	109,39	103,82	
[Score]				

5.3.5 Hauptzielparameter

In Abbildung 27 und 28 sind die Ergebnisse der Hauptzielparameter in Position PD dargestellt. Zur Voruntersuchung konnte für den *M. trapezius pars descendens* in stehender Position PD, bei den Probanden der Kontrollgruppe, eine mittlere Beanspruchung von $18,4 \pm 10,7\%$ und zur Nachuntersuchung von $16,4 \pm 8,8\%$ ermittelt werden. Für die Probanden der Ausdauertrainingsgruppe wurde vor der Intervention im Schweißexperiment eine muskuläre Aktivität von $18,0 \pm 7,6\%$ und nach dem Training von $16,6 \pm 6,8\%$ festgestellt. Bei den Probanden der Krafttrainingsgruppe verringerte sich die mittlere muskuläre Aktivität von $18,5 \pm 9,6\%$ zur Voruntersuchung auf $15,1 \pm 9,0\%$ zur Nachuntersuchung ($p=0,042$, $d_z=0,40$). Der Interaktionseffekt (Gruppe*Zeit) ($F(2,73)=0,608$, $p=0,547$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,016$) zeigte keine statistisch relevanten Effekte.

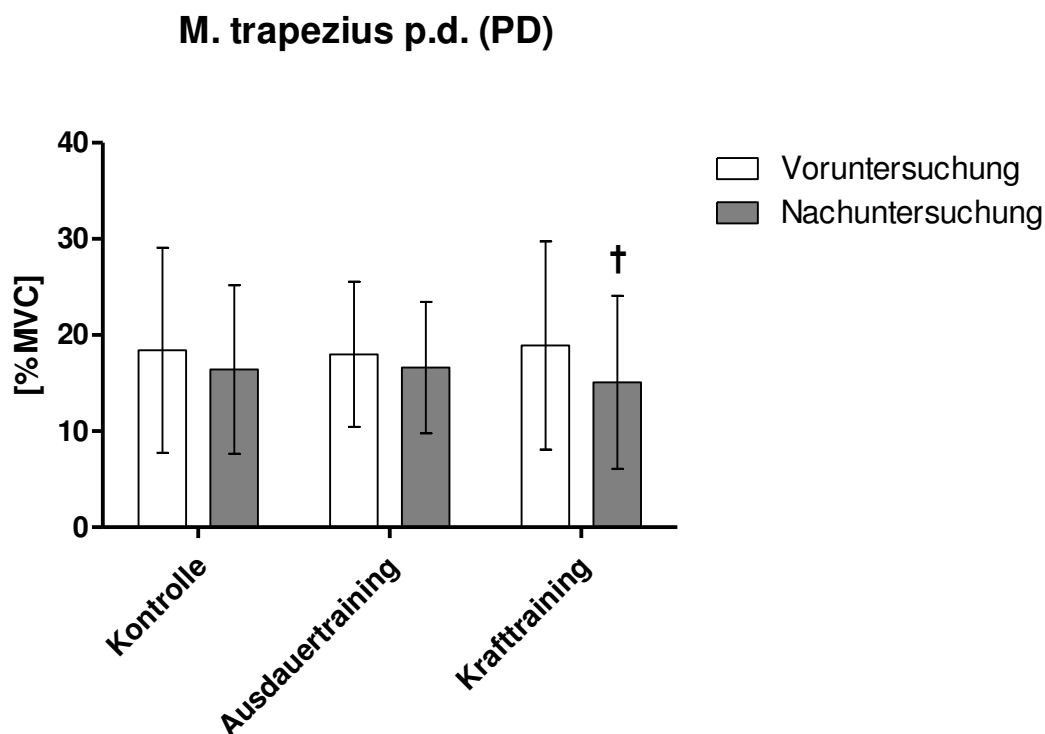


Abb. 27: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. trapezius pars descendens* (% MVC) in Schweißposition PD getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung

Für den *M. erector spinae* in Position PD konnten folgende Ergebnisse beobachtet werden: Eine mittlere muskuläre Aktivität von $6,7 \pm 5,2\%$ wurde bei den Probanden der Kontrollgruppe zur Voruntersuchung erhoben. Zur Nachuntersuchung betrug diese $6,7 \pm 4,1\%$. Innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe veränderte sich die mittlere muskuläre Beanspruchung zwischen vor und Nachuntersuchung von $6,10 \pm 4,4\%$ auf $5,6 \pm 2,9\%$. Bei den Probanden der Krafttrainingsgruppe konnte diese bei der ersten Untersuchung mit $5,7 \pm 4,2\%$ und bei der zweiten Untersuchung mit $4,9 \pm 2,5\%$ analysiert werden. Insgesamt zeigte sich für diesen Parameter keine statistische Auffälligkeit.

M. erector spinae (PD)

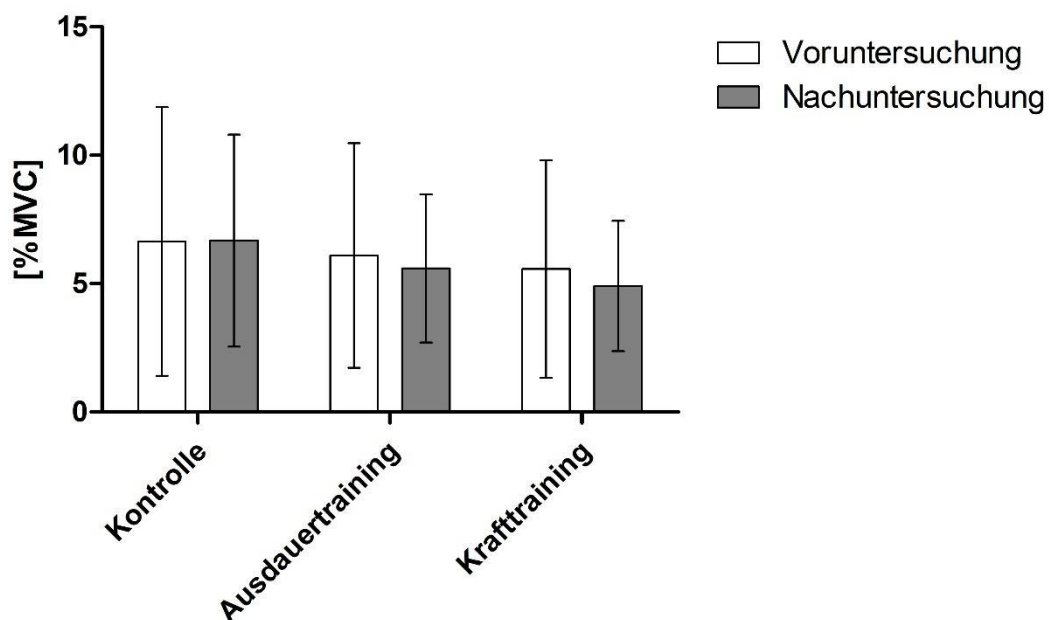


Abb. 28: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. erector spinae* (L1) (% MVC) in Schweißposition PD getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD

Zur Voruntersuchung konnte für den *M. trapezius pars descendens* in Position PA, bei den Probanden der Kontrollgruppe, eine mittlere Beanspruchung von $12,8 \pm 5,2\%$ und zur Nachuntersuchung von $14,0 \pm 5,5\%$ ermittelt werden (Abbildung 29). Bei den Probanden der Ausdauergruppe konnte vor der Intervention eine muskuläre Aktivität von $15,6 \pm 7,5\%$ und danach von $12,6 \pm 5,9\%$ erhoben werden. Vor der 6-monatigen Trainingsintervention wurde bei den Probanden der Krafttrainingsgruppe eine mittlere muskuläre Aktivität von $16,1 \pm 7,5\%$ und nach der Intervention von $12,6 \pm 5,9\%$ festgestellt. Ein signifikanter Interaktionseffekt von Zeit und Gruppe wurde mit $F(2,71)=4,419$, $p=0,016$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,111$ ermittelt. Die Post-hoc-Analyse der Interaktion ergab einen statistischen Unterschied zwischen der Kontroll- und Ausdauergruppe ($p=0,028$, $d=0,82$) sowie der Kontroll- und Krafttrainingsgruppe ($p=0,021$, $d=0,80$). Statistische Unterschiede konnten ebenfalls innerhalb der Ausdauer- ($p=0,024$, $d_z=0,50$) sowie der Krafttrainingsgruppe ($p=0,028$, $d_z=0,44$) festgestellt werden. In beiden Fällen konnte eine Beanspruchungsreduktion zur Nachuntersuchung analysiert werden.

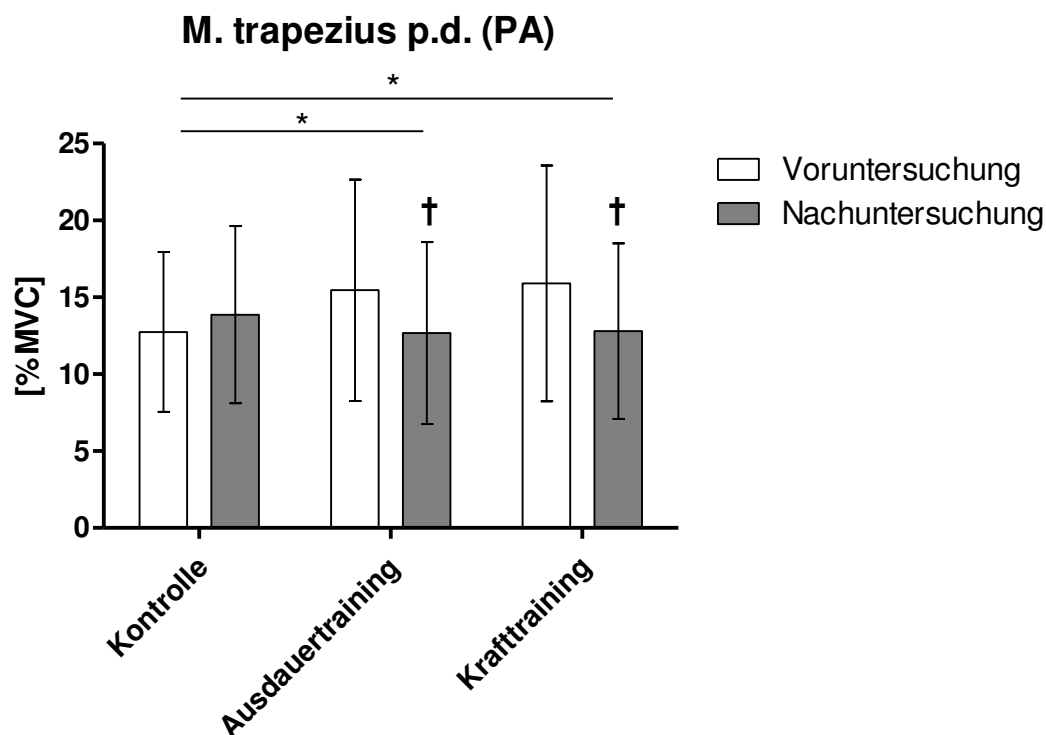


Abb. 29: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. trapezius pars descendens* (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung

Zur Voruntersuchung konnte für den *M. erector spinae* in Position PA, bei den Probanden der Kontrollgruppe, eine mittlere Beanspruchung von $4,6 \pm 3,0\%$ und zur Nachuntersuchung von $6,8 \pm 4,9\%$ ermittelt werden (Abbildung 30). Bei den Probanden der Ausdauergruppe wurde die muskuläre Aktivität mit $7,9 \pm 5,6\%$ zur Voruntersuchung und mit $6,4 \pm 3,9\%$ zur Nachuntersuchung erhoben. Vor der 6-monatigen Trainingsintervention konnte bei den Probanden der Krafttrainingsgruppe eine mittlere muskuläre Aktivität von $6,9 \pm 4,7\%$ und nach der Intervention von $5,9 \pm 3,9\%$ festgestellt werden. Insgesamt konnte für die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ein signifikanter Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit mit $F(2,70)=4,006$, $p=0,023$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,103$ errechnet werden. Die Post-hoc-Analyse liefert lediglich tendenzielle Unterschiede zwischen der Kontroll- und Ausdauergruppe ($p=0,081$, $d=0,27$) sowie Kontroll- und Krafttrainingsgruppe ($p=0,086$, $d=0,45$). Innerhalb der Kontrollgruppe wurde zwischen Vor- und Nachuntersuchung ein statistisch auffälliger Anstieg der Beanspruchung ermittelt ($p=0,024$, $d_z=0,40$).

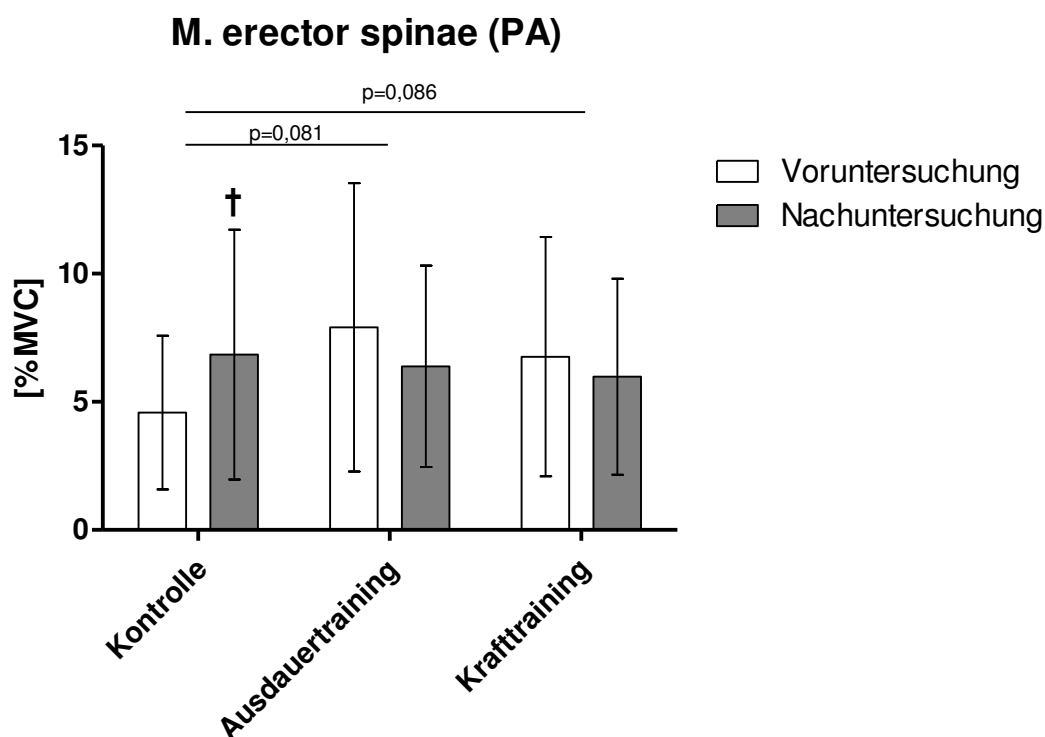


Abb. 30: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. erector spinae* (L1) (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach Gruppe (Kontrolle, Ausdauertraining und Krafttraining) und Messzeitpunkt (Vor- und Nachuntersuchung). Dargestellt sind MW $\pm$ SD. * Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Vor- vs. Nachuntersuchung

5.3.6 Nebenzielparameter

5.3.6.1 Muskuläre Beanspruchung

Tabelle 11 zeigt die Auswertung der sechs weiteren muskulären Beanspruchungen (%) in Position PD. Für die Zielparameter *M. biceps brachii* und *M. triceps brachii* wurde aufgrund der Gruppenunterschiede zu Zeitpunkt Prä keine Inferenzstatistik durchgeführt. Eine tendenzielle Abnahme der muskulären Beanspruchung konnte für die Zielparameter „*M. infraspinatus*“ ($p=0,068$, $d_z=0,41$) und „*M. deltoideus p.c.*“ ($p=0,060$, $d_z=0,41$) innerhalb der Krafttrainingsgruppe ermittelt werden.

Tab. 11: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PD angegeben als MW $\pm$ SD, p-Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse, n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä. § Paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
M. biceps brachii	Kontrolle	3,3 $\pm$ 2,9	4,1 $\pm$ 3,3	n. b.	n. b.
	Ausdauer	2,6 $\pm$ 1,4	3,2 $\pm$ 2,3		
	Kraft	4,7 $\pm$ 3,8	2,9 $\pm$ 2,5		
M. triceps brachii	Kontrolle	4,2 $\pm$ 3,1	8,0 $\pm$ 9,2	n. b.	n. b.
	Ausdauer	2,7 $\pm$ 1,6	3,1 $\pm$ 3,7		
	Kraft	5,7 $\pm$ 3,9	4,4 $\pm$ 4,7		
M. extensor d.l.	Kontrolle	16,2 $\pm$ 8,0	14,6 $\pm$ 6,8	0,122	0,057
	Ausdauer	14,3 $\pm$ 4,5	16,7 $\pm$ 6,6		
	Kraft	14,5 $\pm$ 6,2	14,7 $\pm$ 5,5		
M. infraspinatus	Kontrolle	12,0 $\pm$ 9,7	10,6 $\pm$ 6,1	0,429	0,023
	Ausdauer	12,4 $\pm$ 4,9	11,7 $\pm$ 5,7		
	Kraft §	11,3 $\pm$ 7,3	8,4 $\pm$ 5,2		
M. pectoralis	Kontrolle	12,0 $\pm$ 6,4	11,8 $\pm$ 6,4	0,593	0,015
	Ausdauer	11,4 $\pm$ 6,8	11,9 $\pm$ 7,9		
	Kraft	9,9 $\pm$ 5,2	12,0 $\pm$ 7,1		
M. deltoideus	Kontrolle	16,5 $\pm$ 6,2	17,2 $\pm$ 7,2	0,319	0,032
	Ausdauer	17,5 $\pm$ 7,8	17,2 $\pm$ 7,2		
	Kraft §	14,5 $\pm$ 4,6	12,0 $\pm$ 6,2		

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse der Beanspruchungen der Muskulatur (%) in Position PA. Auch in dieser Position wurde auf die Auswertung für den Zielparameter *M. triceps brachii*, aufgrund Gruppenunterschiede zu Zeitpunkt Prä, verzichtet. Die Analysen der anderen Zielparameter ergaben lediglich einen Interaktionseffekt von Messwiederholung und Gruppe des *M. pectoralis p.c.*, welcher mit $F(2,70)=4,961$, $p=0,01$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,124$ ermittelt werden konnte. Der Post-Hoc-Vergleich weist auf einen Unterschied zwischen Kontroll- und Krafttrainingsgruppe ($p=0,006$, $d=0,81$) hin. Innerhalb der Krafttrainingsgruppe konnte eine tendenzielle Steigerung der muskulären Beanspruchung mit $p=0,10$, $d_z=0,50$ erhoben werden.

Tab.12: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PA angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
M. biceps brachii	Kontrolle	3,7 ± 2,5	4,2 ± 3,4	0,227	0,043
	Ausdauer	5,3 ± 5,0	4,2 ± 2,9		
	Kraft	6,0 ± 4,9	4,2 ± 3,2		
M. triceps brachii	Kontrolle	4,9 ± 3,5	8,9 ± 8,6	n. b.	n. b.
	Ausdauer	3,8 ± 3,8	3,5 ± 4,3		
	Kraft	7,6 ± 4,3	6,5 ± 5,9		
M. extensor dig.I.	Kontrolle	8,9 ± 4,8	10,0 ± 7,2	0,756	0,014
	Ausdauer	6,8 ± 7,1	8,6 ± 5,4		
	Kraft	9,8 ± 5,2	9,6 ± 6,0		
M. infraspinatus	Kontrolle	9,8 ± 6,2	10,5 ± 5,9	0,171	0,048
	Ausdauer	11,7 ± 4,7	9,3 ± 4,3		
	Kraft	9,7 ± 5,4	9,4 ± 7,0		
M. pectoralis	Kontrolle	4,4 ± 4,6	2,2 ± 2,6	0,010^b	0,124
	Ausdauer	2,5 ± 3,5	3,1 ± 5,8		
	Kraft §	2,9 ± 2,9	6,0 ± 6,8		
M. deltoideus	Kontrolle	9,5 ± 6,2	8,9 ± 4,0	0,756	0,008
	Ausdauer	8,3 ± 5,1	6,5 ± 3,9		
	Kraft	7,6 ± 6,4	6,2 ± 4,0		

5.3.6.2 Muskuläre Ermüdung

Bei der Frequenzanalyse in Position PD konnte eine statistisch auffällige Zunahme der MnF-Werte des *M. triceps brachii* zwischen Vor- und Nachuntersuchung für die Probanden des Krafttrainings ($p=0,017$, $d_z=0,50$) beobachtet werden.

Weitere Untersuchungen ergaben keine statistisch relevanten Ergebnisse der Frequenz- oder Amplitudenermüdung, weshalb auf die Darstellung verzichtet wird.

5.3.6.3 Herz-Kreislauf Beanspruchung

In Position PD konnte für die Blutdruckbeanspruchung, sowohl systolisch wie auch diastolisch, keine Effekte ermittelt werden. Bei der Herzfrequenz zeigt sich eine statistisch auffällige Abnahme zwischen Vor- und Nachuntersuchung bei den Probanden der Ausdauertrainingsgruppe ($p=0,018$, $d_z=0,59$) (Tab. 13).

Tab.13: Ergebnisse der Herz-Kreislauf-Beanspruchung in Position PD angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Systolischer Blutdruck [mmHg]	Kontrolle	155,9 ± 27,1	156,8 ± 24,0	0,556	0,018
	Ausdauer	154,0 ± 16,4	157,6 ± 17,8		
	Kraft	152,2 ± 23,6	149,7 ± 16,6		
Diastolischer Blutdruck [mmHg]	Kontrolle	107,0 ± 12,5	104,9 ± 9,9	0,497	0,022
	Ausdauer	108,9 ± 13,1	104,9 ± 10,0		
	Kraft	102,7 ± 12,3	103,3 ± 10,2		
Herzfrequenz [bpm]	Kontrolle	98,6 ± 14,0	94,9 ± 14,9	0,722	0,009
	Ausdauer †	97,5 ± 16,2	90,5 ± 11,3		
	Kraft	100,3 ± 15,6	94,8 ± 14,0		

Die Ergebnisse der Position PA sind in Tabelle 14 dargestellt. Für die Kreislaufbeanspruchung, gemessen am Blutdruck (systolisch und diastolisch), konnte in sitzender Position PA ebenfalls kein statischer Interaktionseffekt ermittelt werden. Jedoch konnte sowohl für den systolischen wie auch den diastolischen Blutdruck eine statistisch auffällige Abnahme innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe ermittelt werden (systolisch: $p=0,036$, $d_z=0,54$; diastolisch: $p=0,027$, $d_z=0,57$). Zusätzlich konnte für den Parameter Herzfrequenz in PA, wie auch schon in Position PD, ein statistischer Unterschied innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe ($p=0,030$, $d_z=0,54$) ermittelt werden. Ebenfalls zeigte sich eine tendenzielle Abnahme innerhalb der Krafttrainingsgruppe ($p=0,10$, $d_z=0,40$).

Tab. 14: Ergebnisse der Herz-Kreislauf-Beanspruchung in Position PA angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Systolischer	Kontrolle	155,4 ± 24,1	151,8 ± 23,2	0,342	0,032
Blutdruck	Ausdauer †	150,6 ± 18,9	143,4 ± 13,0		
[mmHg]	Kraft	150,2 ± 22,5	150,4 ± 22,7		
Diastolischer	Kontrolle	106,8 ± 14,1	103,7 ± 12,0	0,113	0,065
Blutdruck	Ausdauer †	102,8 ± 10,7	97,3 ± 10,2		
[mmHg]	Kraft	100,0 ± 12,4	102,0 ± 17,6		
Herzfrequenz [bpm]	Kontrolle	87,3 ± 11,3	84,4 ± 10,0	0,546	0,017
	Ausdauer †	86,8 ± 16,1	80,1 ± 15,1		
	Kraft §	88,9 ± 14,6	84,0 ± 11,9		

5.3.6.4 Subjektive Beanspruchung

Die zweifaktorielle Varianzanalyse konnte für den Parameter RPE in Position PD einen statistisch auffälligen Interaktionseffekt von Zeit und Gruppe ($F(2,70)=5,098$, $p=0,009$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,127$) ermitteln. Die Post-hoc-Analyse ergab einen Unterschied zwischen Kontrolle und Ausdauertraining ($p=0,009$, $d=0,77$) sowie zwischen Kontrolle und Krafttraining ($p=0,040$, $d=0,61$). Es zeigte sich zusätzlich eine statistisch auffällige Abnahme innerhalb der Ausdauer- ($p \leq 0,001$, $d_z=0,73$) wie auch der Krafttrainingsgruppe ($p=0,080$, $d_z=0,61$) zwischen Vor- und Nachuntersuchung. Das subjektive Schmerzempfinden, gemessen anhand des Parameters VAS, ergab ebenfalls einen statistisch auffälligen Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ($F(2,70)=3,181$, $p=0,048$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,083$). Die Post-hoc-Analyse zeigte keine Gruppenunterschiede an. Innerhalb der Krafttrainingsgruppe wurde jedoch zwischen der Vor- und Nachuntersuchung eine statistisch relevante Abnahme von $p=0,012$, $d_z=0,61$ beobachtet (Tab. 15).

Tab. 15: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PD angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
RPE [Borg-Skala]	Kontrolle	15,6 ± 3,1	16,1 ± 2,5	0,009^{a, b}	0,127
	Ausdauer †	16,3 ± 1,8	14,5 ± 2,3		
	Kraft †	15,9 ± 2,2	14,6 ± 2,1		
VAS [mm]	Kontrolle	48,1 ± 30,4	52,0 ± 27,9	0,048	0,083
	Ausdauer	47,7 ± 23,3	40,2 ± 25,1		
	Kraft †	49,7 ± 29,2	34,4 ± 26,6		

In Position PA (Tab. 16) zeigte sich ebenfalls eine statistisch auffällige Wechselwirkung von Gruppe und Zeit ($F(2,72)=5,871$, $p=0,004$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,140$) für das ermittelte Anstrengungsempfinden. Die anschließende Post-Hoc-Analyse ergab einen Unterschied zwischen Kontrolle und Ausdauertraining ($p=0,006$, $d=1,07$) sowie zwischen Ausdauertraining und Krafttraining ($p=0,036$, $d=0,50$). Innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe konnte eine statistisch auffällige Verringerung zwischen Vor- und Nachuntersuchung ermittelt werden ($p \leq 0,001$, $d_z=0,83$). Auch für den Parameter VAS in PA wurde ein auffälliger Interaktionseffekt mit $F(2,70)=5,225$, $p=0,008$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,130$ beobachtet. Der Post-hoc-Test ergab Gruppenunterschiede der Ausdauer- ($p=0,012$, $d=0,85$) und Kraftgruppe ($p=0,015$, $d=1,00$) gegenüber der Kontrollgruppe. Innerhalb der Ausdauer- ($p=0,038$, $d_z=0,48$) sowie Krafttrainingsgruppe ($p=0,024$, $d_z=0,59$) konnte zudem eine statistisch auffällige Abnahme zwischen Vor- und Nachuntersuchung ermittelt werden.

Tab. 16: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PA angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse; ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; ^cPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Ausdauer vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
RPE [Borg-Skala]	Kontrolle	14,6 ± 3,5	14,7 ± 3,2	0,004^{a, c}	0,138
	Ausdauer †	15,2 ± 1,4	12,9 ± 2,2		
	Kraft	14,6 ± 2,4	13,9 ± 2,3		
VAS [mm]	Kontrolle	38,7 ± 29,3	46,6 ± 25,8	0,008^{a, b}	0,130
	Ausdauer †	37,3 ± 21,0	26,3 ± 17,1		
	Kraft †	41,3 ± 23,8	30,0 ± 24,8		

5.3.6.5 Dauer Schweißexperiment

Für die Dauer des Schweißexperiments in Position PD konnte ein statistisch auffälliger Interaktionseffekt von $F(2,73)=4,055$, $p=0,021$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,100$ ermittelt werden. Die anschließende Post-Hoc-Analyse ergab Unterschiede zwischen den Gruppen „Kontrolle“ und „Ausdauer“ ($p=0,050$, $d=0,81$) sowie „Kontrolle“ und „Krafttraining“ ($p=0,024$, $d=0,85$). Innerhalb der Ausdauergruppe ($p=0,012$, $d_z=0,57$) sowie der Kraftgruppe ($p=0,006$, $d_z=0,65$) konnte eine statistisch auffällige Zunahme der Dauer zwischen Vor- und Nachuntersuchung ermittelt werden. Für die Position PA wurden keine statistischen Auffälligkeiten gefunden.

Tab. 17: Ergebnisse der subjektiven Beanspruchung in Position PA angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. Dauer (Sekunden). ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Dauer PD [Sek.]	Kontrolle	428,3 ± 77,3	427,8 ± 79,1	0,021^{a, b}	0,100
	Ausdauer †	438,8 ± 61,5	468,3 ± 31,1		
	Kraft †	423,5 ± 67,2	458,0 ± 44,7		
Dauer PA [Sek.]	Kontrolle	462,7 ± 47,0	457,7 ± 67,6	0,210	0,042
	Ausdauer	464,0 ± 49,9	476,1 ± 20,1		
	Kraft	470,6 ± 33,2	478,0 ± 10,6		

5.3.6.6 Sportmedizinische Untersuchungen

Für die anthropometrischen Daten konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden (Tab. 18): Das Gewicht zeigt im Gruppen- und Zeitvergleich lediglich Tendenzen. Für den BMI wurden keine Auffälligkeiten ermittelt. Einen statistischen Interaktionseffekt ($F(2,70)=5,635$, $p=0,005$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,139$) konnte bei der zweifaktoriellen Varianzanalyse für den Parameter der prozentualen (%) Fettmasse errechnet werden. Die Post-Hoc-Analyse zeigte einen Unterschied zwischen den Gruppen „Kontrolle“ und „Ausdauertraining“ ($p=0,048$, $d=1,02$) sowie zwischen „Kontrolle“ und „Krafttraining“ ($p \leq 0,001$, $d=1,06$). Innerhalb der Krafttrainingsgruppe ($p=0,006$, $d_z=0,65$) sowie Ausdauertrainingsgruppe ($p=0,042$, $d_z=0,48$) konnten statistisch auffällige Abnahmen zwischen Vor- und Nachuntersuchung beobachtet werden. Ein ähnliches Resultat zeigen die Ergebnisse der prozentualen Muskelmasse. Für den Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit wurde zwar nur ein Trend ermittelt, jedoch zeigt sich eine statistisch auffällige Zunahme

der Muskelmasse innerhalb der Ausdauer- ($p=0,005$, $d_z=0,48$) sowie der Krafttrainingsgruppe ($p\leq 0,001$, $d_z=0,80$).

Für den Parameter „Ruheblutdruck systolisch“ und „diastolisch“ wurden keine Effekte ermittelt. Die Schmerzbewertung in Ruhe (VAS) zeigt eine tendenzielle Abnahme zwischen der Vor- und Nachuntersuchung innerhalb der Kraftgruppe ($p=0,051$, $d_z=0,51$).

Tab. 18: Ergebnisse der anthropometrischen Untersuchung sowie Ruheparameter, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der Zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^aPost-Hoc-Test $p\leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p\leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p\leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p\leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Gewicht [kg]	Kontrolle	87,8 ± 17,1	88,2 ± 18,8	0,051	0,077
	Ausdauer	92,0 ± 20,7	90,8 ± 20,0		
	Kraft	87,7 ± 12,0	88,2 ± 11,7		
BMI [kg/m²]	Kontrolle	28,2 ± 4,5	28,2 ± 4,5	0,125	0,055
	Ausdauer	29,3 ± 6,5	28,6 ± 6,2		
	Kraft	27,9 ± 3,5	28,0 ± 3,5		
Fettmasse [%]	Kontrolle	23,2 ± 6,0	23,9 ± 6,0	0,005^{a, b}	0,140
	Ausdauer †	24,9 ± 6,8	23,3 ± 6,2		
	Kraft †	23,3 ± 5,7	20,8 ± 4,8		
Muskelmasse [%]	Kontrolle	53,6 ± 5,6	53,6 ± 5,4	0,072	0,078
	Ausdauer †	53,9 ± 5,4	55,3 ± 5,2		
	Kraft †	54,3 ± 4,1	56,5 ± 3,7		
Ruheblutdruck systolisch [mmHg]	Kontrolle	130,0 ± 12,9	126,5 ± 10,1	0,304	0,033
	Ausdauer	133,3 ± 17,3	134,1 ± 22,6		
	Kraft	137,3 ± 18,5	133,2 ± 14,7		
Ruheblutdruck diastolisch [mmHg]	Kontrolle	88,4 ± 9,5	83,4 ± 7,4	0,739	0,009
	Ausdauer	90,0 ± 12,4	87,1 ± 15,1		
	Kraft	92,0 ± 10,8	88,5 ± 9,5		
Ruhe VAS [mm]	Kontrolle	9,8 ± 15,9	6,5 ± 8,6	0,210	0,044
	Ausdauer	6,7 ± 11,4	5,9 ± 6,8		
	Kraft §	16,0 ± 17,3	8,0 ± 9,0		

Für die Parameter der Spirometrie konnten keine Effekte für Zeit oder Gruppe ermittelt werden, weshalb auf eine nähere Betrachtung und Darstellung verzichtet wird.

5.3.6.7 Leistungsdiagnostik

Die Untersuchung der Leistungsfähigkeit auf dem Fahrradergometer ergab folgende Ergebnisse (Tab. 19): Für die maximale Leistungsfähigkeit (Watt) wurde ein statistisch auffälliger Interaktionseffekt ($F(2,59)=5,612$, $p=0,006$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,160$) ermittelt. Die Post-Hoc-Analysen ergaben einen Unterschied der Gruppen „Kontrolle“ und „Ausdauertraining“ ($p=0,009$, $d=1,31$) sowie „Kontrolle“ und „Krafttraining“ ($p=0,016$, $d=0,71$). Prä-Post-Vergleiche lieferten eine statistisch auffällige Zunahme der Leistungsfähigkeit für die Ausdauergruppe ($p\leq 0,001$, $d_z=0,99$) und Kraftgruppe ($p=0,024$, $d_z=0,60$). Ein ebenfalls statistischer Effekt für die Interaktion ($F(2,59)=3,527$, $p=0,036$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,107$) konnte für die relative Leistungsfähigkeit, bezogen auf das Körpergewicht, beobachtet werden. Die Post-Hoc-Analyse zeigte einen Unterschied zwischen Kontrolle und Ausdauertraining ($p=0,027$, $d=1,16$). Unterschiede bzw. Zunahmen innerhalb der Gruppen wurde erneut für die Ausdauer- ($p\leq 0,001$, $d_z=0,82$) errechnet. Die Ergebnisse der Leistungsfähigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS) ergaben ähnliche Resultate. So konnte für die absolute Leistungsfähigkeit an der IAS (Watt) erneut ein statistisch auffälliger Interaktionseffekt ($F(2,57)=7,298$, $p=0,002$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,204$) festgestellt werden. Statistisch auffällig war der Post-Hoc-Test für die Gruppe Kontrolle vs. Ausdauer ($p\leq 0,001$, $d=1,25$). Unterschiede der Leistungsfähigkeit zwischen Vor- und Nachuntersuchung konnten nur innerhalb Ausdauergruppe ($p\leq 0,001$, $d_z=0,96$) ermittelt werden. Auch für die relative Leistungsfähigkeit (Watt/kg) an der IAS wurde ein statistisch auffälliger Interaktionseffekt von Gruppe und Zeit ($F(2,57)=7,334$, $p\leq 0,001$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,205$) errechnet. Die Post-Hoc-Analyse ergab einen Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Ausdauertraining ($p\leq 0,001$, $d=1,31$). Unterschiede zwischen Prä und Post, innerhalb der Gruppen, konnte für diesen Parameter erneut nur für die Ausdauergruppe ermittelt werden ($p\leq 0,001$, $d_z=0,99$). Es zeigte sich wiederholt eine Zunahme der Leistungsfähigkeit.

Tab. 19: Ergebnisse der Leistungsdiagnostik, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Leistung [Watt]	Kontrolle	201,9 ± 47,2	199,3 ± 42,6	0,006^{a, b}	0,160
	Ausdauer †	206,1 ± 33,5	226,1 ± 37,4		
	Kraft †	207,4 ± 53,4	225,1 ± 45,3		
Rel. Leistung [Watt/kg]	Kontrolle	2,4 ± 0,5	2,4 ± 0,5	0,036^a	0,107
	Ausdauer †	2,3 ± 0,6	2,5 ± 0,6		
	Kraft §	2,5 ± 0,7	2,7 ± 0,6		
Leistung [Watt/IAS]	Kontrolle	115,8 ± 37,4	111,9 ± 32,0	0,002^a	0,204
	Ausdauer †	116,0 ± 26,3	133,9 ± 23,6		
	Kraft §	128,3 ± 38,4	137,2 ± 36,2		
Rel. Leistung [Watt/kg/IAS]	Kontrolle	1,4 ± 0,3	1,3 ± 0,3	≤0,001^a	0,205
	Ausdauer †	1,3 ± 0,4	1,5 ± 0,4		
	Kraft	1,5 ± 0,5	1,6 ± 0,5		

5.3.6.8 Blutlipide

Die Ergebnisse der Blutlipide (Tab. 20) zeigen eine statistisch auffällige Abnahme des LDL-Cholesterins innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe zwischen der Vor- und Nachuntersuchung ($p=0,027$, $d_z=0,53$). Weitere Effekte wurden nicht ermittelt.

Tab. 20: Ergebnisse der Blutlipide, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. † Paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Gesamt-cholesterin [mg/dl]	Kontrolle	209,3 ± 39,5	199,9 ± 26,7	0,522	0,018
	Ausdauer	217,6 ± 45,3	212,6 ± 44,5		
	Kraft	218,7 ± 38,2	219,3 ± 48,3		
HDL-Cholesterin [mg/dl]	Kontrolle	50,5 ± 17,2	53,1 ± 16,3	0,618	0,014
	Ausdauer	49,6 ± 10,6	50,5 ± 11,7		
	Kraft	52,8 ± 13,8	55,7 ± 14,2		
LDL-Cholesterin [mg/dl]	Kontrolle	139,8 ± 36,0	134,1 ± 30,9	0,125	0,058
	Ausdauer †	155,6 ± 41,3	142,3 ± 45,2		
	Kraft	145,7 ± 41,2	148,5 ± 38,5		

5.3.6.9 Maximalkraftmessung

Die Ergebnisse der Maximalkraftmessungen, dargestellt in Tabelle 21, konnten für die Übung „Rumpfbeugen“ einen statistisch auffälligen Interaktionseffekt ($F(2,62)=7,328$, $p\leq 0,001$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,191$) zeigen. Die Post-Hoc-Analyse ergab einen Unterschied der Gruppen „Kontrolle“ und „Ausdauertraining“ ($p=0,008$, $d=0,83$) sowie „Kontrolle“ und „Krafttraining“ ($p\leq 0,001$, $d=0,81$). Darüber hinaus zeigten sich statistisch auffällige Anstiege zwischen der Vor- und Nachuntersuchungswerten der Gruppen „Ausdauertraining“ ($p=0,009$, $d_z=0,67$) und „Krafttraining“ ($p=0,0018$, $d_z=0,61$).

Für den Zielparameter „Rumpfstrecken“ wurde ebenfalls ein statistisch auffälliger Interaktionseffekt errechnet ($F(2,59)=8,145$, $p\leq 0,001$, $\eta^2_{\text{partial}}=0,216$). Post-Hoc wurden auch hier Unterschiede zwischen den Gruppen „Kontrolle“ und „Ausdauertraining“ ($p=0,036$, $d=0,78$) sowie „Kontrolle“ und „Krafttraining“ ($p\leq 0,001$, $d=1,14$) ermittelt. Innerhalb der Gruppen „Ausdauertraining“ ($p=0,050$, $d_z=0,44$) sowie „Krafttraining“ ($p\leq 0,001$, $d_z=0,82$) ergab sich eine statistisch auffällige Steigerung.

Innerhalb der Krafttrainingsgruppe ($p=0,086$, $d_z=0,53$) sowie der Ausdauertrainingsgruppe ($p=0,084$, $d_z=0,44$) konnte eine tendenzielle Steigerung der Maximalkraft der Beinbeugemuskulatur ermittelt werden.

Tab. 21: Ergebnisse der Maximalkraftmessungen, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. ^aPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Ausdauer; ^bPost-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Kontrolle vs. Kraft; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,01$ Prä vs. Post

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Armbeugen [Nm]	Kontrolle	129,1 ± 23,4	131,5 ± 18,1	0,882	0,004
	Ausdauer	132,9 ± 34,0	138,1 ± 33,3		
	Kraft	131,1 ± 24,9	135,9 ± 28,5		
Armstrecken [Nm]	Kontrolle	71,0 ± 23,4	67,8 ± 19,6	0,309	0,035
	Ausdauer	70,5 ± 17,5	74,7 ± 21,6		
	Kraft	75,1 ± 20,9	77,3 ± 19,1		
Beinbeugen [Nm]	Kontrolle	206,5 ± 59,8	208,1 ± 45,9	0,416	0,025
	Ausdauer §	201,4 ± 63,1	216,5 ± 71,3		
	Kraft §	188,4 ± 49,8	202,3 ± 53,7		
Beinstrecken [Nm]	Kontrolle	409,6 ± 120,8	394,4 ± 122,6	0,294	0,036
	Ausdauer	371,1 ± 111,6	399,5 ± 108,2		
	Kraft	390,1 ± 92,8	416,2 ± 120,7		
Rumpfbeugen [Nm]	Kontrolle	181,1 ± 70,9	162,3 ± 56,0	≤0,001 ^{a, b}	0,191
	Ausdauer †	151,8 ± 50,6	167,1 ± 57,9		
	Kraft †	143,1 ± 44,8	169,1 ± 60,5		
Rumpfstrecken [Nm]	Kontrolle	337,0 ± 126,9	303,0 ± 132,6	≤0,001 ^{a, b}	0,216
	Ausdauer †	259,2 ± 109,4	287,1 ± 91,8		
	Kraft †	299,7 ± 93,0	373,2 ± 111,9		

5.3.6.10 Fragebogenerhebung

Die Ergebnisse der Fragebogenerhebung sind in Tabelle 22 dargestellt. Für den Zielparаметer „SF-36 körperliche Summenskala“ wurde keine zweifaktorielle Varianzanalyse berechnet, da bereits signifikante Unterschiede der Gruppen zu Zeitpunkt Prä vorlagen. Prä-Post-Tests ergaben jedoch eine statistisch auffällige Zunahme des Scores der körperlichen Summenskala innerhalb der Krafttrainingsgruppe ($p \leq 0,001$, $d_z = 1,05$). Für die psychische Summenskala wurde ein tendenzieller Interaktionseffekt und eine tendenzielle Steigerung des Scores innerhalb der Krafttrainingsgruppe festgestellt ($p = 0,081$, $d_z = 0,44$). Die Ergebnisse des Work-Ability-Index ergaben innerhalb der Krafttrainingsgruppe ($p = 0,006$, $d_z = 0,70$) sowie innerhalb der Ausdauergruppe ($p = 0,086$, $d_z = 0,73$), zwischen der Vor- und Nachuntersuchung, eine statistisch auffällige Steigerung.

Tab. 22: Ergebnisse der Fragebogenerhebung, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse. *n. b.* nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä; † paarweise Vergleiche $p \leq 0,05$ Prä vs. Post; § paarweise Vergleiche $p \leq 0,1$ Prä vs. Post

Zielparаметer	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
SF-36 körperliche Skala	Kontrolle	50,8 ± 6,0	49,7 ± 7,3	n. b.	n. b.
	Ausdauer	52,7 ± 4,8	52,4 ± 4,4		
	Kraft †	45,7 ± 7,8	52,0 ± 4,8		
SF-36 psychische Skala	Kontrolle	51,4 ± 7,4	50,1 ± 9,2	0,064	0,075
	Ausdauer	52,3 ± 4,0	53,2 ± 5,5		
	Kraft §	50,6 ± 8,6	53,2 ± 5,2		
Work-Ability-Index	Kontrolle	36,1 ± 5,7	37,7 ± 5,9	0,305	0,035
	Ausdauer §	37,8 ± 4,5	39,5 ± 4,8		
	Kraft †	36,4 ± 4,6	39,6 ± 5,2		

5.3.6.11 Wirbelsäulenvermessung

Bei der Analyse der Wirbelsäulenformparameter konnte eine signifikante Wechselwirkung von Gruppe und Zeit für den Parameter „Lordosewinkel ITL-ILS Max (°)“ ermittelt werden ($F(2,74) = 3,454$, $p = 0,037$, $\eta^2_{\text{partial}} = 0,085$). Der Post-Hoc-Vergleich ergab einen Unterschied der Gruppen Ausdauertraining und Krafttraining ($p = 0,033$, $d = 0,65$). Alle weiteren Parameter der Wirbelsäulenvermessung zeigten keine Effekte. Alle Daten sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tab. 23: Ergebnisse der Wirbelsäulenvermessung, angegeben als $MW \pm SD$, p -Werte des Interaktionseffekts (Gruppe*Zeit) und Effektstärke (η^2_{partial}) der zweifaktoriellen Varianzanalyse;
^c Post-Hoc-Test $p \leq 0,05$ Ausdauer vs. Kraft

Zielparameter	Gruppe	Prä	Post	Gruppe*Zeit	Effektstärke
Beckenhochstand DL-DR [mm]	Kontrolle	-0,8 ± 5,8	0,2 ± 5,5	p=0,776	0,007
	Ausdauer	1,4 ± 13,8	0,8 ± 7,5		
	Kraft	-2,4 ± 6,5	-2,4 ± 6,9		
Beckentorsion DL-DR [°]	Kontrolle	0,2 ± 2,1	-0,3 ± 2,6	p=0,253	0,036
	Ausdauer	-0,6 ± 7,1	0,8 ± 3,0		
	Kraft	0,1 ± 3,0	1,0 ± 2,8		
Kyphosewinkel Max ICT-ITL [°]	Kontrolle	49,9 ± 11,2	49,5 ± 10,4	p=0,678	0,010
	Ausdauer	51,1 ± 8,4	50,2 ± 8,4		
	Kraft	48,0 ± 7,3	48,3 ± 7,4		
Lordosewinkel Max ITL-ILS [°]	Kontrolle	32,7 ± 8,9	32,4 ± 9,2	0,037^c	0,085
	Ausdauer	37,1 ± 9,4	35,2 ± 8,5		
	Kraft	33,0 ± 8,4	33,8 ± 9,1		
Lotabweichung VP-DM [mm]	Kontrolle	3,0 ± 12,3	-1,8 ± 10,1	0,240	0,038
	Ausdauer	1,8 ± 11,5	0,7 ± 7,6		
	Kraft	-2,0 ± 10,3	-1,9 ± 10,6		
Oberflächenrotation rms [°]	Kontrolle	3,3 ± 1,5	3,3 ± 1,6	0,558	0,016
	Ausdauer	3,7 ± 1,9	3,5 ± 1,4		
	Kraft	3,8 ± 2,4	4,1 ± 2,5		
Seitabweichung VP-DM [mm]	Kontrolle	4,9 ± 3,1	4,9 ± 3,2	0,606	0,013
	Ausdauer	6,0 ± 3,4	4,8 ± 2,0		
	Kraft	4,7 ± 2,6	4,3 ± 2,4		

5.4 Studie II – Diskussion

5.4.1 Hauptzielparameter

In der vorliegenden Studie wurden für die beiden Hauptzielparameter, den *M. trapezius p.d.* sowie den *M. erector spinae*, unterschiedliche Resultate je nach Position beobachtet. In stehender Überkopfposition PD konnten in Folge des Trainingsprogramms keine Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden. Lediglich innerhalb des Krafttrainingsgruppe wurde eine Reduzierung der Beanspruchung des *M. trapezius p.d.* festgestellt. Folglich muss die Nullhypothese H_{01} weitestgehend beibehalten werden.

Die Ergebnisse in sitzender Position PA weisen infolge der 6-monatigen Trainingsintervention sowohl auf Gruppenunterschiede beim *M. trapezius p.d.* wie auch dem *M. erector spinae* hin. Im ersten Fall konnten Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen und der Kontrollgruppe ermittelt werden. Im zweiten Fall liegen hierfür Tendenzen vor. Gemäß den vorliegenden Ergebnissen könnte daher die Nullhypothese H_{02} abgelehnt und die Alternativhypothese angenommen werden. Bei genauerer Betrachtung der Resultate der Hauptzielparameter ergeben sich jedoch folgende Erkenntnisse. Die Ergebnisse des *M. trapezius p.d.* in sitzender Position PA resultieren maßgeblich aus der reduzierten Beanspruchung infolge des Kraft- sowie Ausdauertrainings bei konstanten muskulären Beanspruchungen innerhalb der Kontrollgruppe. Dem gegenüber stehen die Resultate des *M. erector spinae*. Es zeigt sich eine deutliche Zunahme der muskulären Beanspruchung innerhalb der Kontrollgruppe und nahezu unveränderte Werte innerhalb der Interventionsgruppen, was hinsichtlich der Ergebnisbewertung und Interpretation sicherlich differenziert und kritisch betrachtet werden sollte. In diesem Zusammenhang sollten auch die Ergebnisse des Tests auf Strukturgleichheit berücksichtigt werden. Die Voruntersuchungswerte unterscheiden sich zwar nicht statistisch, jedoch fällt insbesondere der niedrige Wert der Kontrollgruppe zur Voruntersuchung beim *M. erector spinae* auf, was ebenfalls auf eine limitierte Interpretierbarkeit der Resultate hinweist. Zusammengefasst liefern nur die Ergebnisse des *M. trapezius p.d.* in PA eindeutige Hinweise auf eine Beanspruchungsreduktion durch beide Interventionsmaßnahmen.

Die mittels OEMG gemessene Muskelbeanspruchung kann als das Verhältnis der Belastung sowie die situative Anforderung der Schweißsimulation und der muskulären Maximalkraft (1-RM) verstanden werden. Daher kann vermutet werden, dass die Abnahme der muskulären Beanspruchung mit einer erhöhten muskulären Kapazität, insbesondere der Maximalkraft einhergeht (Krüger *et al.*, 2015). Das ein Krafttraining zur Verbesserung

der Kondition Kraft führt ist dabei unumstritten (z.B.: Schröder, 2007; Kraemer & Ratamess, 2004, Campos *et al.*, 2002). Darüber hinaus konnten Untersuchungen eine verbesserte Ökonomie der Muskulatur bei genereller muskulärer Belastung (Heggelund *et al.*, 2013) oder bei sportartspezifischen Belastungen infolge eines Krafttrainings beobachten (Loveless, *et al.*, 2005; Hoff *et al.*, 1999). Die Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die tatsächlichen muskulären Arbeitsbelastungen sind hingegen nur unzureichend untersucht, weshalb sich in der Literatur nur wenige vergleichbare Studien finden. Diese liefern zudem unterschiedliche Resultate. Hamberg-van Reenen *et al.* (2009) konnten infolge einer 8-wöchigen Krafttrainingsintervention keine Reduzierung der muskulären Beanspruchung des *M. trapezius p.d.* oder anderen Muskeln während einer Montageaufgabe ermitteln. Dem entgegen stehen Ergebnisse von Krüger *et al.* (2015). In dieser Studie konnte eine Reduktion des *M. trapezius p.d.* sowohl in stehender als auch sitzender Position während einer Schweißsimulation infolge eines 12-wöchigen Krafttrainings erzielt werden, womit die vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden können. Möglicherweise spielt die Trainingsintensität und Dauer eine entscheidende Rolle. Die vorliegende sowie die beiden Studien von Hamberg-van Reenen und Krüger unterscheiden sich zwar nicht hinsichtlich Intensität und Trainingsprinzipien, jedoch in der Gesamtdauer des Trainingsprogramms. So führte die Arbeitsgruppe um Hamberg-van Reenen ein 8-wöchiges Programm durch und Krüger *et al.* (2015) dagegen ein 12-wöchiges. Erwartungsgemäß zeigen längere Trainingsperioden größere Anpassungseffekte (Feigenbaum & Pollock, 1999). Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass das in dieser Studie durchgeführte 24-wöchige Krafttraining effektiv genug ist, um die muskuläre Kapazität zu erhöhen, um auf neurophysiologischer Ebene eine Reduktion der Beanspruchung des *M. trapezius p.d.*, während einer Schweißsimulation festzustellen. Neben der Krafttrainingsgruppe zeigt sich die reduzierte muskuläre Beanspruchung des *M. trapezius p.d.* in Position PA jedoch auch für die Probanden der Ausdauertrainingsgruppe, was zunächst verwundert. Anderson *et al.* (2008) konnte weder eine Steigerung der Kraftfähigkeit, noch der OEMG-Aktivität infolge eines 10-wöchigen Ausdauertrainings auf dem Fahrradergometer feststellen, was auf eine unveränderte Kraftfähigkeit hinweist. Untersuchungen von Ahlgren *et al.* (2001) konnten zwar eine Steigerung der Maximalkraft des *M. trapezius p.d.* infolge eines Ausdauertrainings feststellen, jedoch handelte es sich in dieser Untersuchung um ein spezifisches Ausdauertraining am Handergometer mit speziellem Fokus der oberen Extremitäten. In der vorliegenden Studie gab es hingegen keine Vorgabe der Sportart, so dass neben Fahrradfahren, Laufen, Crosstrainer oder Walking/ Nordic-Walking sämtliche Bewegungsformen zur Steigerung der kardiovaskulären Fitness im Vordergrund standen. Ursächlich könnte letztendlich

eine allgemein gesteigerte und verbesserte funktionelle Kapazität der körperlichen Leistungsfähigkeit sein, wie diese Anhand der Fahrradergometrie und Maximalkrafttestung auch bei den Probanden der Ausdauertrainingsgruppe festgestellt werden konnte. Auch wenn keine genaue präzise Antwort der zugrundeliegenden Mechanismen gegeben werden kann, so liefern die vorliegenden Ergebnisse Hinweise darauf, dass ein allgemeines Ausdauertraining im Grundlagenbereich in Umfang und Intensität potent genug sein kann, um Beanspruchungen im Nackenbereich bei Schweißern reduzieren zu können. Im Gegensatz zu Krüger *et al.* (2015) konnte in der vorliegenden Untersuchung keine Veränderungen durch das Training hinsichtlich des unteren Rückens bzw. des Zielparame-
ter *M. erector spinae* geliefert werden. In stehender Position PE zeigten sich keine Änderungen sowohl innerhalb als auch zwischen den Gruppen. In sitzender Position wurde dagegen eine deutliche Zunahme der Beanspruchung innerhalb der Kontrollgruppe ermittelt. Zwar konnten sowohl für die Krafttrainingsgruppe als auch die Ausdauertrainingsgruppe eine deutliche Steigerung der isometrischen Maximalkraft der Rumpffextensoren ermittelt werden, jedoch scheint sich die erhöhte muskuläre Kapazität nicht auf die ermittelten Werte der OEMG-Messung im Schweißexperiment auszuwirken. Im Falle der Resultate der sitzenden Position kann höchstens von einem effektiven Erhalt der Muskelkraft über die 6-monatige Interventionsphase ausgegangen werden. Da in beiden Positionen für den *M. erector spinae*, im Vergleich zum *M. trapezius p.d.* oder anderen gemessenen Muskeln, nur eine geringe muskuläre Beanspruchung von ca. 6% festgestellt werden kann, scheinen die Trainingsinterventionen möglicherweise bei erwerbstätigen Schweißern nicht effektiv genug, um eine weitere Reduktion in der berufsspezifischen Arbeitsposition hervorzurufen. Die Tatsache, dass es sich in der vorliegenden Studie um erwerbstätige Schweißer handelt, könnte auch die Unterschiede zu den Ergebnissen von Krüger *et al.* (2015) begründen. In dieser Studie wurden die Untersuchungen an schweißtechnisch ungeübten Probanden durchgeführt. Kadefors *et al.* (1976) beschreibt, dass erfahrene und unerfahrene Schweißer unterschiedlich auf Belastungen reagieren, weshalb die muskuläre Beanspruchung und Adaption durch ein Training durchaus verschieden ausfallen kann.

5.4.2 Nebenzielparameter

5.4.2.1 Muskuläre Beanspruchung

Die weiteren OEMG-Resultate der muskulären Beanspruchung lassen lediglich Tendenzen zu. So konnte in stehender Position für den *M. infraspinatus* und den *M. deltoideus p.c.* im Trend eine Abnahme der Beanspruchung innerhalb der Krafttrainingsgruppe ermittelt werden, was mit den Ergebnissen der Hauptzielparameter auf eine reduzierte Beanspruchung der Schulter-Nacken-Region hinweisen kann. Es wurden keine Effekte des Ausdauertrainings ermittelt. In sitzender Position PA ergeben sich statistisch auffällige Unterschiede zwischen den Gruppen, hinsichtlich des Zielparameters des *M. pectoralis p.c.*, genauer gesagt, zwischen der Krafttrainingsgruppe und der Kontrollgruppe. Bei genauerer Betrachtung fällt in diesem Fall auf, dass die Gruppenunterschiede durch eine Erhöhung der muskulären Aktivität innerhalb der Krafttrainingsgruppe zustande kommen und sich dieses Phänomen gegenläufig zu allen anderen Ergebnisse sowie der gegenwärtigen Annahme verhält. In der Literatur konnte für dieses Resultat keine Antwort gefunden werden, weshalb die Diskussion Vermutungen folgt. Schaut man sich die Beanspruchungswerte im Detail an, so stellt man fest, dass der *M. pectoralis major p.c.* in dieser Position die geringste Beanspruchung aller gemessenen Muskeln aufweist. Betrachtet man die funktionelle Bedeutung dieses Muskels, so wird in der Literatur beschrieben, dass der klavikulare Anteil des Brustmuskels seine Funktion in der Anhebung des Schultergürtels hat und für eine Schulter-Adduktion sowie Innenrotation und Anteversion des Arms führt (Laekeman & Kreutzer, 2009). Funktionell kann er daher sicherlich als wichtiger Synergist von Muskelgruppen der Stabilität beim Schweißprozess (Rotatorenmanschette, insbesondere des *M. subscapularis* sowie *M. deltoideus*) gesehen werden. Möglicherweise führt das Krafttraining zu einer Veränderung bzw. Verbesserung des muskulären Beanspruchungsprofils beim Schweißen, indem sehr gering belastenden Strukturen aktiviert und stark belastenden, möglicherweise auch passive Strukturen, entlastet werden. Daher sollte die erhöhte muskuläre Beanspruchung nicht direkt negativ betrachtet, sondern vielmehr als funktionelle Adaptation eingestuft werden.

Über das gesamte muskuläre Beanspruchungsprofil fallen zwei Punkte besonders auf. Zum einen sind die relativen muskulären Beanspruchungen in stehender Position PE deutlich höher und zum anderen, dass in der Summe die Krafttrainingsintervention die effektivere Trainingsmethode zur Reduktion der muskulären Beanspruchung scheint. Wenngleich keine eindeutigen statistischen Belege geliefert werden können, so zeigen sich die Tendenzen zugunsten der Krafttrainingsintervention. Dies scheint nicht verwunderlich, hinsichtlich genereller Effekte und Anpassungsmechanismen eines Krafttrainings

auf muskulärer Ebene. Betrachtet man die Resultate des Krafttrainings vor dem Hintergrund der höheren Belastung in Position PE und unter Berücksichtigung der weiteren Nebenzielparame-ter, so könnte ein Ausbleiben eindeutiger Effekte auf die erhöhte Schweißdauer zurückgeführt werden. Eine ausführliche Diskussion zu diesem Punkt folgt in Kapitel 5.4.2.5. Ein Ausbleiben weiterer sowie eindeutiger Effekte könnte auch auf die durchschnittliche Trainingsbeteiligung von nur 66,3% innerhalb der Krafttrainingsgruppe zurückzuführen, welche bei einer Vorgabe von mindestens zwei Trainingseinheiten pro Woche als recht gering eingestuft werden kann. Die Beteiligung der Ausdauerprobanden ist mit ca. 75% höher und zufriedenstellender einzustufen.

5.4.2.2 Muskuläre Ermüdung

Betrachtet man die Ergebnisse der Ermüdungsparameter, so kann lediglich für *den M. triceps brachii* in Position PD eine Erhöhung der MnF-Werte innerhalb der Krafttrainingsgruppe ermittelt werden, was auf eine reduzierte Ermüdung hinweist. Gemäß der aktuellen Studienlage kann dies in Folge einer Krafttrainingsintervention erwartet werden (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007; Nussbaum, 2001).

Bisherige Studien zeigen insgesamt jedoch widersprüchliche Ergebnisse. Eine Untersuchung bei Personen mit Verspannungen der Nackenmuskulatur konnte zeigen, dass ein spezifisches 10-wöchiges Krafttraining der Schultermuskulatur (*M. trapezius* & *M. deltoideus*) zu einer Abnahme der Frequenzermüdung, während eines isometrischen Tests führte (Andersen *et al.*, 2008). Pedersen (2003) konnte nach einem 15-wöchigen Krafttraining der Schulter- und Nackenmuskeln eine reduzierte Ermüdung in einem statischen und dynamischen Ausdauer- test beobachten. Dagegen konnte eine Studie von Hamburg-van Reen *et al.* (2009) keine verringerten Ermüdungsparameter nach einem 8-wöchigen Krafttraining, für den *M. trapezius* und den *M. deltoideus* feststellen. Auch durch eine 12-wöchige Krafttrainingsphase konnte Krüger *et al.* (2015) keine reduzierte Ermüdung des Amplituden- oder Frequenzparameters feststellen. Diskussionen zufolge sind die Ermüdungsparameter möglicherweise nicht sensitiv genug. Betrachtet man die Ergebnisse zur Datenauswertung, so kann man feststellen, dass für viele Muskeln keine eindeutigen Ermüdungszeichen festgestellt werden konnten. Dies konnte auch in anderen Studien beobachtet werden. Hägg, Luttmann und Jäger (2000) oder beispielsweise Kleine *et al.* (1999) konnten während verschiedener Tests bei Probanden keine eindeutige Ermüdung der Muskeln des oberen Rückens feststellen. Andere Studien wiederum zeigen eindeutige Ermüdungszeichen der Amplitude und Frequenz (Hosten & Ramon, 2005; Bosch, de Looze & van Dieen, 2007). De Looze *et al.* (2009) untersuchten mögliche Ursachen für diese unterschiedlichen Ergebnisse, konnten aber keine eindeutigen

Resultate finden. Dass das feststellen der Ermüdungsparameter von Studiendesign oder vielen weiteren Faktoren, wie z.B. der Belastung, abhängen kann, stellte Maluf und Enoka (2005) bereits fest. Eine mögliche Ursache könnte eine zu geringe Belastung sein (Öberg *et al.*, 1994). Diese Vermutung kann auch durch die vorgestellten Studien bekräftigt werden. Andersen (2008) erfasste die Ermüdung während einer maximalen Schulterabduktion in einem isokinetischen Dynamometer. Pedersen (2003) führte einen isometrischen wie auch dynamischen Ausdauer-test bis zur Erschöpfung durch. Die Belastung kann in diesen beiden Studien als hoch genug angesehen werden. Bosch, de Looze und van Dieen (2007) beziffern eine mögliche Belastungsuntergrenze mit 15% des 1RM. Die Beanspruchungen in der vorliegenden Studie der beteiligten Muskelgruppen lag trotz des Zusatzgewichtes des Brenners meist unter 15% der Maximalkraft, weshalb die Relevanz des Parameters für die vorgestellte Untersuchung in Frage gestellt werden sollte.

5.4.2.3 Kardiovaskuläre Beanspruchung

Durch die statische Muskelbelastung und damit einhergehende lokale Muskeler-schöpfung während der Schweißsimulation kann bei den kardiovaskulären Parametern angenommen werden, dass es zu einem Anstieg dieser Werte kommt (Kahn *et al.*, 2000). Gegenüber den Ruhewerten kann in beiden Positionen ein systolischer Blutdruckanstieg von ca. 15% und ein diastolischer von 17% beobachtet werden. Hinsichtlich der Herzfrequenz zeigen sich deutliche Unterschiede je nach Position. So fällt die Steigerung in Position PD um 30% und in sitzender PA um 16% aus. Insgesamt zeigen sich jedoch deutlich geringere Steigerungen wie bei systemischen und dynamischen Belastungen, was mit bisherigen Studienergebnissen übereinstimmt (Vedsted *et al.*, 2006).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen keinen Gruppenunterschied hinsichtlich Trainingsintervention und Messzeitpunkt auf. Jedoch können Veränderungen innerhalb der Gruppen auf Trainingseffekte hinweisen. So konnte Innerhalb der Ausdauer-drainingsgruppe in beiden Positionen eine Reduktion der maximalen Herzfrequenz am Ende des Schweißexperiments festgestellt werden. Diese Beobachtungen gehen mit Untersuchungen von Goldsmith *et al.* (2000) und Gregoire *et al.* (1996) einher, welche eine verminderte Herzfrequenz bei gleicher Belastungen, in Abhängigkeit des Trainingszustandes, erfassten. Sie vermuten durch den Trainingszustand einer verminderten sympathischen und erhöhten parasympathischen Aktivität und damit einhergehend vermehrte bradykarde Wirkung unter Belastung. Eine verminderte systolische wie auch di-

astolische Reaktion konnte infolge des Trainings erneut innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe, jedoch lediglich in sitzender Position, festgestellt werden. Auch diese Effekte konnten bereits durch andere Studien beschrieben werden (Van Hoof *et al.*, 1989). Die trainingsbedingten Ursachen können vielfältig durch direkte hämodynamische oder indirekte endokrine metabolische Wirkungen erklärt werden, was jedoch nicht Gegenstand dieser Untersuchung war.

Innerhalb der Krafttrainingsgruppe konnte keine Effekte ermittelt werden, was mit den Untersuchungen von Krüger *et al.* (2015) einhergehen. Lediglich eine tendenziell verringerte maximale Herzfrequenz konnte in sitzender Position PA beobachtet werden. Die Ergebnisse von Fleck und Dean (1987) konnten somit nicht bestätigt werden. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass krafttrainierte Personen einen geringeren Blutdruck- sowie Herzfrequenzanstieg aufweisen als untrainierte. Vermutet wurde, dass aufgrund einer allgemeinen Entlastung des Muskel-Skelettsystems, eine geringere Beanspruchung des kardiovaskulären Systems vorzufinden ist.

Insgesamt scheint ein Ausdauertraining mit günstigeren kardiovaskulären Anpassungen, während einer körperliche Arbeitsbelastung, einherzugehen als ein Krafttraining.

5.4.2.4 Subjektive Beanspruchung

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass in Position PD eine wesentliche höhere subjektive Beanspruchung erzielt wurde und gehen mit den Ergebnissen der objektiven Parameter einher. In Position PD konnte eine Reduktion des Anstrengungsempfindens infolge des Kraft- sowie Ausdauertrainings gegenüber der Kontrollgruppe ermittelt werden. Die selbe Belastung wird entsprechend als weniger anstrengend empfunden. Für das Schmerzempfinden konnte zwar ein statistisch auffälliger „Gruppe*Zeit“ Effekt ermittelt werden, jedoch keine Gruppenunterschiede. Lediglich Unterschiede Innerhalb der Krafttrainingsgruppe weisen auf eine mögliche Schmerzreduktion während der Schweißtätigkeit hin. Eine besonders starke Reduktion des Anstrengungsempfindens, während der Schweißsimulation, konnte für die Ausdauertrainingsgruppe in Position PA ermittelt werden. Die Ausdauertrainingsgruppe unterscheidet sich nicht nur gegenüber der Kontrollgruppe, sondern auch gegenüber der Krafttrainingsgruppe. Für das Schmerzempfinden zeigen sich erneut positive Effekte für die Ausdauertrainingsgruppe wie auch die Krafttrainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe.

Vergleichbare Resultate konnte auch Krüger *et al.* (2015) erzielen. Infolge eine Krafttrainings wurde das Anstrengungsempfinden bei einer Schweißsimulation als weniger belastend empfunden. Insgesamt sollten die Ergebnisse der subjektiven Parameter nicht überschätzt werden, da es sich um Resultate des Empfindens handelt. Nichtsdestotrotz

ist es sicherlich von Vorteil, wenn Arbeitnehmer ihre Aufgaben mit weniger Anstrengung und Schmerzen absolvieren, im Sinne einer Steigerung der Arbeitsleistung und Reduzierung körperlicher Einschränkungen. Zusammenfassend scheinen beide Trainingsinterventionen effektiv zu sein, wenn es um die subjektive Einschätzung des Anstrengungs- und Schmerzempfinden während des Schweißexperiments geht.

5.4.2.5 Dauer des Schweißexperimentes

Die unterschiedliche Belastungsintensität der beiden Positionen spiegelt sich auch in der Dauer des Schweißexperimentes wieder. In Position PD wurden kürzere Zeiten als in sitzender Position PA erzielt. Die vorliegenden Resultate zeigen, dass in Position PD, infolge des Trainings, eine längere Schweißdauer erzielt werden konnte. Dabei erweisen sich erneut beide Trainingsinterventionen als effektiv im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dass ein Krafttraining die Dauer einer manuellen Tätigkeit verlängert, konnte beispielsweise bereits Hamberg van-Reenen *et al.*, (2009) nachweisen. Durch diese Studie können weitere Hinweise, um die Wirksamkeit eines Ausdauertrainings auf die arbeitsspezifische Leistungsfähigkeit, zumindest bei Schweißern, geliefert werden.

In Position PA konnten keine Effekte beobachtet werden. Möglicherweise liegt dies an einem „Deckeneffekt“, da nahezu alle Probanden die vorgegebene Zeit absolviert haben. In diesem Zusammenhang müssen auch die Resultate aller bisherigen Parameter innerhalb des Schweißexperimentes diskutiert werden. Durch die längere Schweißdauer in Position PD zur Nachuntersuchung könnten manche Effekte überlagert werden und ein Ausbleiben bedingen, da in der Summe eine größere Belastung vorlag. Lediglich in PA waren die Bedingungen der Dauer in Vor- und Nachuntersuchung nahezu konstant. Nichtsdestotrotz kann durch dieses Ergebnis geschlussfolgert werden, dass infolge eines Kraft- und Ausdauertraining die arbeitsspezifische Leistungsfähigkeit erhöht und die Ermüdung reduziert werden kann.

5.4.2.6 Sportmedizinische Untersuchungen

Die Ergebnisse der sportmedizinischen Untersuchungen weisen auf eine verbesserte Körperzusammensetzung infolge eines körperlichen Trainings hin. Besonders in Bezug der Fettmasse konnte eine Verringerung des prozentualen Anteils in der Kraft- wie auch Ausdauertrainingsgruppe, gegenüber der Kontrollgruppe, festgestellt werden. Für die Muskelmasse konnten hinsichtlich Gruppenunterschiede lediglich Tendenzen festgestellt werden. Innerhalb der Gruppen zeigt sich eine Zunahme sowohl bei den Probanden der Kraft- wie auch der Ausdauertrainingsgruppe. Die Studienergebnisse gehen dabei mit einer Reihe bisheriger Untersuchungen einher. Durch ein regelmäßiges Kraft-

oder Ausdauertraining kann eine Abnahme des Körperfetts und eine Zunahme der Muskelmasse erreicht werden (Donnelly *et al.*, 2009; Wonisch, Hofmann & Pokan, 2009; Irving *et al.*, 2008). Donges, Duffield und Drinkwater konnten in ihrer Studie (2009) eine Zunahme der Muskelmasse und Abnahme der Körperfettmasse bereits nach einem 10-wöchigen Krafttraining dokumentieren. Gleiche Ergebnisse erzielte Campell *et al.* (2004) nach einem 12-wöchigen Krafttraining. Für eine Zunahme der Muskelmasse spielt vor allem ein adäquater Trainingsreiz die bedeutendste Rolle. Bezüglich des Körperfettanteils kommt der Ernährung eine wichtige Rolle zu, welche in dieser Arbeit nicht überwacht wurde und daher als Störvariable einen Einfluss auf das Ergebnis nehmen könnte (Guyenet & Schwart, 2012). Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass ein Kraft- wie auch Ausdauertraining im vorliegenden Umfang effektiv genug ist, um den Körperfettanteil zu senken und damit einhergehend positive Wirkungen auf die allgemeine Gesundheit hat. Ein verringerter Körperfettanteil geht dabei insbesondere mit kardioprotektiven Eigenschaften einher (Poirier *et al.* 2006).

Die Erhöhung der Muskelmasse innerhalb der Trainingsgruppen kann auch Hinweise zur Ursache von Anpassungsmechanismen innerhalb des Schweißexperimentes liefern. Die Reduzierung der muskulären Beanspruchung kann dabei durchaus auf die Erhöhung der Muskelmasse zurückgeführt werden. Neben zunächst überwiegend neurophysiologischen Adaptionen eines Krafttrainings auf die Muskelkraft scheint durch längeres Training eine Erhöhung der Muskelmasse eine Steigerung der Kraft und muskulären Kapazität zu haben. Insgesamt kann eine erhöhte Muskelmaße für eine Verbesserte Leistungsfähigkeit in Alltag und Beruf, ein Verbesserter Energieumsatz oder Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen stehen (Winett & Carpinelli, 2001; Danneels *et al.*, 2000).

Der Ruheblutdruck zeigt sowohl für den systolischen als auch den diastolischen Wert keine Veränderung zwischen den Gruppen. Lediglich für den diastolischen Blutdruck kann eine tendenzielle Abnahme innerhalb der Krafttrainingsgruppe beobachtet werden. Entgegen diesen Ergebnissen konnten bereits viele Studien eine Abnahme des Ruheblutdrucks durch ein Kraft- oder Ausdauertraining hinsichtlich verschiedener Belastungsnormative und über verschiedene Zeiträume, belegen. Die Ergebnisse einzelner Studien sind in zahlreichen Meta-Analysen (Cornelissen & Smart, 2013; Fagard, 2006; Cornelissen & Fagard, 2005) untersucht und weisen eine hohe Evidenz auf. Diese Untersuchungen zeigen aber auch, dass der blutdrucksenkende Effekt vor allem bei Patienten mit Bluthochdruck vorzufinden ist. Personen mit normotonen Blutdruck zeigen dagegen nur geringe bis keine Veränderungen des Ruheblutdrucks (Cornelissen & Smart, 2013). Möglicherweise liegt hierin auch die Ursache begründet. Im Mittel kann zwar bei allen

Gruppen mindestens ein prähypertensiver Blutdruck ($<139\text{mmHg}/<89\text{mmHg}$) beobachtet werden, jedoch zeigt sich der tendenzielle Effekt nur bei der Gruppe, welche im Mittel einen Wert von $>90\text{ mmHg}$ aufweist und über dem Grenzwert zum Bluthochdruck liegt. Als weiteres Resultat konnte eine Reduktion des Ruheschmerzempfindens innerhalb der Krafttrainingsgruppe festgestellt werden. Das Ruheschmerzempfinden könnte einen Hinweis auf das Vorhandensein von körperlichen Beschwerden wie z.B. das Leiden an einer Muskel-Skelett-Symptomatik geben. Die Reduktion könnte daher Hinweise auf die Verbesserung von Schmerzen durch ein Krafttraining liefern. Ähnliche Resultate zeigten Andersen *et al.*, 2012, Bruce-Low *et al.*, 2012 oder Andersen *et al.*, 2008. Auch wenn die Untersuchungen auf Strukturgleichheit keine Gruppenunterschiede zum Voruntersuchungszeitpunkt festgestellt haben, so fällt doch ein hoher Schmerzwert zu Beginn der Studie bei den Probanden Krafttrainingsstudie auf und sollte daher bei der Ergebnisbewertung kritisch betrachtet werden.

5.4.2.7 Leistungsdiagnostik

Die vorliegenden Untersuchungen weisen darauf hin, dass das in dieser Studie absolvierte Kraft- und Ausdauertraining zur Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit führt, wobei insbesondere das Ausdauertraining erwartungsgemäß mit größeren Verbesserungen einhergeht.

In Anbetracht der klassischen Prinzipien geht ein Krafttraining oder ein Ausdauertraining mit spezifischen Anpassungen des Organismus einher. Ein Ausdauertraining führt beispielsweise zu einer Erhöhung der Kapillar- oder Mitochondriendichte und damit verbunden zu einer erhöhten Aktivität von oxidativen oder glykolytischen Enzymen die wiederum mit einer Erhöhung der intramuskulären Substratspeicher zur verbesserten Energiegewinnung beitragen. Ein Krafttraining dagegen trägt zu den Mechanismen der Kapillarisation oder mitochondrialen Versorgung nur zu einem kleinen Teil bei. Damit einher gehen beide Trainingsmodalitäten mit unterschiedlichen Anpassungen der Muskelfaser. Durch Ausdauertraining werden vermehrt die Typ-I Fasern trainiert, was mit einer Erhöhung der aeroben Kapazität einhergeht und durch Krafttraining vermehrt Typ II Fasern, was zu einer erhöhten Kraft und anaeroben Leistungsfähigkeit führt (Tanaka & Swensen, 1999). Ein Krafttraining kann aber auch zu einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit führen. Untersuchungen zeigen, dass ein 12-wöchiges Krafttraining der Beine, bei untrainierten Probanden, die Laktatschwelle beim Radfahren erhöhen kann (Marcinik *et al*, 1991). Andere Studien zeigen eine Verbesserung des Wingate-Tests oder eine Erhöhung VO_2max während einer Fahrrad-Ergometrie, ebenfalls durch ein 12-wöchiges Krafttraining (Kraemer *et al.*, 1995; Marcinik *et al*, 1991). Dies wird auf

die Adaptation der Muskelzelle zurückgeführt, welche durch eine Vergrößerung (Hypertrophie) eine verbesserte kontraktile Eigenschaft aufweist und somit die Kraftproduktion erhöhen kann (Tanaka & Swensen 1999).

Insgesamt geht eine verbesserte kardiovaskuläre Fitness mit zahlreichen kardioprotektiven Mechanismen wie Verbesserte Endothelfunktion, Lipidwerten oder Glukosetoleranz sowie langfristige Blutdrucksenkung, Entzündungshemmung oder verstärkter vagotonus einher (Schmermund, 2004). Darüber hinaus steht die körperliche Fitness durchaus im Zusammenhang mit Leistung am Arbeitsplatz (Pronk *et al.*, 2004).

5.4.2.8 Blutlipide

Eine Beeinflussung der Blutlipide durch ein Krafttraining oder Ausdauertraining kann aufgrund vieler widersprüchlicher Ergebnisse nicht eindeutig belegt werden (z.B. Reviews von Gordon *et al.*, 2014 und Schwingshackl *et al.*, 2014). In einem Review kamen Gordon *et al.* (2014) zu dem Ergebnis, dass ein Krafttraining in der Lage ist, das Gesamtcholesterin um 3% und das LDL-Cholesterin um 4,5% zu senken. Das HDL-Cholesterin könnte durch ein Krafttraining um bis zu 1% gesteigert werden. Durch ein Ausdauertraining kann das Gesamtcholesterin um 11% gesenkt und das HDL-Cholesterin um bis zu 4% gesteigert werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen diesem zum Teil im Widerspruch. Es konnten keine Gruppenunterschiede erkannt werden, jedoch eine Senkung des LDL-Cholesterins um 8,5% innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe. Wonisch, Hofmann und Pokan (2009) argumentierten, dass der positive und Lipoprotein senkende Effekt wahrscheinlich mit einem trainingsinduzierten verringerten prozentualen Körperfettanteil und und/oder einer verbesserten Ausdauerleistungsfähigkeit einhergehen, es sich also um indirekte Effekte handelt. Dies könnte wiederum mit den vorliegenden Ergebnissen übereinstimmen, jedoch bleibt dieser Effekt bei der Krafttrainingsgruppe, trotz Abnahme der Fettmasse, aus. Außerdem muss das Cholesterin-Ausgangsniveau berücksichtigt werden. Zwar liegen alle Gruppenmittelwerte zur Voruntersuchung in einem Referenzbereich (LDL-Cholesterin <160 mg/dl; HDL-Cholesterin >35mg/dl), jedoch weist gerade die Ausdauertrainingsgruppe die höchsten LDL-Werte auf, weshalb diese möglicherweise am sensitivsten auf das Training reagieren bzw. von der Reduzierung der Körperfettmasse profitieren (Cornelissen *et al.*, 2011).

Da die Probanden am Untersuchungstag nicht nüchtern erscheinen mussten, könnte die Ernährung eine Rolle spielen. Nach einer Studie von Sidhu und Naugler (2011) scheint allerdings der Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme, bei der Bestimmung der Blutlipide keinen Einfluss auf das Ergebnis zu nehmen.

5.4.2.9 Maximalkraftmessungen

Ein Krafttraining geht typischerweise mit der Verbesserung der konditionellen Fähigkeit Kraft einher (Schröder, 2010). In der vorliegenden Arbeit wurde die höchstmögliche Kraft, die willkürlich gegen einen unüberwindbaren Widerstand erzeugt werden kann (isometrische Maximalkraft), erhoben. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Trainingsformen vor allem zur Steigerung der Rumpfkraft (Flexoren sowie Extensoren) beitragen können. Wenngleich die Kraftsteigerung durch ein reines Krafttraining logisch erscheint (z.B. Glowacki, 2004; Goto *et al.*, 2004; Häkkinen *et al.*, 2001), so fällt die Verbesserung durch ein Ausdauertraining durchaus verwunderlich aus. Studien, welche eine Verbesserung der Komponente Kraft durch Ausdauerinterventionen erzielen konnten führten Untersuchungen vor allem an Zielgruppen mit spezifischen Erkrankungen wie COPD (Spruit *et al.*, 2002), Herzinsuffizienz (Beckers *et al.*, 2008), Muskelatrophie (Sveen *et al.* 2008) oder einer generell älteren Population (Burich *et al.*, 2015) durch. Niesten-Dietrich *et al.* (2010) konnten eine deutliche Verbesserung der Rumpfkraft (Flexoren wie Extensoren) bei einem überwiegenden Ausdauertraining gegenüber einem reinen Krafttraining bei Rückenschmerzpatienten feststellen. Diese Erkenntnisse könnten darauf schließen lassen, dass ein Ausdauertraining besonders bei dekonditionierten Gesundheitszuständen eine Anpassung herbeiführt. Gottlob (2001) und Tittel (2003) beschreiben, dass die Bauchmuskulatur generell zur Abschwächung neigt. Aus Kapitel 2.2.3 und Studie I geht hervor, dass besonders häufig untere Rückenschmerzen vorliegen, was die Vermutung zulässt, dass ein Großteil der Studienteilnehmer auch in diesem Bereich funktionelle Einschränkungen mit möglichen Kraftdefiziten haben. Insgesamt könnte die Rumpfstabilität durch die typische Arbeitsbelastung eines Schweißers und Vorhandensein von Schmerzzuständen reduziert sein. Eine Verbesserung der allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit, wie bereits durch die Fahrradergometrie bestätigt, könnte auch in dem Zusammenhang ausschlaggebend für eine verbesserte Rumpfkraft, unabhängig von der Trainingsmethode sein.

Die Muskelgruppen der Arme oder der Beine, insbesondere der Extensoren, werden im Alltag oder Schweißerberuf durch Halten, Tragen und Fortbewegen stärker beansprucht (Tittel, 2003; Gottlob, 2001), weshalb eine gewisse Leistungsfähigkeit vorliegt und die Trainierbarkeit einschränkt. Die moderaten Trainingsintensitäten der vorliegenden Studie waren in diesem Fall möglicherweise nicht intensiv genug, um einen adäquaten Reiz zur Kraftsteigerung zu setzen.

5.4.2.10 Fragebogen

Wie bereits in dem Kapitel 4.4.2 berichtet wurde, kann die gesundheitsbezogene Lebensqualität bzw. die subjektive Gesundheit durch körperliche Aktivität positiv beeinflusst werden. Diese Resultate können auch durch die Ergebnisse dieser Studie befürwortet werden. Innerhalb der Krafttrainingsgruppe kann die gesundheitsbezogene Lebensqualität, gemessen an der körperlichen Summenskala, infolge der Intervention gesteigert werden. Jedoch muss kritisch angemerkt werden, dass bereits zur Voruntersuchung Unterschiede zwischen den Gruppen vorlag. Insbesondere die Probanden der Krafttrainingsgruppe wiesen einen auffällig niedrigen Score der körperlichen Summenskala zur Voruntersuchung auf. Für die psychische Summenskala zeigt sich ein Trend des Interaktionseffektes zugunsten der Trainingsinterventionen, wobei besonders erneut die Steigerung innerhalb der Krafttrainingsgruppe, welche ebenfalls als Trend auffällig ist, hervorsticht. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei einer Studie von Falla *et al.* (2013) bei der die Wirkung eines spezifischen Krafttrainings bei oberen Rücken- und Nackenschmerzpatienten untersucht wurde. Für die körperliche Gesundheit konnte infolge des Krafttrainings eine deutlichere Zunahme des Scores der körperlichen Summenskala beobachtet werden, als dies für die psychische der Fall war.

Auch für die subjektive Arbeitsfähigkeit (Work-Ability) konnten Hinweise zur Steigerung gefunden werden. Es zeigten sich keine Gruppenunterschiede jedoch eine statistisch auffällige Steigerung innerhalb der Krafttrainingsgruppe und eine tendenzielle Steigerung innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe.

Insgesamt betrachtet scheint das Krafttraining einen stärkeren Einfluss auf die subjektive Gesundheit und Arbeitsfähigkeit zu nehmen. Nicht zuletzt handelt es sich bei dem Beruf des Schweißers, um eine sehr körperlich fordernde Tätigkeit, welche besonders im Fokus Kraft steht. Vor diesem Hintergrund können die subjektiven Ergebnisse von einer gewissen Erwartungshaltung beeinflusst werden, wobei dem Krafttraining bessere Effekte zugeschrieben werden. Nichts desto trotz sollten die positiven Effekte eines körperlichen Trainings auf die subjektiven Ergebnisse berücksichtigt werden. Es kann von großem Vorteil sein, wenn sich Arbeitnehmer leistungsfähiger einschätzen und die körperliche sowie psychische Gesundheit besser bewerten.

5.4.2.11 Rückenvermessung

Für die Beurteilung der erhobenen Parameter sind vergleichbare Studien sowie Referenz- und Grenzwerte bei Erwachsene nur bedingt bis gar nicht verfügbar. Auf Grundlage der Firma DIERS für die Bewertung zur Verfügung gestellten Diagnoseschlüssels, welcher auf Untersuchungen von Harzmann aus den 90er Jahren beruht sowie Daten

von Schröder, Stiller und Mattes (2011) aus einer Studie, um geschlechtsspezifische und altersabhängige Referenzwerte zu ermitteln (249 Rückenschmerzpatienten und beschwerdefreie Personen; beschwerdefrei: W: n=89, M: n=88; monofokale Rückenschmerzen: W: n=38, M: n=34) sollen die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten eingeordnet und interpretiert werden.

Die Parameter Beckenhochstand, Beckentorsion, Kyphosewinkel, Lotabweichung sowie Seitabweichung und Oberflächenrotation können entsprechen im Mittel aller drei Gruppen den Normwerten der Videorasterstereographie nach Harzmann sowie den Referenzbereichen gesunder Personen nach Schröder, Stille und Mattes eingeordnet werden. Sie gelten als physiologisch „normal“. Entsprechend dieser Tatsache wäre eine Anpassung oder Veränderung nicht zu erwarten.

Für den Parameter „Lordosewinkel“ wurde von Harzmann ein optimaler Referenzbereich von 33-47° festgelegt. Schröder, Stiller und Mattes (2011) betonen jedoch, dass der Lordosewinkel mit fortschreitendem Alter zur Abflachung tendiert. Im Rahmen ihrer Studie wurden bei gesunden Probanden Lordosewinkel von $36 \pm 7^\circ$ gemessen. Der Referenzbereich wurde daher auf 29 bis 43° festgelegt. In einer weiteren Studie konnten Schröder, Strübing und Mattes (2010) zeigen, dass Rückenpatienten ($32 \pm 6^\circ$) eine signifikant flachere Lordose als beschwerdefreie Männer ($36 \pm 7^\circ$) aufweisen. Die Probanden der vorliegenden Studie weisen in der Kontrollgruppe zur Voruntersuchung einen Mittelwert von $32,7 \pm 9^\circ$, in der Ausdauergruppe von $37,1 \pm 9^\circ$ und in der Kraftgruppe von $33,0 \pm 8^\circ$ auf. Somit sind die Schweißer im Mittel, bis auf die Probanden der Ausdauertrainingsgruppe, eher im unteren Normwert anzusiedeln und sind mit den Rückenschmerzpatienten aus der Studie von Schröder *et al.*, 2010 zu vergleichen. Diese Ergebnisse würden auch in die Beobachtungen bzgl. der hohen Prävalenz von unteren Rückenschmerzen innerhalb dieser Berufsgruppe passen und könnten auf eine berufsspezifische Ausprägung der Wirbelsäule hinweisen. Weitere Untersuchungen mit anderen Berufsgruppen wäre sicherlich indiziert, um Aufschluss über diesen Sachverhalt zu erlangen.

Lediglich für diesen Parameter konnten auch statistisch auffällige Unterschiede beobachtet werden. Infolge des Trainings wurde ein Interaktionseffekt zwischen der Ausdauer- und Krafttrainingsgruppe beobachtet. Inwiefern sich beide Interventionen über ein halbes Jahr anatomisch auf den Lordosewinkel auswirken können, wurde bislang nicht untersucht und kann auch abschließend durch diese Studie nicht geklärt werden.

5.4.2.12 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen das Potential eines körperlichen Trainings in der Prävention und Gesundheitsförderung bei Schweißern, hinsichtlich Reduzierung berufsbedingter Beanspruchungen, Erhöhung der allgemeinen Leistungsfähigkeit und der Gesundheit.

Beide Trainingsinterventionen gehen dabei zum Teil mit spezifischen Anpassungen einher wobei insbesondere der *M. trapezius p.d.* am sensitivsten auf beide Trainingsformen reagiert. Insgesamt liefern die Ergebnisse Hinweise, dass das Krafttraining einen größeren Einfluss auf das muskuläre Beanspruchungsprofil hat. Das Ausdauertraining wirkt sich dagegen eher positiv auf kardiovaskuläre Beanspruchungen während des Schweißprozesses aus. Beide Trainingsformen scheinen gleichermaßen die subjektiven Parameter des Anstrengungsempfindens sowie des Schmerzempfindens positiv zu beeinflussen. In diesem Zusammenhang zeigt sich, infolge beider Trainingsinterventionen, eine größere spezifische Leistungsfähigkeit und eine geringe Ermüdung während des Schweißexperiments in Position PD. Das Krafttraining wie auch das Ausdauertraining gehen mit einer Reihe positiver Anpassung der allgemeinen Gesundheit und Leistungsfähigkeit einher. In beiden Trainingsgruppen konnte eine Abnahme der Körperfettmasse und tendenzielle Zunahme der Muskelmasse festgestellt werden. Zudem wurde die kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit verbessert, wobei die Probanden der Ausdauertrainingsgruppe erwartungsgemäß stärkere Anpassungen verbuchen konnten. Sowohl ein Krafttraining wie auch ein Ausdauertraining führt bei dem vorliegenden Probandenkollektiv zu einer Verbesserung der Maximalkraft der Rumpfmuskulatur.

Neben den zumeist objektiven Zielparameter der Gesundheit sprechen auch die durch den Fragebogen erhobenen subjektiven Parameter für eine tendenzielle Verbesserung von Gesundheit und Arbeitsfähigkeit durch ein körperliches Training.

Zusammengefasst kann geschlussfolgert werden, dass beide Trainingsformen in der hier durchgeführten moderaten Intensität und dem Umfang, bei der Berufsgruppe der Schweißer, wirksam sind, Beanspruchung während einer Schweißsimulation zu Reduzieren und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Neben den berufsspezifischen Belastungen sind beide Trainingsformen gleichermaßen wirksam, um die allgemeine körperliche Fitness und gesundheitsrelevante Zielparameter positiv zu beeinflussen. Diese Resultate legen daher die Empfehlung nahe, auch neben dem körperlich fordernden und anstrengenden Beruf des Schweißers, ein regelmäßiges und systematisches Training aufzunehmen, um die eigene Gesundheit positiv zu gestalten.

Ein körperliches Training könnte als Wirksames Instrument in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen dienen. Hierdurch könnten langfristig Erkrankungen und

schmerzhafte Leiden reduziert, arbeitsbedingten Fehlzeiten entgegengewirkt und die berufliche Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz gesteigert werden. Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse sollten die Resultate dazu genutzt werden, um effektive Strategien zu entwickeln und bewegungsförderliche Settings, in Freizeit oder gar beruflichem Umfeld, zu platzieren. In Zukunft sollten sowohl anwendungsorientierte Forschungseinrichtungen wie auch Unternehmen der industriellen Wirtschaft daran interessiert sein, die Ausgestaltung solcher verhaltenspräventiven und gesundheitsförderlichen Maßnahmen zu intensivieren, um optimale Strategien, im Interesse aller Akteure, in der Praxis platzieren zu können.

5.4.3 Methodendiskussion

5.4.3.1 Stichprobe und Kontrolle von Störvariablen

Die Probanden der vorliegenden Studie sollten zwischen 20 und 59 Jahre alt sein, um eine Stichprobe des durchschnittlichen erwerbsfähigen Alters darzustellen. Mit einem mittleren Alter der Studienteilnehmer von ca. 40 Jahren scheint dies gelungen.

Um den Transfer der Ergebnisse in die Praxis der Metallindustrie erreichen zu können, erfolgte der Einschluss in die Studie nur bei beruflichen Schweißern. Dabei sollten die Probanden eine Schweiß Erfahrung von mindestens 3 Monaten nachweisen und durchschnittlich 4 Stunden am Tag schweißen. Da in vielen Berufen der Metallindustrie das Schweißen ein Bestandteil sein kann, oft jedoch nur Bruchteile der Arbeitsaufgaben darstellt, sollte mit diesen Kriterien sichergestellt werden, dass nur Personen mit entsprechendem tatsächlichen Berufsbild eingeschlossen werden. Auch stellt die bisherige Schweiß Erfahrung eine mögliche Störvariable dar. Kadefors *et al.* (1976) beschreibt, dass erfahrene und unerfahrene Schweißer unterschiedlich auf Belastungen reagieren. Da diese Angaben auf den Aussagen der Probanden beruhten, konnte eine Verletzung dieser Kriterien nicht vollständig ausgeschlossen werden. Jedoch kann durch die Tatsache, dass es sich um ein reales Berufskollektiv handelt, von einer hohen externen Validität ausgegangen werden. Darüber hinaus sollten die Probanden keinen Leistungssport (<6h/Woche) betreiben, da eine erhöhte körperliche und insbesondere muskuläre Leistungsfähigkeit die Messungen der Studieninterventionen beeinflussen kann (vgl. Studie II; Krüger *et al.*, 2015; Hamberg van-Reenen *et al.*, 2009). Ausschlusskriterien waren darüber hinaus alle akuten oder chronischen Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, Asthma, Diabetes, entzündliche sowie fiebrige Erkrankungen, welche eine Kontraindikation zur Ausübung sportlichen Trainings darstellen oder aber eine Verzerrung der Unter-

suchungsergebnisse zur Folge hätten. Chronische oder akute Beschwerden des Bewegungsapparates stellen kein absolutes Ausschlusskriterium dar, weshalb die Ergebnisse nicht im Sinne eines primärpräventiven Ansatzes betrachtet werden können. Vielmehr könnte dies eine Störvariable darstellen, da Schmerzzustände und funktionelle Einschränkungen die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen beeinflussen könnten. Die Erzeugung eines heterogenen Probandenkollektivs, hinsichtlich Schmerzzustand, könnte Folge sein. Zukünftige Untersuchungen sollten dies berücksichtigen.

Das Geschlecht wurde als keine Störvariable definiert. Insgesamt nahm nur eine Frau an der Studie Teil. Diese wurde der Ausdauertrainingsgruppe zugeteilt. Die nicht gleichmäßige Aufteilung des Geschlechts könnte einen Störfaktor darstellen.

Ebenfalls könnte die Untersuchungstage eine Störvariable darstellen. Zwar sollten die Probanden, außer der beruflichen Arbeit, keinen ungewohnten Tätigkeiten am Tag vor der Untersuchung nachgehen, jedoch war der Wochentag nicht standardisiert. Daher konnte es vorkommen, dass die Eingangsuntersuchung montags und die Abschlussuntersuchung freitags, nach einer kompletten Arbeitswoche, stattfand oder gar unmittelbar nach einem Urlaubsaufenthalt. Aufgrund der Absprache und Freistellung der Probanden durch die Unternehmen war dies nicht immer möglich und sollte in zukünftigen Untersuchungen stärker berücksichtigt werden.

5.4.3.2 Studiendesign

Die vorliegende Studie entsprach einem Test-Re-Test Design mit Kontrollgruppe. Aufgrund der Probandenrekrutierung wurde keine Randomisierung oder Stratifizierung zur Kontrolle unbekannter Störvariablen vorgenommen, was die statistische „Power“ bzw. Teststärke einschränkt (Janssen & Laatz, 2013). Die Probanden konnten sich freiwillig eine Gruppe auswählen. Zwar konnte der Test auf Strukturgleichheit zeigen, dass eine gleiche Verteilung aller demographischen Daten sowie der meisten Zielparameter vorliegt, dennoch können weitere konfundierende Variablen, Ursache und Wirkung der Untersuchung beeinflussen. So kann nicht ausgeschlossen werden, dass Personen mit einer höheren Bereitschaft für die Durchführung eines Kraft- oder Ausdauertrainings, aufgrund von Vorerfahrungen und Motivation, eine Trainingsgruppe bevorzugen. In diesem Fall könnten mögliche Effekte geringer ausfallen, da bei Personen mit Trainingserfahrung geringere Anpassungen resultieren, als bei Anfängern (Fröhlich & Pieter, 2009). Daher muss die vorliegende Studie hinsichtlich der Resultate mit Vorsicht betrachtet werden.

Aus statistischer Sicht sollten zukünftige Untersuchungen gezielte Versuchspläne, hinsichtlich Fallzahlplanung und *a priori* Hypothesentestung, berücksichtigen. Die Anzahl

der Zielparameter sollten reduziert werden, um das Problem des multiplen Testens zu minimieren.

5.4.3.3 Schweißexperiment

Das in dieser Arbeit durchgeführte Schweißexperiment wurde unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Versuchsbedingungen kontrolliert durchgeführt werden können. So kann sichergestellt werden, dass die Belastung für jeden Probanden weitestgehend gleich ist. Laborexperimente zeichnen sich durch eine hohe interne Validität aus. Im Gegensatz dazu, besteht für das Schweißexperiment eine geringere externe Validität, was die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Bedingungen beeinflusst (Bortz & Döring, 2006). Unter tatsächlichen Arbeitsbedingungen ist ein Schweißer zahlreichen weiteren Belastungen ausgesetzt, wie beispielsweise einem höheren Gewicht durch Schutzkleidung, auftretende Hitze während des Schweißprozesses sowie einer höheren Präzisionsanforderung an den zu verrichtenden Arbeitssauftrag. Hinzu kommt, dass in dem vorliegenden Experiment die simulierte Arbeitsdauer nicht dem der Realität entsprach. Unter den standardisierten Bedingungen betrug die Schweißdauer insgesamt nur 16 Minuten. Im Gegensatz dazu, ist der Schweißer in seinem Alltag diesen Belastungen mehreren Stunden ausgesetzt. Die tatsächliche Quantifizierung der Belastung ist somit nicht vollständig möglich.

In zukünftigen Studien sollte Anzahl und Auswahl der zu untersuchenden Muskeln erneut diskutiert werden. Es könnte überlegt werden, Muskelgruppen mit geringen Beanspruchungen, wie *M. biceps* und *M. triceps*, durch weitere Muskeln in Schulter-Nacken-Region, mit hohen Beanspruchungen, zu ersetzen. Ebenfalls könnten weitere typische Schweißpositionen in Zwangslagen diskutiert werden.

Außerdem sollte in zukünftigen Simulationsexperimenten, in Abhängigkeit der Zielparameter, auf eine standardisierte Belastung, hinsichtlich Zeit und Dauer, geachtet werden.

5.4.3.4 Messmethoden

Das OEMG-Signal sollte aus mehreren Gesichtspunkten kritisch betrachtet werden. Viele Störfaktoren können die Qualität und somit die Aussagekraft der Messungen beeinflussen. Mögliche Einflussfaktoren können bereits bei der Anwendung der OEMG-Messung auftreten. Es muss darauf geachtet werden, dass die Elektroden bei einem Re-Test exakt an derselben Stelle angebracht werden. Trotz der Anbringung der Elektroden nach den festgelegten Richtlinien kann es zu Abweichungen der Elektrodenposition kommen. Hierbei können störende Distanzänderungen zwischen den Elektroden und dem Muskel entstehen was die Ergebnisse durchaus beeinflusst (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007).

Einen weiteren Einflussfaktor stellt die hohe interindividuelle und intraindividuelle Gewebeeigenschaft des Menschen dar. Diese zeichnen sich unter anderem durch verschiedene Gewebetypen oder die Gewebedicke aus, was die Ableitung der Oberflächenpotentiale beeinflussen kann. Ein sportliches Training könnte dazu beitragen, dass sich die Gewebeeigenschaften verändern (Wonisch, Hofmann & Pokan, 2009). Zusätzlich können direkt benachbarte Muskeln einen Anteil des gemessenen OEMG-Signals produzieren. Dies wird als physiologischer „Cross-Talk“ bezeichnet und betrifft vor allem eng miteinander orientierte Muskeln. Zum Cross-Talk gehört ebenfalls die Messung von EKG-Signalen, was vor allem die Messung von Muskeln in Rumpf-Nähe betrifft. Hinzu können Beeinträchtigungen durch Störspannungen von externen Quellen kommen. Dies betrifft andere elektrische Geräte in der räumlichen Umgebung, welche das OEMG-Signal durch ein „Netzbrummen“ verfälschen können. Darüber hinaus sollte eine konstante Raumtemperatur eingehalten werden. Eine vollkommen intakte technische Ausrüstung sowie eine ordnungsgemäße Verwendung sind Grundvoraussetzungen (Konrad, 2005). Ergebnisse mit höherer Qualität liefern Nadel-EMG Messsysteme (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007), jedoch muss bei dieser Methode auf die Anwendbarkeit bei den Probanden sowie Durchführbarkeit während des Schweißprozesses geachtet werden.

Im Bezug zu den Ermüdungsparametern wurde bereits angemerkt, dass die Frequenz- und Amplitudenwerte möglicherweise nicht sensitiv genug für die Erfassung von Ermüdung sind (vgl. Kap. 5.4.2.2). Für die Erfassung von Ermüdung über die Frequenz- und Amplitudenanalyse muss ein gewisser Grad der Beanspruchung vorliegen. Bosch *et al.* (2007) sowie Hostens und Roman (2005) gehen von einer Arbeitsintensität von mindestens 15% der maximal willkürlichen Kontraktionsfähigkeit (*MVC*) aus. Für die vorliegende Arbeit konnte dies lediglich für einen Teil der untersuchten Muskeln festgestellt werden. Auf eine zu geringe Beanspruchung deuten auch die Zeiten des Schweißexperimentes hin. In sitzender Position konnte nahezu jeder Proband die volle Dauer von 480 Sekunden durchhalten. In stehender über Kopf Position zeigten sich dagegen im Durchschnitt zwar größere Abweichungen für die Abbruchquote. Diese Faktoren deuten darauf hin, dass die bereits vermutete Annahme, der nicht sensitiv genügenden Ermüdungsparameter, die Aussagekraft der Ergebnisse einschränkt.

Weiterhin birgt eine einmalige Messung der kardiovaskulären Parameter zu jeder Erhebungsphase eine limitierte Validität. Es muss sich auf den einmalig gemessenen Wert verlassen werden. Besonders bei der Blutdruckmessung mit einem elektronischen Messgerät sollten die Resultate kritisch betrachtet werden.

5.4.3.5 Trainingsintervention

Die vorliegende Intervention richtet sich, hinsichtlich der Belastungsnormativa, nach den allgemeinen Empfehlungen eines sportlichen Trainings (Americian College of Sports Medicine; Feigenbaum und Pollock 1999; Rhea *et al.*, 2003) und schien, angesichts bereits durchgeführter Untersuchungen mit ähnlichen Belastungsnormativa als geeignet, um das Belastungs- und Beanspruchungsprofil bei Schweißern positiv zu beeinflussen (Pedersen, 2003; Portero, 2001; Fleck & Dean, 1987; Andersen *et al.*, 2012; Cornelissen & Smart, 2013; Hamberg-van Reenen *et al.*, 2009; Falla *et al.*, 2013; Sundstrup *et al.*, 2014; Tanaka & Swensen, 1999; Goto *et al.*, 2004).

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit legen die Vermutung nahe, dass weitere erwartete Effekte ausbleiben. Die Dauer der Trainingsintervention scheint bezüglich der Effekte keine Rolle zu spielen. Vergleichbare wissenschaftliche Untersuchungen zeigen bereits nach wesentlich kürzeren Trainingszeiträumen messbare Anpassungen der in dieser Arbeit untersuchten Parameter (Glowacki *et al.*, 2004; Goto *et al.* 2004).

Eine entscheidende Rolle könnte jedoch die Trainingsbeteiligung spielen. Da beim Krafttraining ohnehin eine geringe Trainingsfrequenz von zwei Einheiten pro Woche angesetzt wurde, könnte das zusätzlich vermehrte Aussetzen der Trainingsintervention das Ausbleiben bzw. die geringe Anpassung auf die Haupt- und Nebenzielparameter begründen. Diese Resultate konnten auch Hamberg-van Reenen *et al.* (2009) aufweisen. Bei einer durchschnittlichen Trainingsbeteiligung von lediglich 75 % über 8 Wochen (2 Einheiten pro Woche) konnte er in seiner Studie weder eine Steigerung der Maximalkraft des Rückenstreckers und der Schulter, noch eine Abnahme der Ermüdung der untersuchten Muskeln nachweisen. Die Trainingsbeteiligung innerhalb der Ausdauertrainingsgruppe ist dagegen mit ~76% zufriedenstellend, was anhand der deutlichen Steigerung der Ausdauerleistungsfähigkeit bekräftigt werden kann. Die Überprüfung der Trainingsbeteiligung erfolgte über Eigendokumentation der Probanden oder Fitnessstudios. Somit kann die Tatsächliche Anzahl von Trainingseinheiten sowie das exakte Einhalten des Trainingsprogramm, in Umfang und Ausführung aller Übungen im vorgegebenem Umfang, nicht vollständig kontrolliert werden. Dies stellt auch in diesem Fall eine mögliche Störgröße im Hinblick auf die tatsächlich geleistete Trainingstreue dar.

Studien mit eindeutigen Effekten wurden in der Regel unter standardisierten und überwachten Bedingungen durchgeführt. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit spiegeln hingegen die tatsächlichen Auswirkungen unter realen Bedingungen wieder. Die Tatsache, dass Schweißer in ihrem beruflichen Alltag ohnehin hohen körperlichen Belastungen ausgesetzt sind könnte die Motivation und Trainingsbereitschaft, zur regelmäßig zusätzlichen körperlichen Aktivität, einschränken.

6 Studie III – Vergleich der Beanspruchung beim Schweißen durch Schweißbrenner unterschiedlicher Ergonomie

6.1 Studie III – Hypothesen

Basierend auf dem beschriebenen aktuellen Stand der Wissenschaft, über das Beschwerdebild bei Schweißern, und der Ergebnisse von Studie I, welche die Beschwerden des unteren Rückens und des Nackens als häufigste betroffene Bereiche identifizieren, sollen diese Muskelregionen als Hauptzielparameter festgelegt werden. Auf Grundlage der bisherigen Erkenntnisse über Effekte von ergonomischen Maßnahmen (Van Eerd *et al.*, 2016; Fethke, Gant und Gerr, 2001; Verbeek *et al.*, 2011; Lyshon *et al.*, 2010; Martimo *et al.*, 2007; Jarvholm *et al.*, 1991) wurden im Rahmen der vorliegenden Studie III folgende Alternativ- (H_1) und Nullhypothesen (H_0) formuliert:

*(H1₁) Die Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae unterscheidet sich im Mittel während einer 4,5-minütigen Schweißtätigkeit in Position **PA** bei Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB EVO PRO 36KD gegenüber der Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB GRIP 36KD.*

*(H0₁) Die Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae fallen während einer 4,5-minütigen Schweißtätigkeit in Position **PA** bei Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB EVO PRO 36KD sowie Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB GRIP 36KD im Mittel gleich aus.*

*(H1₂) Die Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae unterscheidet sich im Mittel während einer 4,5-minütigen Schweißtätigkeit in Position **PE** bei Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB EVO PRO 36KD gegenüber der Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB GRIP 36KD.*

*(H0₂) Die Beanspruchung des M. trapezius pars descendens sowie des M. erector spinae fallen während einer 4,5-minütigen Schweißtätigkeit in Position **PE** bei Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB EVO PRO 36KD sowie der Verwendung des Schweißbrenners vom Typ MB GRIP 36KD im Mittel gleich aus.*

6.2 Studie III – Material und Methoden

6.2.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine im Cross-Over-Design durchgeführte Untersuchung, welche an der Abteilung für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen (monozentrisch) in Kooperation mit der Alexander Binzel Schweißtechnik GmbH & Co. KG durchgeführt wurde. Die Untersuchung fand dabei für jeden Probanden an mindestens 2 Tagen statt und erstreckte sich je Untersuchungstag auf ca. 3 Stunden. Alle Probanden wurden zufällig zur ersten Bedingung zugeteilt. Untersucht wurden die Bedingungen „konventioneller Schweißbrenner“ – Typ *MB GRIP 36KD* (A) sowie „ergonomischer Schweißbrenner“ – Typ *MB EVO PRO 36KD* (B) in einem virtuellen Schweißexperiment an einem Schweißsimulator. Die Hälfte der Probanden absolvierten in Phase 1 zunächst Bedingung A und die andere Hälfte Bedingung B. Nach einer minimalen Auswaschphase von 24 Stunden und einer maximalen von 72 Stunden wurden in Phase 2 die Bedingungen getauscht (Abb. 31).

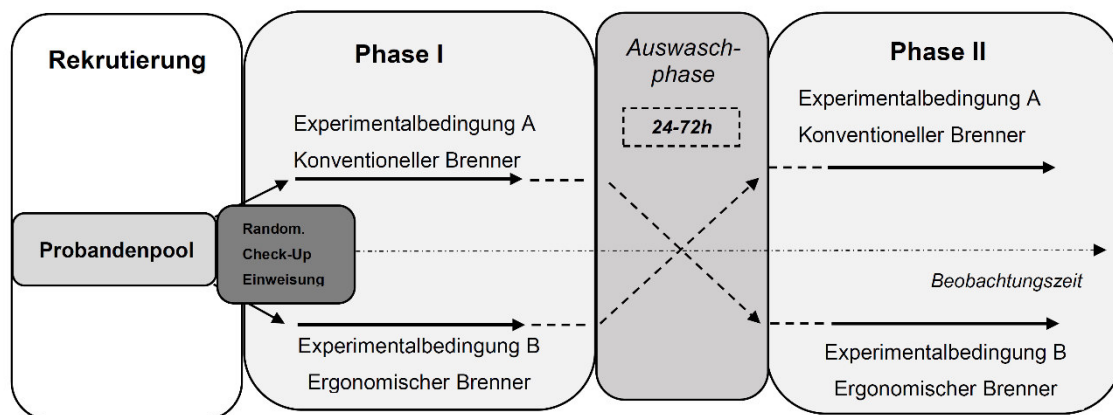


Abb. 31: Schema des Vorliegenden Crossover-Versuchsplans

Am ersten Untersuchungstag erfolgte zunächst ein Aufklärungsgespräch mit Erläuterung und Aushändigung der Probandeninformation sowie die schriftliche Einwilligung der Probanden zu der Studie und die erneute Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien. Nach einem kurzen ärztlichen Check, welcher die Unbedenklichkeit zur Teilnahme an der Studie klärte, folgten die anthropometrische Datenerhebung. Vor dem ersten Experiment fand eine standardisierte Einweisung durch den Studienleiter in das virtuelle Schweißtrainersystem statt. Hierbei erläuterte der Studienleiter das experimentale Setting und die Grundlagen des Schweißsimulators. Der Studienleiter demonstrierte zu diesem Zweck die korrekte Handhabung mit der Schweißausrüstung (Schweißbrenner,

Helm und Werkstück) und legte den besonderen Fokus auf die vom Simulator erfassten Schweißqualitätsparameter. Im Anschluss daran hatten alle Probanden einen Probeversuch in beiden Schweißpositionen. Nach der Einführung folgten die Untersuchungen. Die Übersicht der beiden identischen Untersuchungstage ist in Abbildung 32 dargestellt. An den Experimentaltagen war unmittelbar ein lockeres Aufwärmen auf dem Ruderergometer vorgeschaltet. Die Probanden waren im Vorfeld dazu angehalten, 1 Tag vor den Messungen keine ungewohnt anstrengenden Tätigkeiten (z.B. Sport) auszuüben.

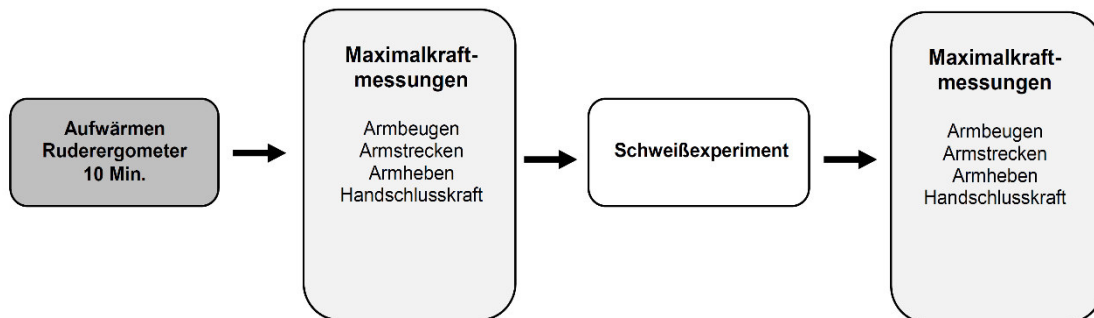


Abb. 32: Schematischer Ablauf eines Versuchstages

6.2.2 Zielgrößen

6.2.2.1 Hauptzielparameter

Zur Auswertung der Studie wurden folgende Parameter im 4,5-minütigen Schweißexperiment in zwei Positionen (PA und PE) ermittelt und gelten als Hauptzielgrößen:

- Prozentual (%) gemessene muskuläre Aktivität, gemessen am MVC (*Maximum voluntary contraction*)
 - ***M. trapezius p.d.***
 - ***M. erector spinae pars lumbares (Höhe Lendenwirbel1)***

6.2.2.2 Nebenzielparameter

Folgende Parameter des Experiments wurden als Nebenzielparameter ausgewertet:

- Prozentual (%) gemessene muskuläre Aktivität, gemessen am MVC (*Maximum voluntary contraction*)
 - *M. biceps brachii Caput breve*
 - *M. triceps brachii Caput laterale*
 - *M. extensor d.l.*
 - *M. infraspinatus*
 - *M. pectoralis p.c.*
 - *M. deltoideus p.c.*

- muskuläre Ermüdung via Parameter der *Median Frequency & Mean Amplitude* von:
 - *M. trapezius p.d.*
 - *M. erector spinae pars lumbares*
 - *M. biceps brachii Caput breve*
 - *M. triceps brachii Caput laterale*
 - *M. extensor d.l.*
 - *M. infraspinatus*
 - *M. pectoralis p.c.*
 - *M. deltoideus p.c.*
- Herz-Kreislauf-Beanspruchung
 - Systolischer Blutdruck
 - Diastolischer Blutdruck
 - Herzfrequenz
- Subjektive Parameter
 - Anstrengungsempfinden nach BORG
 - Schmerzempfinden „visuelle Analogskala“ (VAS)
- Maximalkraftmessung:
 - Armflexion
 - Armextension
 - Armelevation
 - Handschlusskraft
- Schweißqualität – Gütekriterien
 - Geschwindigkeit
 - Brennerwinkel
 - Anstellwinkel
 - Abstand
 - Geradigkeit
 - Gesamtscore – Schweißqualität

6.2.3 Probandenauswahl

Es wurden folgende Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt:

Tab. 24: Ein- und Ausschlusskriterien Studie III

Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
1. 18-59 Jahre Alt	1. Regelmäßiges Krafttraining (>4h/Woche)
2. Keine Erfahrungen im Schweißen	2. Herz-Kreislaufkrankungen, Asthma, Diabetes, akute entzündliche oder fiebrige Erkrankungen
	3. akute/chronische Beschwerden des Bewegungsapparates, speziell Rücken-, Schulter-, Ellbogen- oder Handgelenksmerzen
	4. Medikamenteneinnahme, welche einen Einfluss auf die Untersuchungsergebnisse nehmen könnte
	5. Leistungssport

6.2.4 Rekrutierung

Die Ansprache potentieller Teilnehmer erfolgte persönlich, per Telefon oder per E-Mail. Hierzu wurde der E-Mail-Verteiler der Justus-Liebig-Universität Gießen genutzt.

6.2.5. Medizinischer Check-Up und Voruntersuchung

Zur Überprüfung der gesundheitlichen Tauglichkeit zur Studie und Unbedenklichkeit wurde ein medizinischer Check-Up durchgeführt. Hierzu füllten alle Probanden einen Anamnesebogen zur Krankengeschichte und Sportanamnese erhoben. Zusätzlich wurde von einem Arzt der orthopädische Status erfasst sowie Herz und Lunge abgehört.

6.2.6 Virtuelles Schweißexperiment

6.2.6.1 Soldamatic Schweißtrainer-System

Das virtuelle Schweißexperiment wurde am Soldamatic Schweißtrainer-System (Seabery, Huelva, Spanien) durchgeführt. Soldamatic ist ein *Augmented-Reality*-Trainings-system und wird für die schweißtechnische Ausbildung genutzt, um Kosten zu senken

und die Qualifizierung zu steigern. Unter dem Begriff „*augmented reality*“ versteht man die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung (Okimoto *et al.*, 2015). Das Gesamtsystem besteht im Wesentlichen aus den Komponenten des Simulators (PC mit Display in Schweißgeräteoptik) und *Augmented-Reality*-Schweißhelm. Darüber hinaus sind dem System standardmäßig 5 Werkstücke und 3 unterschiedliche Schweißbrenner beigelegt (siehe Abb. 33).



Abb. 33: Ausrüstung und Umfang der Ausstattung des Soldamatic Schweißtrainer-Systems (Kilner, 2017)

Bei dem Schweißhelm handelt es sich um einen Helm mit indirekter Sicht (*Head Mounted Display – HMD*). Er besitzt zwei Frontkameras, welche die Umgebung aufzeichnen und an den Simulator (PC) weiterleiten. Gekoppelt mit diesem und dem Schweißbrenner wird das Umgebungsbild aufgezeichnet, digital erweitert, und in den im Helm integrierten Display geleitet. Die Werkstücke werden unter der Simulation als Metall dargestellt und der Brenner wird automatisch in das Bezugssystem integriert. Wird der Brenner nun „eingeschaltet“ entsteht im Display der Lichtbogen, das dadurch verursachte Schmelzbad und bei korrekter Handhabung und Führung auf dem Werkstück eine Schweißnaht. Der Schweißsimulator kann auf vielfältige Bedingungen programmiert werden: wie z.B. Metallart, Metalldicke, Schweißgas, Schweißdraht und Stromstärke. Je nach Programmierung variiert die Anforderung und Handhabung. Während des simulierten Schweißprozesses wird dem Anwender darüber hinaus permanent und in Echtzeit ein Feedback über den Schweißprozess geliefert. Auf Grundlage verschiedener Gütekriterien kann somit während des Schweißens und Ende das Ergebnis qualitativ bewertet werden. Zur

Bewertung der Schweißqualität wurden daher diese Gütekriterien als Nebenzielparame-
ter in dieser Studie festgelegt. Die Gütekriterien sind der Brennerwinkel, Anstellwinkel,
Abstand, Geschwindigkeit und Geradigkeit. Der Brennerwinkel bezeichnet die vertikale
Ausrichtung des Brenners zum Werkstück, der Anstellwinkel die horizontale und der Ab-
stand die Distanz zwischen Elektrode und Werkstück. Diese drei Gütekriterien werden
in das erweiterte Bild während des Schweißprozesses geblendet und geben über die
Farbe Grün die Korrektheit der Positionen wieder oder zeigen mit Rot und entsprechen-
den Pfeilen an, in welche Richtung der Brenner bewegt werden muss, um in die korrekte
Position zu gelangen. Die Geschwindigkeit beschreibt dabei, wie schnell der Brenner
über die Naht geführt werden soll. Dieser Parameter wird während der Simulation als
fortlaufender Punkt auf dem Werkstück bzw. zwischen den zwei Werkstücken auf der
Naht dargestellt.

6.2.6.2 Experimenteller Versuchsaufbau

Durch das Schweißexperiment sollen die unterschiedlichen Belastungen zweier
Schweißbrenner, durch ein standardisiertes Laborexperiment in zwei Körperpositionen
simuliert und die daraus resultierenden Beanspruchungen mittels den Parametern der
muskulären Aktivität, der muskulären Ermüdung, der Herzfrequenz, des systolischen
und diastolischen Blutdrucks, des subjektiven Anstrengungsempfindens sowie des
Schmerzempfindens verglichen werden.

Das Experiment wurde hierzu in zwei Positionen durchgeführt. In jeder Position wurden
drei Durchgänge absolviert. Die Voreinstellungen des Schweißsimulators wurden so ge-
wählt, dass jeder Durchgang maximal 90 Sekunden andauert. Zwischen den Durchgän-
gen innerhalb einer Position wurde 1 Minute Pause gehalten. Zwischen den Positionen
gab es eine 5-minütige Ruhephase. Der jeweilige Schweißprozess begann mit dem Be-
tätigen des Knopfes am Brenner und endete am Ende der Naht oder nach maximal 90
Sekunden.

Alle Probanden wurden instruiert, ihr Bestes zu geben und so gut wie möglich die
Schweißparameter sowie Vorgaben des Trainersystems während der Simulation einzu-
halten. Während der Experimente gab es keine zusätzlichen Korrekturhinweise vom Stu-
dienleiter.

Neben dem Schweißhelm trugen alle Probanden eine Lederschürze sowie Lederhand-
schuhe, um die Zusatzbelastung der Schutzausrüstung beim Schweißen zu simulieren.
Zuerst wurde die Position PA im Stand absolviert. Hierbei handelt es sich um das waa-
gerechte Schweißen von Stumpf- und Kehlnähten (Wannenposition). Das Werkstück

wurde zu dieser Position 20cm unterhalb der individuellen Akkromionhöhe an einem höhenverstellbaren Metallständer ausgerichtet. Der Schweißbrenner wurde beidhändig gehalten, wobei die dominante Hand zuerst den Brenner umgriff und die nicht-dominante Hand darunter zur Lastunterstützung genommen wurde (Abb. 34).



Abb. 34: Schweißen in Position PA (gestellte Aufnahme und mit freundlicher Genehmigung der Firma Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, vom 18.02.2016)

Die zweite Position stellte eine Überkopfposition dar, welche als PE bezeichnet wird und einhändig mit der dominanten Hand durchgeführt wurde. Das Werkstück wurde hierzu 40cm oberhalb der individuellen Akkromionhöhe positioniert (Abb. 35).



Abb. 35: Schweißen in Position PE (gestellte Aufnahme und mit freundlicher Genehmigung der Firma Alexander Binzel Schweisstechnik GmbH & Co. KG, vom 18.02.2016)

Es wurden diese Positionen gewählt, da dies gängige Positionen in der fertigen Industrie darstellen und eine hohe physische Belastung bilden.

Die Parameter des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Herzfrequenz, des Belastungsempfindens und der Schmerzwahrnehmung wurden während des Schweißexperimentes zu insgesamt 5 Messzeitpunkten erhoben. Messzeitpunkt 1 wurde in Ruhe vor dem Schweißexperiment durchgeführt. Messzeitpunkt 2 und 4 vor der jeweiligen Position sowie die Messzeitpunkte 3 und 5 unmittelbar nach dem Beenden des Schweißexperiments. Die muskuläre Aktivität sowie die Ermüdungsparameter wurden

während des Schweißexperiments Aufgezeichnet und separat für die acht Muskeln betrachtet. Eine Übersicht des Schweißexperimentes sowie deren Messzeitpunkt ist in Abbildung 36 zu sehen.

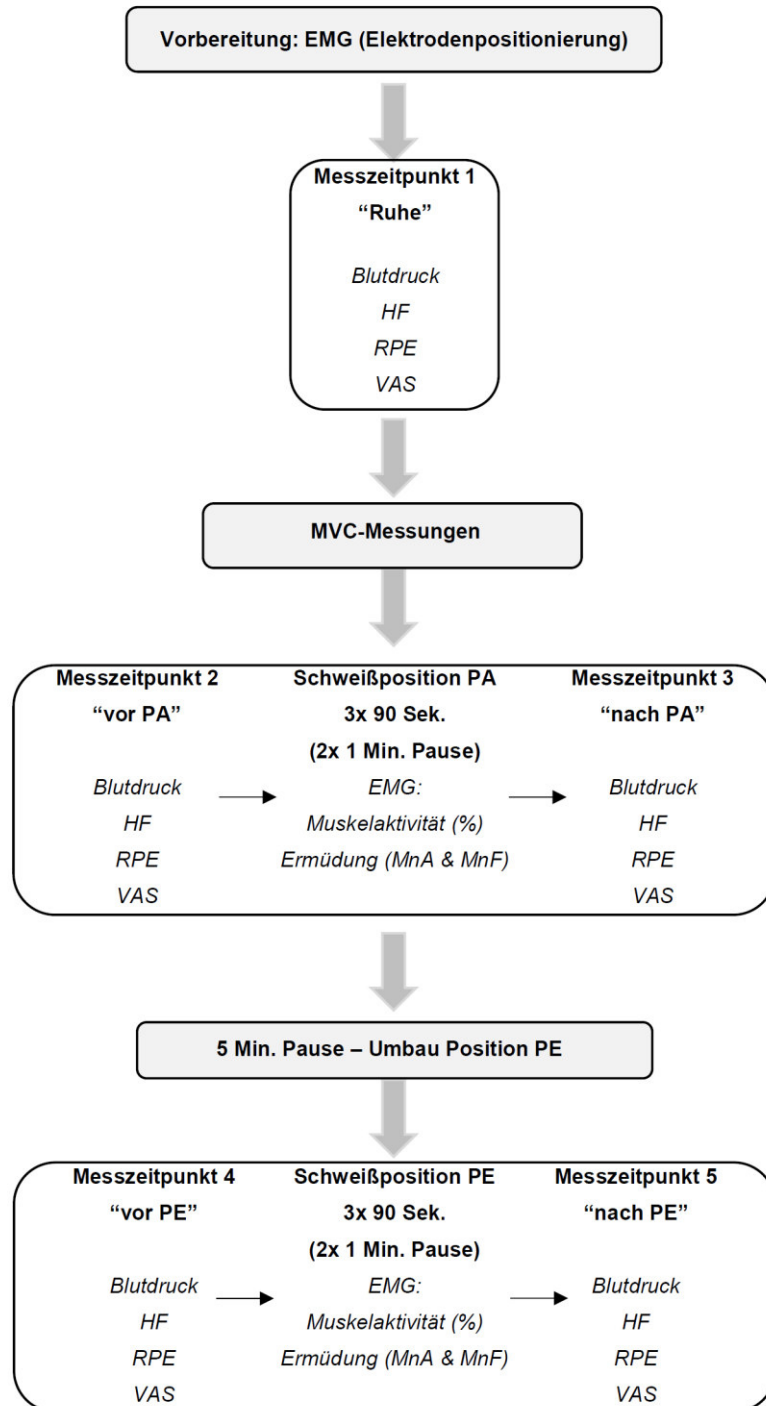


Abb. 36: Ablauf und Messzeitpunkte des Schweißexperimentes (Blutdruck= systolisch & diastolisch, HF= Herzfrequenz, RPE= subjektives Anstrengungsempfinden, VAS= visuelle Analogskala, Muskelaktivität in %MVC, Ermüdung= Mean Amplitude (MnA) & Median Frequency (MedF))

6.2.6.3 EMG Messung

Die EMG Messung dieser Studie ist methodisch gleich der Studie II, weshalb nicht näher hierauf eingegangen wird und auf Kapitel 5.2.5 verwiesen wird.

6.2.6.4 Kardiovaskuläre Parameter

Zur Erfassung der Herz-Kreislauf-Belastung wurde die Herzfrequenz herangezogen (vgl. Kap. 5.2.6). In dieser Studie wurde die Herzfrequenz während des Schweißexperiments aufgezeichnet und der Durchschnittswert ermittelt. Die Darstellung erfolgt in Schläge pro Minute (bpm). Die Überwachung und Aufzeichnung erfolgte mittels Modell *RS800G3* von Polar® *Electro* GmbH Deutschland, Büttelborn.

6.2.6.5 Subjektive Parameter

Die subjektiven Parameter des Anstrengungs- (BORG) und Schmerzempfindens (VAS) dieser Studie sind gleich der Studie II, weshalb nicht näher hierauf eingegangen wird und auf Kapitel 5.2.7 sowie Kapitel 5.2.8 verwiesen wird.

6.2.6.6 Dauer des virtuellen Schweißexperimentes

Zusätzlich wurde die Dauer des Schweißexperimentes (Sekunden) erhoben und kann Aufschluss über eine mögliche vorzeitige Beendigung aufgrund von Ermüdung oder Schmerzen geben. Insgesamt dauerte jedes Schweißexperiment in jeweiliger Position 270 Sekunden an.

6.2.7 Maximalkraftmessungen

In der vorliegenden Arbeit wurde die Maximalkraft bei 4 Übungen jeweils vor und unmittelbar nach dem gesamten Schweißexperiment, bei Bedingung A und B ermittelt. Aus den Messungen vor sowie nach wurde die Differenz gebildet (nach- minus vor-Wert). Das ermittelte Delta (Δ) wurde zur Datenauswertung genutzt.

Die Übungen umfassten im Einzelnen die Flexion und Extension der Arme im Ellenbogen Gelenk (Armstrecken= *M. triceps brachii* / Armbeugen= *M. biceps brachii*, *M. brachialis*, *M. brachioradialis*), die Anteversion der Schultern (Frontalheben der Schulter= *M. deltoideus pars clavicularis*) sowie die Handschlusskraft (Faustschluss= *Mm. flexores*). Zur Erhebung der Maximalkraft von Armbeuger- und Strecker sowie Schulterheben wurde das Testgerät *M3+ Diagnos* der Firma Schnell Trainingsgeräte GmbH (Peuthausen) eingesetzt. Die Handschlusskraft wurde mit dem digitalen Handdynamometer *SH1003* von SAEHAN ermittelt.

6.2.7.1 Armstrecker

Die Messung der Armbeugemuskulatur dieser Studie entspricht methodisch der von Studie II, weshalb nicht näher hierauf eingegangen wird (siehe Kap. 5.2.11.1)

6.2.7.2 Armbeuger

Die Messung der Armstreckermuskulatur dieser Studie entspricht methodisch der von Studie II, weshalb nicht näher hierauf eingegangen wird (siehe Kap. 5.2.11.2)

6.2.7.3 Armheben

Die Messung der Anteversion der Schulter erfolgte im Sitzen. Zusätzlich wurde eine Rückenlehne am Gerät eingebaut, welche leicht nach hinten gekippt ist. Der Proband nahm entsprechende Position ein, setzte sich und lehnte sich mit dem Rücken an das schräge Rückenpolster. In dieser Position streckt der Proband die Unterarme durch und führt die Arme mit parallel zueinander zeigenden Handflächen Richtung Decke, bis Kontakt mit dem Kraft-Last-Arm hergestellt wird. Der Kraft-Last-Arm des Diagnostikgerätes wurde auf Position 320° eingestellt und das entsprechende Polster oberhalb des Ellenbogengelenks auf dem Oberarm fixiert. Aus dieser Position wurde der Proband instruiert, auf ein Signal hin, mit maximaler Kraft, die Arme gegen den Widerstand, Richtung Decke zu heben. Zur maximalen Kraftentfaltung hatte der Proband 5 Sekunden Zeit. Es wurden 2 Durchgänge durchgeführt, der beste wurde gewertet.

6.2.7.4 Handschlusskraft

Die Ermittlung der Handschlusskraft erfolgte an der dominanten Hand und fand im Stehend statt. Vor der Messung wurde der justierbare Griff auf die individuelle Handgröße eingestellt, so dass das Messgerät angenehm in der Hand lag. Im Anschluss daran stellte sich der Proband aufrecht hin und abduziert den Arm auf 90° seitlich vom Körper weg. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht nun darin, den Griffe einhändig mit maximaler Kraft zusammen zu drücken. Auf ein Signal des Versuchsleiters hin, hatte der Proband ca. 5 Sekunden Zeit die maximale Kraft aufzubringen. Bei dieser Ausführung sollten Ausweichbewegungen vermieden werden. Es wurden 2 Durchgänge durchgeführt, wobei der beste gewertet wurde.

6.2.8 Schweißgütekriterien

Die Schweißgütekriterien Brennerwinkel, Anstellwinkel, Abstand, Geschwindigkeit und Geradigkeit wurden in Kap. 5.3.6.1 im Rahmen des Soldamatic-Schweißtrainer-Systems bereits erläutert und finden Anwendung als Nebenzielparameter zur Erfassung der Schweißqualität. Die einzelnen Parameter werden während der Schweißsimulation

durch den Server ermittelt und über die gesamte Dauer der Simulation erhoben und aufgezeichnet, so dass als Outcome ein prozentualer Durchschnittswert (%) ausgegeben wird. Zusätzlich wurde über alle Parameter hinweg ein Gesamtscore berechnet und zur statistischen Auswertung herangezogen.

6.2.9 Schweißbrennervergleich

In der vorliegenden Studie wurde der luftgekühlten MIG/MAG Schweißbrenner *MB 36 KD GRIP* sowie der *MB EVO PRO 36 KD* der Firma Abicor Binzel miteinander verglichen. Dabei handelt es sich bei dem zweitgenannten Brenner, um einen Schweißbrenner mit neuen verbesserten ergonomischen Eigenschaften (im Folgenden als „ergonomisch“ bezeichnet), wie Handgriffumfang und -krümmung, Tastenposition, Kugelgelenk und Gewicht.

Der *MB 36 KD GRIP* hat ein Handlinggewicht von 1,80 kg und in der 4m Schlauchpaket-Variante ein Gesamtgewicht von 3,46 kg. Dem gegenüber steht der *MB EVO PRO 36 KD* mit einem Handlinggewicht von 1,37kg und einem Gesamtgewicht (inkl. 4m Schlauchpaket) von 2,61 kg. Zu dem Gewicht kommt bei dem MB EVO PRO 36 KD ein im Griff integriertes Kugelgelenk, welches das Gewicht des Schlauchpaketes reduzieren soll. Der ergonomische Brenner verfügt zusätzlich über eine verbesserte Balance. Diese dient dazu, dass weder das Schlauchpaket auf der einen Seite, noch der Brennerhals auf der anderen Seite den Griff nach unten zieht. Darüber hinaus ist die Form des Griffes leicht gekrümmt (Bananenform) und besitzt eine aufgespritzte Weichkomponente, welche das Abrutschen beim Greifen verhindert und für einen stabilen Halt sorgen kann. Neben diesen Spezifikationen zeichnet sich der MB EVO PRO 36 KD auch durch einen geringeren Durchmesser des Brenners aus (Höhe der Grifffläche 39 vs. 42 cm; Breite der Grifffläche 31 vs. 43 cm; Abstand Taster zu Griff-Oberkannte 53 vs. 52 cm). Sowohl der Brennertaster als auch der Griffbereich sind umfangsreduziert, was einem verbesserten Halt dienen soll.

6.2.10 Statistik

Im Rahmen dieser Studie wurden, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, zwei Schweißbrenner hinsichtlich ihrer Belastungswirkung auf den Organismus sowie die Schweißqualität geprüft. Dabei sollen die genannten *Outcomes* der Zielparameter beider Brenner auf Unterschiede getestet werden.

Zur deskriptiven Auswertung der Zielparameter und einheitlichen Darstellung werden im Folgenden alle als Mittelwert (MW) $\pm$ Standardabweichung (SD) dargestellt.

Zu Beginn wurden alle Parameter mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft und mit den entsprechenden parametrischen oder non-parametrischen Verfahren ausgewertet. Innerhalb der konfirmatorischen Datenanalyse wurden zwei Schritte durchgeführt. Zunächst wurde in einem Vorschalttest das Vorhandensein von Überhangseffekten (*Carryover*) geprüft. Diese können auftreten, wenn die Auswaschphase zu gering gewählt wurde. Zu diesem Test werden die Summen der Messwerte aus beiden Phasen errechnet und anschließend ein unverbundener Vergleich der Gruppen (A – B: B – A) (t-Test oder Mann-Whitney-U-Test) durchgeführt (Wellek & Blettner, 2012; Schulgen & Schumacher, 2008).

In einem zweiten Schritt wurden die intraindividuellen Differenzen zwischen den Messwerten, welche in den beiden Phasen erhoben wurden, gebildet (konventioneller Brenner minus ergonomischer Brenner/ ergonomischer Brenner minus konventioneller Brenner). Im Anschluss werden diese intraindividuellen Differenzen mit einem unverbundenen Test zwischen den zwei Gruppen (A – B/ B – A) geprüft, um „Behandlungseffekte“ zu identifizieren. Dieses Verfahren findet Anwendung, um zu verhindern, dass es zu einer „Vermischung“ (*Confounding*) zwischen Behandlungs- und Periodeneffekten kommt (Weller & Bletter, 2012; Schulgen & Schumacher, 2008).

Zur Angabe der Effektstärke wurde das Effektstärkemaß d bestimmt.

Die grafische Darstellung erfolgt einheitlich als Balkendiagramm und Standardabweichung. Die statistische Auswertung wurde mittels IBM® SPSS® Statistics Version 24.0.0 durchgeführt und die Kalkulation der Effektstärken (d) mittels der Software *G*Power* Version 3.1.9.2. Für die Generierung der Abbildungen wurde die Software *Graph Pad Prism*® für Windows (Version 5.01) verwendet.

6.3 Studie III - Ergebnisse

6.3.1 Studienverlauf

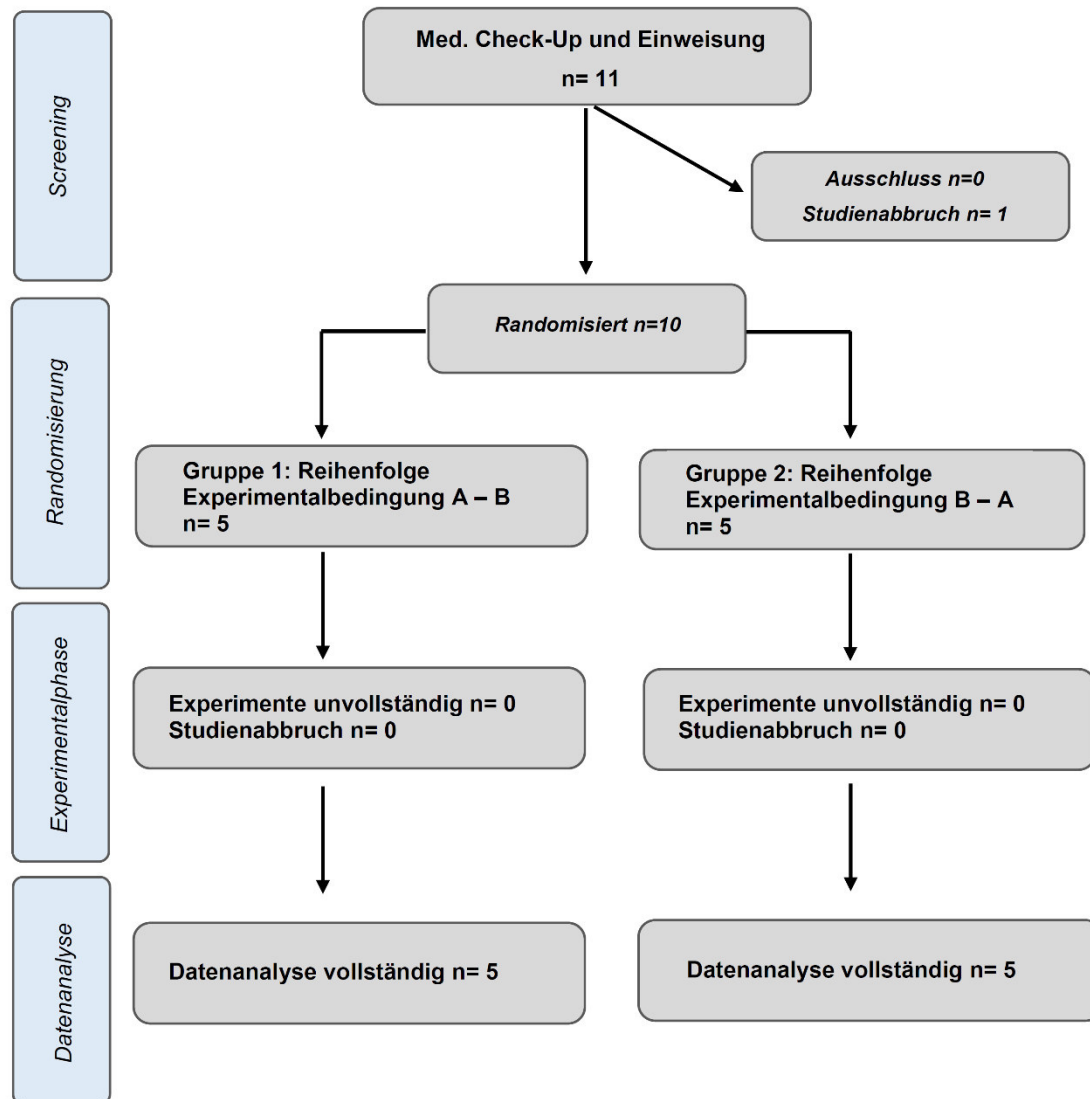


Abb. 37: Flussdiagramm der Probandenrekrutierung (Screenign, Randomisierung, Intervetion und Datenanalyse)

6.3.2 Stichprobe

Insgesamt haben n=10 Probanden (männlich: 6; weiblich 4), welche als gesund, (kraft-) sportlich untrainiert und schweißunerfahren bewertet wurden an der Studie Teilgenommen (Tab. 25). Alle Probanden waren Rechtshänder.

Tab. 25: Deskriptive Auswertung der demographischen Charakteristika der Stichprobe. Dargestellt sind Minimum (Min), Median (Med), Maximum (Max), Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD)

	Min	Med.	Max	MW	SD
Alter [Jahre]	21	26	29	25	2,7
Größe [cm]	160,0	172,3	194,0	172,7	9,5
Gewicht [kg]	52,4	61,0	80,0	65,2	10,4
BMI [kg/m²]	18,5	21,2	25,4	21,8	2,3

6.3.3 Test auf Überhangseffekte der Zielgrößen

Für die Hauptzielgrößen konnten keine Überhangseffekte nachgewiesen werden.

Tab. 26: Test auf Überhangseffekte der Hauptzielgrößen. Dargestellt sind MW $\pm$ SD der Summen von konventionellem Brenner und ergonomischem Brenner, aufgeteilt nach Zuordnung der Experimentalbedingungen (A – B oder B – A) sowie p-Wert des Tests für unverbundene Stichproben

Zielgrößen	A – B [Summe: Konv. + Ergo.]	B – A [Summe: Ergo. + Konv.]	p
M. trapezius p. d. [%MVC] PA	36,36 $\pm$ 19,19	36,34 $\pm$ 15,38	0,999
M. erector spinae (L1) [%MVC] PA	34,1 $\pm$ 11,72	35,9 $\pm$ 9,81	0,799
M. trapezius p. d. [%MVC] PE	40,42 $\pm$ 20,99	29,02 $\pm$ 15,5	0,357
M. erector spinae (L1) [%MVC] PE	10,7 $\pm$ 3,9	11,5 $\pm$ 6,0	0,809

Bis auf die Zielgrößen „Geschwindigkeit – PA“ und „Gesamtscore – PA“ konnten keine Überhangseffekte bei allen Nebenzielparametern ermittelt werden.

Tab. 27: Test auf Überhangseffekte der Nebenzielgrößen. Dargestellt sind $MW \pm SD$ der Summen von konventionellem Brenner und ergonomischem Brenner, aufgeteilt nach Zuordnung der Experimentalbedingungen (A – B oder B – A) sowie p -Wert des Tests für unverbundene Stichproben

Zielgrößen	A – B [Summe: Konv. + Ergo.]	B – A [Summe: Ergo. + Konv.]	p
Geschwindigkeit [%] PA	135,4 ± 16,65	155,8 ± 6,4	0,03
Gesamtscore [%] PA	150,84 ± 12,34	170,6 ± 9,1	0,02

6.3.4 Hauptzielgrößen

In Schweißposition PA konnte während des Schweißexperiments für den *M. trapezius pars descendens* bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners eine mittlere muskuläre Beanspruchung von $21,5 \pm 9,5$ % und bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners eine Beanspruchung von $14,9 \pm 8,6$ % ermittelt werden. Die beiden Bedingungen unterschieden sich hierbei signifikant ($t(4,899)=2,607$, $p=0,049$, $d=1,65$). Für den *M. erector spinae* konnte während der gleichen Messung eine mittlere muskuläre Beanspruchung von $19,9 \pm 5,0$ % bei Gebrauch des konventionellen Schweißbrenners ermittelt werden. Bei Benutzung des ergonomischen Brenners war die Beanspruchung im Mittel $15,1 \pm 6,9$ % hoch. Auch hier konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ($t(8)=2,367$, $p=0,045$, $d=1,50$) festgestellt werden (Abbildung 38).

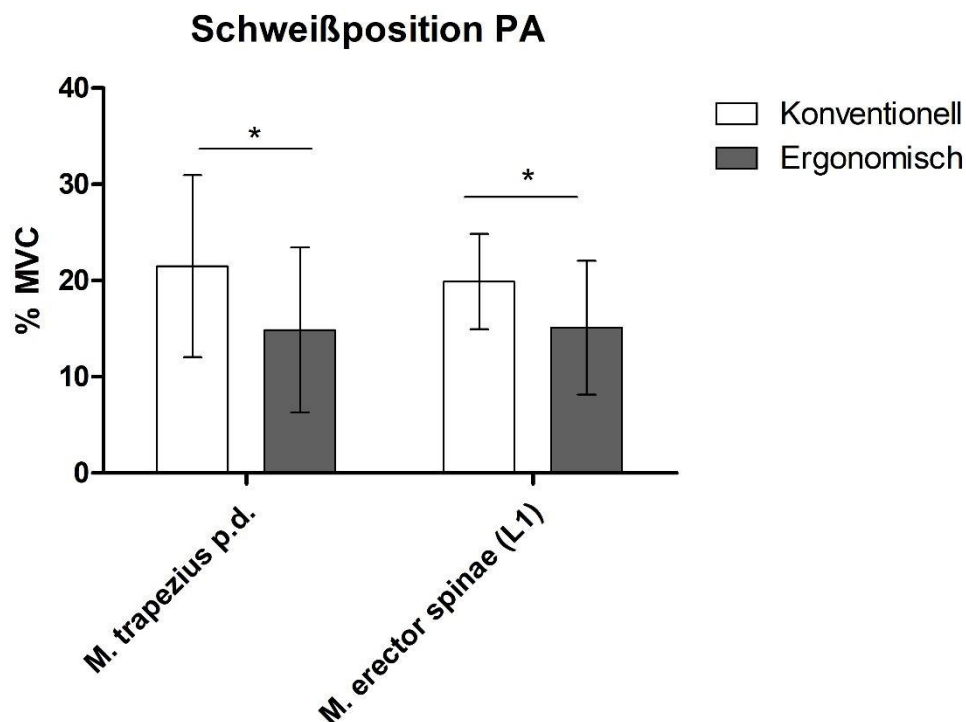


Abb. 38: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. trapezius pars descendens* und *M. erector spinae* (Höhe L1) im Bezug zur Maximalkraft (% MVC) in Schweißposition PA getrennt nach konventionellem und ergonomischen Schweißbrenner, * $p \leq 0,05$.

In Schweißposition PE konnte während des Schweißexperiments für den *M. trapezius pars descendens* (Abbildung 39) bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners eine mittlere muskuläre Beanspruchung von $22,0 \pm 12,1\%$ und bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners eine Beanspruchung von $12,7 \pm 6,9\%$ ermittelt werden. Die beiden Bedingungen (konventionelle und ergonomischer Schweißbrenner) unterschieden sich hierbei signifikant ($t(4,90)=4,112$, $p \leq 0,001$, $d=2,6$).

Für den *M. erector spinae* konnte während der gleichen Messung eine mittlere muskuläre Beanspruchung von $5,5 \pm 2,6\%$ bei Gebrauch des konventionellen Schweißbrenners ermittelt werden. Bei Benutzung des ergonomischen Brenners war die Beanspruchung im Mittel $5,6 \pm 2,8\%$ groß. Im Gegensatz zur Position PA konnte in diesem Schweißexperiment keine statistische Auffälligkeit festgestellt werden ($t(8)=-0,047$, $p=0,964$, $d=0,03$).

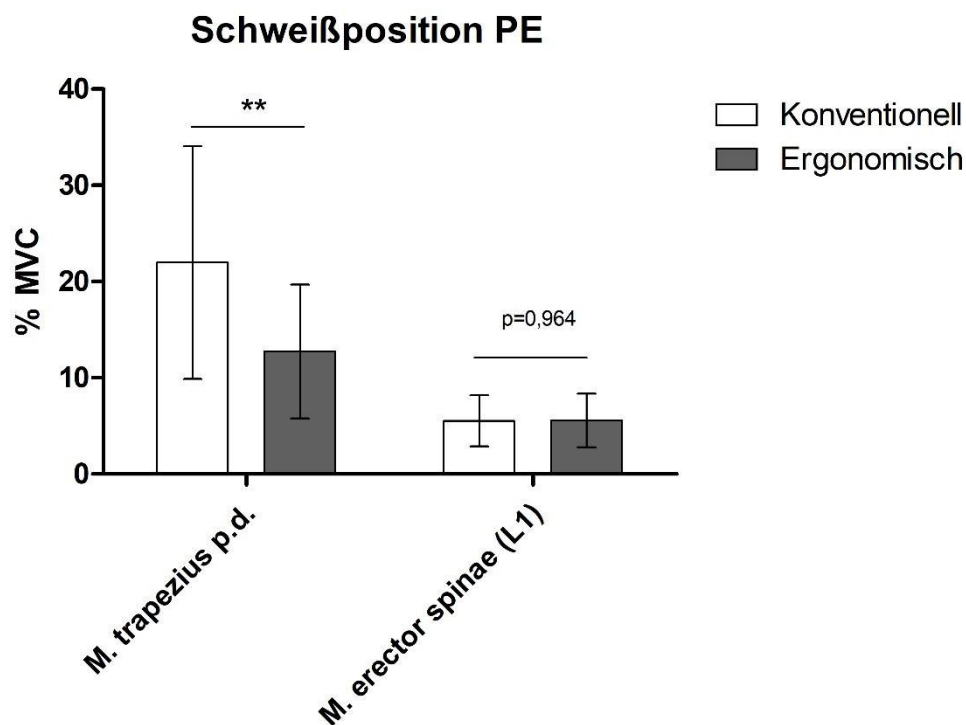


Abb. 39: Mittlere muskuläre Aktivität des *M. trapezius pars descendens* und *M. erector spinae* (Höhe L1) im Bezug zur Maximalkraft (% MVC) in Schweißposition PE getrennt nach konventionellem und ergonomischen Schweißbrenner, ** $p \leq 0,01$

6.3.5 Nebenzielgrößen

6.3.5.1 Muskuläre Beanspruchung

In Tabelle 28 und 29 sind die Ergebnisse der muskulären Beanspruchungen in PA und PE dargestellt. In Position PA konnten keine auffälligen Unterschiede ermittelt werden.

Tab. 28: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
<i>M. biceps brachii</i>	5,3 $\pm$ 6,3	5,1 $\pm$ 5,5	0,926	0,06
<i>M. triceps brachii</i>	9,9 $\pm$ 7,1	9,4 $\pm$ 7,3	0,682	0,27
<i>M. extensor d.l.</i>	17,2 $\pm$ 13,8	18,6 $\pm$ 12,8	0,622	0,32
<i>M. infraspinatus</i>	12,4 $\pm$ 7,3	11,3 $\pm$ 9,0	0,426	0,53
<i>M. pectoralis p.c.</i>	17,1 $\pm$ 8,1	12,6 $\pm$ 12,2	0,234	0,81
<i>M. deltoideus p.c.</i>	13,9 $\pm$ 10,1	10,5 $\pm$ 4,7	0,188	0,91

Ein statistischer Unterschied konnte lediglich für den *M. infraspinatus* in Position PE ermittelt werden. Bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners zeigte sich eine mittlere muskuläre Beanspruchung von 17,8 $\pm$ 13,88% gegenüber der Benutzung des ergonomischen mit 13,7 $\pm$ 13,14 % ($t(8)=2,634$, $p=0,03$, $d=1,67$).

Tab. 29: Ergebnisse der muskulären Beanspruchung (%) in Position PE angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
<i>M. biceps brachii</i>	6,7 $\pm$ 4,3	5,8 $\pm$ 3,5	0,348	0,63
<i>M. triceps brachii</i>	5,9 $\pm$ 5,0	4,6 $\pm$ 3,7	0,251	0,78
<i>M. extensor d.l.</i>	25,3 $\pm$ 12,6	24,2 $\pm$ 15,1	0,570	0,38
<i>M. infraspinatus</i>	17,8 $\pm$ 13,9	13,7 $\pm$ 13,1	0,030	1,67
<i>M. pectoralis p.c.</i>	25,1 $\pm$ 16,6	21,9 $\pm$ 7,1	0,294	0,79
<i>M. deltoideus p.c.</i>	27,7 $\pm$ 15,2	23,2 $\pm$ 12,2	0,113	1,13

6.3.5.2 Muskuläre Ermüdung

Die Ergebnisse der Frequenz- sowie Amplitudenparameter zur Identifikation von muskulären Ermüdungsprozessen ergaben lediglich eine statistische Auffälligkeit. So konnte für den *M. infraspinatus* eine Medianfrequenz von $-35,6 \pm 8,0\%$ bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners gegenüber der Differenz von $-27,7 \pm 9,3\%$ bei Benutzung des ergonomischen Schweißbrenners in Position PE ermittelt werden. Es zeigte sich ein Wert von $t(8)=-2,622$, $p=0,031$ mit einer Effektstärke von $d=1,35$.

Weitere Untersuchungen ergaben keine statistisch relevanten Ergebnisse, weshalb auf eine detaillierte Darstellung im Folgenden verzichtet wird.

6.3.5.3 Herzfrequenz und subjektive Beanspruchung

In Position PA konnte eine tendenziell niedrigere maximale Herzfrequenz bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners beobachtet werden, als bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners.

Unter allen weiteren subjektiven Parametern konnte lediglich für das Schmerzempfinden in Position PE ein statistisch auffälliger Unterschied unter beiden Schweißbrennerbedingungen ermittelt werden. Das Schmerzempfinden war nach Verwendung des ergonomischen Brenners geringer als unter der Bedingung des konventionellen Brenners ($t(8)=2,441$, $p=0,04$, $d=1,54$).

Tab. 30: Ergebnisse der Herzfrequenz sowie subjektiver Parameter in Position PA und PE angegeben als $MW \pm SD$, p -Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
Herzfrequenz PA [bpm]	105,9 ± 13,1	100,8 ± 12,6	0,091	1,22
Herzfrequenz PE [bpm]	107,2 ± 20,7	97,5 ± 12,9	0,163	0,97
RPE PA [Borg-Skala]	13,9 ± 2,1	14,2 ± 1,6	0,688	0,26
RPE PE [Borg-Skala]	16,8 ± 2,2	16,3 ± 1,8	0,489	0,46
VAS PA [mm]	32,0 ± 17,7	30,5 ± 20,2	0,789	0,18
VAS PE [mm]	40,4 ± 24,1	54,7 ± 22,9	0,04	1,54

6.3.5.4 Schweißdauer

Sowohl in Position PA als auch in PE konnten alle Probanden bei der Benutzung des ergonomischen Schweißbrenners die komplette Dauer des Schweißexperiment von 270 Sekunden absolvieren. In Position PA traf dies auch auf den konventionellen Brenner zu. Lediglich in Position PE kam es zum vorzeitigen Abbruch des Experiments. Die Schweißdauer lag im Mittel bei $255,0 \pm 39,2$ Sekunden. In Position PE konnte jedoch kein statistisch relevanter Unterschied ermittelt werden.

6.3.5.5 Maximalkraft

Zur Analyse der Veränderung der Maximalkraft wurden die Differenz zwischen nach minus vor Schweißexperiment herangezogen. Die Ergebnisse zeigen im Mittel eine Abnahme der Maximalkraft jedoch ohne signifikanten Einfluss der Schweißbrennerergonomie

Tab. 31: Ergebnisse der Maximalkraftmessungen angegeben als $MW \pm SD$, p -Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
Δ Armbeugen [Nm]	$-9,45 \pm 9,47$	$-10,91 \pm 7,9$	0,581	0,37
Δ Armstrecken [Nm]	$-5,13 \pm 8,7$	$-4,54 \pm 4,71$	0,857	0,12
Δ Armheben [Nm]	$-10,19 \pm 3,38$	$-11,69 \pm 12,94$	0,709	0,25
Δ Handschlusskraft [Kg]	$0,94 \pm 3,34$	$-1,42 \pm 3,90$	0,180	0,77

6.3.5.6 Schweißgütekriterien

Die Schweißgütekriterien wurden anhand 5 Schweißqualitätsparameter untersucht und hinsichtlich der Verwendung beider Schweißbrenner verglichen. In Schweißposition PA (Tab. 32) konnte für den Parameter „Brennerwinkel“ ein statistischer Unterschied zwischen mit $t(8)=-2,302$, $p=0,05$, $d=1,46$ ermittelt werden. Ebenfalls statistisch auffällig war der Unterschied des Parameters „Anstellwinkel“ ($t(8)=-3,066$, $p=0,015$, $d=1,94$) sowie „Abstand“ $t(8)=-2,867$, $p=0,021$, $d=1,81$. Für den Gesamtscore musste aufgrund des Vorhandenseins von Überhangseffekten der statistische Test entfallen. In Position PE konnte lediglich für den Parameter „Abstand“ ein statistisch auffälliger Unterschied ermittelt werden ($t(8)=-4,666$, $p \leq 0,001$, $d=2,95$).

Tab. 32: Ergebnisse der Schweißgüteparameter (%) in Position PA angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d) n. b. nicht berechnet aufgrund Gruppenunterschied ($p \leq 0,05$) zu Zeitpunkt Prä

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
Brennerwinkel	90,4 $\pm$ 9,96	95,8 $\pm$ 3,79	0,049	1,46
Anstellwinkel	64,3 $\pm$ 29,52	87,3 $\pm$ 8,78	0,015	1,94
Abstand	72,50 $\pm$ 10,97	80,2 $\pm$ 9,4	0,021	1,80
Geschwindigkeit	70,90 $\pm$ 13,63	74,70 $\pm$ 5,76	0,297	0,71
Geradigkeit	82,6 $\pm$ 13,86	84,9 $\pm$ 8,80	0,542	0,40
Gesamtscore	76,14 $\pm$ 12,91	84,58 $\pm$ 5,53	n.b.	n.b.

In Position PE konnte lediglich für den Parameter „Abstand“ ein statistisch auffälliger Unterschied ermittelt werden ($t(8) = -4,666$, $p \leq 0,001$, $d = 2,95$).

Tab. 33: Ergebnisse der Schweißgüteparameter (%) in Position PE angegeben als MW $\pm$ SD, p-Wert Test für unabhängige Stichproben und Effektstärke (d)

Zielparameter	konventionell	ergonomisch	p-Wert	Effektstärke
Brennerwinkel	84,50 $\pm$ 21,20	76,6 $\pm$ 29,08	0,125	1,08
Anstellwinkel	80,50 $\pm$ 23,25	78,1 $\pm$ 25,97	0,709	0,25
Abstand	60,10 $\pm$ 11,81	75,7 $\pm$ 12,47	0,002	2,95
Geschwindigkeit	63,8 $\pm$ 12,80	66,1 $\pm$ 15,72	0,603	0,34
Geradigkeit	83,5 $\pm$ 5,15	86,90 $\pm$ 7,13	0,058	1,40
Gesamtscore	74,48 $\pm$ 9,30	76,8 $\pm$ 15,53	0,408	0,55

6.4 Studie III - Diskussion

6.4.1 Hauptzielparameter

Die vorliegenden Studienergebnisse zeigen, dass durch die Verwendung eines ergonomischen Schweißbrenners die muskuläre Aktivität und damit die Beanspruchung reduziert werden kann. Für den *M. trapezius pars descendens* konnte dies in Schweißposition PA sowie in PE bestätigt werden. Der *M. erector spinae* (L1) wies lediglich in Position PA eine unterschiedliche Muskelbeanspruchung hinsichtlich des verwendeten Schweißbrenners auf. Folglich kann $H0_1$ für Position PA vollständig und $H0_2$ für PE teilweise abgelehnt werden.

Über alle gemessenen Muskeln hinweg konnte unter konventionellen Bedingungen für den *M. trapezius p. d.* in Position PA die höchste muskuläre Beanspruchung festgestellt werden. Bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners wurde diese um 6,6% gesenkt. Mit der Messung des *M. erector spinae* konnte in Position PA, bei Verwendung des konventionellen Brenners, dieser Muskel als Muskel der zweit höchsten Beanspruchung ermittelt werden. Auch in diesem Fall konnte bei der Verwendung des ergonomischen Brenners eine signifikante Reduktion der Beanspruchung, um 4,8%, beobachtet werden. In beiden Fällen zeugt die große Effektstärke von einer bedeutsamen praktischen Relevanz.

In Position PE konnten die Resultate des *M. trapezius p.d.* bestätigt werden. Die Reduzierung der muskulären Beanspruchung fällt durch die Benutzung des ergonomischen Brenners deutlicher aus als in PA. Im Mittel konnte die Beanspruchung sogar um 9,2% abgesenkt werden und zeugt erneut, mit einer großen Effektstärke, von einer hohen praktischen Bedeutsamkeit. Insgesamt scheint der *M. trapezius p.d.* am sensitivsten auf die Verwendung eines ergonomischen Schweißbrenners zu reagieren, da in beiden Positionen eine deutliche Reduzierung der muskulären Beanspruchung beobachtet werden kann. Diese Ergebnisse verwundern nicht, da Untersuchungen gezeigt haben, dass der obere Trapezmuskel besonders bei Armpositionen der Flexion und Abduktion, wie in Position PA, und bei Überkopfarbeiten, wie in Position PE, am stärksten beansprucht wird (Sporrøng, Petersén & Herberts, 1998; Inman, Saunders & Abbott, 1996).

Dass die Ergebnisse des *M. erector spinae* in Position PE nicht wie in PA ausfallen, hat ihren Ursprung sicherlich in der Körperposition. In der Schweißposition PA ist der Oberkörper nach vorne gebeugt und erzeugt somit ein höheres Drehmoment auf die Strukturen des unteren Rückens. Es wurde gezeigt, dass die Muskeln des unteren Rückens

generell bei langen Standperioden mit gebeugter Haltung, wie beim Schweißen, hoch erscheinen (Mendes *et al.*, 2017; Krüger *et al.*, 2015) und es gibt Belege dafür, dass diese Muskelgruppe eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung von unteren Rückenschmerzen spielt (Ranger *et al.*, 2017; Wilke *et al.*, 2017). Wiederholte und repetitive mechanische Belastungen des unteren Rückens können Schmerzen in diesem Bereich begünstigen (Coenen *et al.*, 2014). In stehender Schweißposition PE mit Oberkörperstreckung wurde mit der OEMG-Messung der vorliegenden Studie gar die geringste muskuläre Beanspruchung über alle Muskeln hinweg ermittelt (~ 5%). Bei solch ohnehin geringen Belastungen ist der Einfluss des ergonomischen Schweißbrenners möglicherweise nicht ausschlaggebend, um eine Beanspruchungsreduktion hervorzurufen. In der vorliegenden Studie ist diese zumindest nicht nachzuweisen.

6.4.2 Nebenzielparameter

6.4.2.1 Muskuläre Beanspruchung

In der Position PA können neben dem *M. trapezius p.d.* und *M. erector spinae* auch hohe Beanspruchungen des *M. extensor digitorum longus* und *M. pectoralis Major p.c.* festgestellt werden. Insgesamt zeigen sich in dieser Position keine statistischen Unterschiede hinsichtlich der Brennerverwendung. Jedoch fällt eine große Effektstärke bei dem Zielparameter *M. pectoralis major p.c.* und *M. deltoideus p.c.* auf, was auf einer tendenziellen niedrigeren Beanspruchung unter ergonomischen Bedingungen hinweisen kann. In Position PE konnten neben dem *M. trapezius* auch hohe Beanspruchungen für den *M. extensor d.l.*, *M. pectoralis major p.c.* sowie den *M. deltoideus p.c.* ermittelt werden. Auch in dieser Position fällt die große Effektstärke des *M. deltoideus p.c.* auf. Statistisch auffällig ist der Unterschied jedoch nur beim *M. infraspinatus* in stehender über Kopf Position (PE). Hier konnte eine Reduktion um 4,1% bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners gegenüber dem konventionellen Brenners beobachtet werden. Untersuchungen haben gezeigt, dass dieser Muskel hohen Belastungen bei Überkopfschweißpositionen ausgesetzt ist (Krüger *et al.*, 2015; Herberts *et al.*, 1981) da er ein wichtiger Stabilisator des Schultergelenks ist. Dies ist von besonderer Bedeutung, da es bei Schweißern und Industriearbeitern eine hohe Prävalenz von Schulterpathologien gibt, von denen angenommen wird, dass sie mit Arbeitsbelastung und degenerativen Veränderungen der Rotatorenmanschette zusammenhängen (Herberts *et al.*, 1981). Insgesamt scheint der ergonomische Schweißbrenner hohe Belastungen der Muskulatur vermindern zu können. Ursächlich könnte vor allem das reduzierte Gewicht des Bren-

ners sein. Gewichtsentslastung durch Vorrichtungen konnte bereits in Verschiedenen Untersuchungen (Feng *et al.*, 1997; Milerad *et al.*, 1994) und sogar bei Schweißern (Järvholm *et al.*, 1991) zu einer nachweislichen Reduktion der muskulären Beanspruchung führen.

6.4.2.2 Muskuläre Ermüdung

Die Ergebnisse der Ermüdungsanalyse stellen die Auswertung vor die gleiche Hürde wie bereits in Studie II. Es können erneut keine eindeutigen Ermüdungsanzeichen beobachtet werden. Einzig für den *M. infraspinatus* in Position PE fällt dies deutlich aus. Mit einer Differenz $-35,6 \pm 8,04\%$ bei Verwendung des konventionellen Brenners und $-27,71 \pm 9,33\%$ bei dem ergonomischen ist eine deutliche Abnahme der Frequenz zu verzeichnen, was auf eine Zunahme der Ermüdung über die Dauer hinweist. Der Unterschied bei konventionellen und ergonomischen Schweißbrennerbedingungen hat sich zudem als statistisch relevant erwiesen, so dass von einer geringeren muskulären Ermüdung bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners ausgegangen werden kann. Auch dieses Ergebnis decken sich mit den vorherigen Resultaten der Analyse der muskulären Beanspruchung und deutet auf eine geringere Beanspruchung hin.

6.4.2.3 Herzfrequenz und subjektive Beanspruchung

Die Resultate der vorliegenden Studie weisen auf keinen eindeutigen Unterschied in der Verwendung des Schweißbrenners auf die Herzfrequenz bzw. der kardiovaskulären Beanspruchung hin. Sie liefern lediglich Tendenzen. In Schweißposition PA kann ein Trend zur geringeren Beanspruchung bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners hindeuten. Sowohl in Position PA als auch PE fällt eine große Effektstärke auf, welche ebenfalls Hinweise auf eine potentiell geringere Beanspruchung bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners liefern können. Insgesamt muss jedoch diskutiert werden, inwiefern die Herzfrequenz als Parameter der Belastung genutzt werden kann. Generell führen statische Muskelbelastungen mit geringen Kräften ($<20\%$ MVC) nur zu geringen systemischen Anpassungen wie Herzfrequenz oder arteriellen Blutdruck (Vedset *et al.*, 2006).

Hinsichtlich des subjektiven Anstrengungsempfindens konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Es zeigte sich jedoch das bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners ein reduziertes Schmerzempfinden in Position PE. Die Probanden waren angehalten den Schmerz des gesamten Körpers zu berücksichtigen, jedoch könnte die geringere Muskelbeanspruchung der Schulter-Nackermuskulatur zu einer geringeren Ischämie der Arbeitsmuskulatur und somit zur verminderten Schmerzsymptomatik

führen. Auch wenn subjektive Parameter nicht überinterpretiert werden sollten, kann davon ausgegangen werden, dass ein reduziertes Schmerzempfinden bei Schweißarbeiten die Leistung gesteigert, die Verfassung verbessert und das Wohlergehen erhöht werden kann.

6.4.2.4 Maximalkraft

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen zwar, dass unmittelbar nach dem Beenden des Schweißexperiments eine geringere Maximalkraft der Arm- und Schultermuskulatur aufgebracht werden kann, jedoch zeigen sich keine Unterschiede hinsichtlich des verwendeten Schweißbrenners. Auch bei der Messung der Handschlusskraft konnten keine Unterschiede beobachtet werden, wenngleich die Maximalkraft nach dem Schweißexperiment bei Verwendung des konventionellen Schweißbrenners sogar marginal zugenommen hat. Die Abnahme der Maximalkraft kann bei der Arm- bzw. Schultermuskulatur auf ca. 10% und bei der Handschlusskraft auf 3% bzw. eine Zunahme auf 2% beziffert werden. Eine statische Halteaufgabe ist physiologisch durch eine Reduzierung des Blutflusses der lokalen Arbeitsmuskulatur mit charakteristischen Ermüdungszeichen gekennzeichnet. Nach Beendigung dieser und der Normalisierung des Blutflusses, stellt sich eine rasche Erholung ein (Hartmann, 2013; Armstrong *et al.*, 1993; Kahn & Monod, 1989). Der Faktor Zeit scheint nach Beendigung der Belastung und zeitliche Dauer der Testung durchaus eine Rolle spielen. Ähnlich wie bei der Herzfrequenz oder den EMG-Ermüdungsparametern könnte davon ausgegangen werden, dass diese Zeichen der Beanspruchung oder Ermüdung nicht sensitiv genug sind, um Veränderungen innerhalb eines Ermüdungsprozesses durch die Verwendung unterschiedlicher Schweißbrenner sichtbar zu machen.

6.4.2.5 Schweißqualität

Anhand der computergestützten Auswertung konnte für jeden Probanden die Schweißqualität anhand 5 Messparameter erhoben werden. Diese zeigen, dass Positionsübergreifend nur der Parameter „Abstand“ bei Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners besser eingehalten werden kann. Positionsunabhängig zeigen sich vor allem in Position PA eine verbesserte Schweißqualität anhand des Brenner- und Anstellwinkels. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass der ergonomische Schweißbrenner mit seinen spezifischen Eigenschaften wie Gewicht, Balance und Aufbau, in der Summe dazu führt, dass ein verbessertes Handling erreicht wird und das Schweißergebnis verbessert. Sicherlich spielen dabei auch die reduzierte Beanspruchung (muskuläre wie auch Schmerzempfinden) eine Rolle und verbessern die arbeitsspezifische Leistungsfähigkeit.

6.4.2.6 Zusammenfassung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass durch die Verwendung eines ergonomischen Schweißbrenners sowohl die muskuläre Beanspruchung als auch das Schmerzempfinden während einer Schweißsimulation verringert werden konnte und letztlich zu einer verbesserten Leistung beim Schweißen führt.

Besonders sensitiv hat der Hauptzielparameter *M. trapezius p.d.* auf die Intervention des ergonomischen Brenners reagiert. Für diesen konnte positionsunabhängig eine Reduktion der Beanspruchung nachgewiesen werden. Für den zweiten Hauptzielparameter den *M. erector spinae* zeigte sich eine Reduktion in der Position mit besonders hohen Belastungen. Zusätzlich konnte eine geringere Beanspruchung sowie Ermüdung der *M. infraspinatus* bei der über-Kopf Position bei Verwendung des ergonomischen Brenners beobachtet werden. Die Betrachtung der weiteren muskulären Parameter lässt auf tendenzielle verringerte Beanspruchung weitere Muskeln der Schulter schließen. Auch systemisch, gemessen, anhand der Herzfrequenz, oder subjektiv, durch das Schmerzempfinden, lassen sich Tendenzen bzw. Unterschiede ableiten. Insgesamt scheint die körperliche Belastung durch die Verwendung des ergonomischen Schweißbrenners reduziert zu sein. Hauptursache könnte das verminderte Gewicht des Brenners sein, wie andere Untersuchungen hinsichtlich Gewichtsunterstützung bzw. Reduzierung gezeigt haben (Feng *et al.*, 1997; Milerad *et al.*, 1994; Järvholm *et al.*, 1991).

Ein ergonomischer Schweißbrenner kann zusammenfassend dazu führen, dass Belastungen beim Schweißen reduziert werden. Langfristig könnte dies in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen eine Rolle spielen. Die vorliegenden Ergebnisse sollten die Forschung bekräftigen, weitere Maßnahmen der Ergonomie in den Fokus zu nehmen und weiterführende Studien durchführen. Die Ergebnisse sollten aber auch dazu führen, den Transfer in die Praxis zu ermöglichen, um Unternehmen der Industrie auf die Relevanz ergonomischer Maßnahmen aufmerksam machen. Zum einen kann dies ein wichtiges Instrument in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen und Erhalt der Gesundheit der Mitarbeiter sein und zum anderen die Leistungsfähigkeit, Qualität und Produktivität am Arbeitsplatz erhöhen.

6.4.3 Methodendiskussion

6.4.3.1 Stichprobe und Störvariablen

Die Probanden der vorliegenden Studie sollten zwischen 18 und 59 Jahre alt sein, um eine Stichprobe des erwerbsfähigen Alters darzustellen. Mit einem mittleren Alter der Studienteilnehmer von 25 Jahren ist dies jedoch einem Bereich von Berufseinsteigern anzusiedeln. Die Versuchspersonen sollten darüber hinaus keine Erfahrungen im Schweißen besitzen, um eine generelle Vergleichbarkeit zu erzeugen und Vorerfahrungen als Störvariable zu eliminieren. Durch diese Maßnahme muss jedoch die externe Validität kritisch betrachtet werden. Da es sich bei den Teilnehmern um Anfänger ohne Schweißerfahrung handelte, ist davon auszugehen, dass diese Studienpopulation bei Schweißaufgaben höhere Belastungen erfährt und profitiert daher möglicherweise stärker von ergonomischen Maßnahmen zur Belastungsreduzierung, als berufserfahrene Schweißer. Kadefors *et al.* (1976) beschreibt, dass erfahrene und unerfahrene Schweißer unterschiedlich auf Belastungen reagieren. Eine Erklärung dafür könnte eine höhere generelle (kognitive wie auch physische) Anforderung an die Arbeitsaufgabe sein.

Darüber hinaus sollten die Probanden kein regelmäßiges Krafttraining absolvieren oder Leistungssport betreiben, da eine erhöhte körperliche und insbesondere muskuläre Leistungsfähigkeit die Messungen der Studieninterventionen beeinflussen kann (vgl. Studie II; Krüger *et al.*, 2015; Hamberg van-Reenen *et al.*, 2009). Ausschlusskriterien waren darüber hinaus alle akuten oder chronischen Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, Asthma, Diabetes oder entzündliche sowie fiebrige Erkrankungen und alle akuten und chronischen Erkrankungen des Bewegungsapparates, welche die Untersuchungsergebnisse beeinflussen könnten. Zu diesen Ausschlusskriterien zählten auch Medikamente, welche Einfluss auf die Studienergebnisse nehmen.

Das Geschlecht wurde als keine Störvariable definiert, obwohl Frauen im Beruf des Schweißers deutlich unterrepräsentiert sind (vgl. Kap. 4.4.3.1). Insgesamt nahmen 4 Frauen (40%) an der Studie Teil, wobei sie gleichmäßig auf die beiden Sequenzgruppen A und B aufgeteilt wurden.

6.4.3.2 Studiendesign

Das vorliegende Studiendesign entsprach einem randomisierten Crossover-Design und kann daher als Studie von hoher Qualität angesehen werden. Ein wesentlicher Unterschied zum Parallelgruppen-Design besteht darin, dass jeder Proband als seine eigene Kontrolle dient und somit die Frage nach konfundierenden Variablen, wie Alter oder Geschlecht, nicht auftritt, da die intraindividuelle Variabilität wesentlich geringer ausfällt.

Dieses Design bietet zusätzlich den Vorteil einer größeren statistischen Power. Dies bedeutet, dass kleine Unterschiede der Interventionsformen statistisch eher signifikant werden oder unter strikten Anforderungen an das Risiko eines Fehlers erster oder zweiter Art mit geringeren Versuchspersonen auskommt, als in einem klassischen Parallelgruppen-Design (Wellek & Blettner, 2012; Schulgen & Schumacher, 2008).

Besonderheiten ergeben sich bei der Planung der Studie hinsichtlich einer Auswaschphase, um Überhangseffekte („*Carryover*“) auszuschließen. In diesem Studiendesign wurde die Auswaschphase mit einem Minimum von 24 Stunden und einem Maximum von 72 Stunden festgelegt. Der Vorschalttest wies lediglich bei 2 Nebenzielkriterien auf das Vorhandensein dieser Überhangseffekte hin. Daher kann die Auswaschphase generell als zeitlich groß genug angesehen werden.

6.4.3.3 OEMG-Parameter

Wie bereits in Kapitel 5.4.3.1 erwähnt, sollte das OEM-Signal aus mehreren Gesichtspunkten kritisch betrachtet werden. Viele Störfaktoren können die Qualität und somit die Aussagekraft der Messungen beeinflussen. Es muss darauf geachtet werden, dass die Elektroden bei einem Re-Test exakt an derselben Stelle angebracht werden. Durch die zeitlich dichte Abfolge beider Versuche konnten zumindest die Marker der ersten Anbringung bei beiden Testtagen verwendet werden, was die Messgenauigkeit erhöht.

Hinsichtlich weiterer methodischen Einschränkungen der OEMG-Messung sowie der OEMG-Ermüdungsparameter wird auf Kapitel 5.4.3.1 verwiesen.

6.4.3.4 Schweißexperiment

Das Schweißexperiment dieser Arbeit wurde unter standardisierten Laborbedingungen durchgeführt. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Versuchsbedingungen kontrolliert durchgeführt werden können. So kann sichergestellt werden, dass die Belastung für jeden Probanden weitestgehend gleich ist. Laborexperimente zeichnen sich durch eine hohe interne Validität aus (Bortz & Döring, 2006). Unter tatsächlichen Arbeitsbedingungen ist ein Schweißer zahlreichen weiteren Belastungen ausgesetzt, wie beispielsweise einem höheren Gewicht durch Schutzkleidung, auftretende Hitze während des Schweißprozesses. Unter verschiedenen Messmethodischen Gesichtspunkten war dies jedoch nicht möglich. Gegenüber einer reinen Schweißsimulation, wie z.B. in Studie II, kann in dieser Studie von einem Schweißsimulator profitiert werden, welcher die Arbeitsanforderungen hinsichtlich Arbeitsaufgabe und Qualitätsanspruch näher an die Realität heranführt.

Zukünftige Studien sollten die Durchführung mit Berufsschweißern anstreben.

7 Fazit

In Studie I konnten Hinweise ermittelt werden, dass die Alltagsaktivität, außerhalb des beruflichen Tätigkeitsfelds eines Schweißers, als Strategie zur Förderung von subjektiver Gesundheit und Arbeitsfähigkeit wirksam sein kann. Darüber hinaus wurden individuelle Risikofaktoren charakterisiert, welche sich negativ auf Gesundheitswahrnehmung, Arbeitsfähigkeit und Bewegungsverhalten auswirken können. Diese sollten in zielgruppenspezifischen Maßnahmen zur Prävention und Gesundheitsförderung von Schweißern Berücksichtigung werden und Anwendung finden, ebenso wie der Fokus auf Muskel-Skelett-Erkrankungen, insbesondere des unteren Rückens und der Schulter-Nacken-Region gelegt werden sollte.

Ein spezifisches „Präventions-Trainingsprogramm“ für Schweißer wurde in Studie II evaluiert. Die Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass ein Kraft- wie auch Ausdauertraining einen Einfluss auf die körperlichen Belastungen während einer Schweißsimulation nimmt und die Leistungsfähigkeit erhöhen kann. Ein Krafttraining geht dabei vorwiegend mit der Anpassung der muskulären Beanspruchung einher und ein Ausdauertraining mit kardiovaskulären Parametern. Insgesamt wirken sich beide Trainingsformen positiv auf die allgemeine Gesundheit und körperliche Leistungsfähigkeit aus. Ein Kraft- wie auch Ausdauertraining kann daher als effektive Strategie zur Prävention sowie Förderung der allgemeinen Gesundheit angesehen werden.

In Studie III weisen die Resultate darauf hin, dass ein ergonomischer Schweißbrenner die akuten Belastungen während einer Schweißsimulation verringern und die Arbeitsqualität erhöhen kann. Insbesondere im Bereich hoher muskulärer wie auch subjektiver Belastungen scheint der ergonomische Brenner eine verringerte Beanspruchung hervorzurufen. In der Summe kann auch aus dieser Studie geschlossen werden, dass ein ergonomischer Schweißbrenner langfristig in der Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen wirksam sein kann und die schweißbezogene Leistungsfähigkeit und Arbeitsqualität verbessert.

Zusammengefasst scheinen Maßnahmen der Verhaltensprävention, wie Alltagsaktivität und systematisches Training, sowie der Verhältnisprävention, im Sinne der Arbeitsergonomie, effektive Strategien in der Prävention und Gesundheitsförderung bei Schweißern darzustellen. Mögen die Ergebnisse dieser Studien einen Beitrag dazu leisten, dass das Interesse und die Bedeutung dieser Thematik weiter zunehmen und konkrete Maßnahmen, zur Prävention und Gesundheitsförderung in den Betrieben, realisiert werden können und Anwendung finden.

8 Ausblick und zukünftige Studien

Aufgrund der geringen Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen in diesem Bereich muss klargestellt werden, dass das tatsächliche Ausmaß der physischen Belastung sowie die einflussnehmenden Variablen bei Schweißern noch unzureichend evaluiert sind. Die Interventionen der Trainingsstudie ging mit einer Reihe erwarteter Anpassungen einher, wobei diese beim Ausdauertraining deutlicher ausfielen als bei der Krafttrainingsgruppe. Eine mögliche Ursache könnte die niedrigere Trainingsfrequenz von zwei Einheiten pro Woche oder die geringe Trainingsbeteiligung gegenüber der Ausdauergruppe sein. Eine Erhöhung der Trainingsfrequenz in zukünftigen Untersuchungen stellt sich aufgrund der ohnehin geringen Trainingsbeteiligung jedoch als weniger empfehlenswert dar. In diesem Zusammenhang sollten Überlegungen angestellt werden, in zukünftigen Untersuchungen, nur Probanden mit einer bestimmten Anzahl an Trainingseinheiten zur Datenauswertung heranzuziehen (*Per-Protocol-Analyse*).

Eine weitere Überlegung zukünftiger Studien könnte die Kombination eines Kraft- und Ausdauertrainings sein, um Anpassungseffekte beider Trainingsinterventionen zu untersuchen, um von beiden profitieren zu können. Dabei stellt sich auch die Frage nach dem Einsatz verschiedener Trainingsmethoden. In jüngerer Vergangenheit erfreuen sich Trainingsformen mit hochintensiven Intervallbelastungen (HIIT) großer Beliebtheit durch eine hohe Effektivität und rascher körperliche Adaption (Weston, Wisloff & Coombes, 2014; Gibala *et al.*, 2012; Nybo *et al.*, 2010). Diese zeichnen sich durch einen geringen Umfang der Trainingseinheiten aus. Hierüber könnte der Faktor Zeit, welcher in einer schnelllebigen Arbeitswelt eine zentrale Rolle spielt, deutlich reduziert werden.

Ein Schwerpunkt weiterer Untersuchungen sollte die Vereinbarkeit von Beruf und körperlicher Aktivität zum Ziel haben. Viel zu oft liegen große Barrieren zwischen dem Wunsch aktiv zu werden und der Umsetzung. Um diese zu reduzieren, sollten spezifische und kostengünstige Programme im Setting des Arbeitsplatzes konzipiert und evaluiert werden.

Zukünftige Studie im Bereich Ergonomie sollten ein erwerbstätiges Probandenkollektiv berücksichtigen, um die externe Validität zu erhöhen. Zudem sollte in der Zukunft, in diesem Zusammenhang, der Trainingsstatus als einflussnehmende Variable überprüft werden. Dies könnte Aufschluss über Effektivität der einzelnen Faktoren ermöglichen.

Da die Untersuchungsmethoden unter realen Schweißbedingungen limitierend sind, sollte auch in zukünftigen Studien auf den Schweißsimulator als Alternative zurückgegriffen werden.

9 Literaturverzeichnis

- Aas, R. W., Tuntland, H., Holte, K. A., Roe, C., Lund, T., Moller, A., Marklund, S. (2009).** Workplace interventions for neck Pain in workers. *Cochrance Database of Systemic Reviews*. DOI: 10.1002/14651858.CD008160
- Ahlgren, C., Waling, K., Kadi, F., Djupsjöbacka, M., Thornell, L.-E., Sundelin, G. (2001).** Effects on physical performance and pain from three dynamic training programs for women with work-related trapezius myalgia. *J Rehabil Med*, 33 (4), 162-169. DOI: 10.1080/16501970118258
- Ainsworth, B. E., Haskell, W.L., Hermann, S. D., Meckes, N., Bassett., Jr D. R., Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J. et al. (2011).** Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*, 43 (8), 1575-1581.
- Aittomäki, A., Lahelma, E., Ross, E. (2003).** Work conditions and socioeconomic inequalities in work ability, *Scand J Work Environ Health*. 29 (2), 159-165. DOI: 10.5271/sjweh.718
- Alavinia, S. M., van Duivenhooeden, C., Burdorf, A. (2007).** Influence of work-related factors and individual characteristics on work ability among Dutch construction workers. *Scand J Work Environ Health*, 33 (5), 351-357. DOI: 10.5271/sjweh.1151
- Allen, D.G., Lamb, G.D., Westerblad, H. (2008).** Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiol Rev*, 88, 287-332. DOI: 10.1152/physrev.00015.2007
- Altgeld, T., & Kolip, P. (2014).** Konzepte und Strategien der Gesundheitsförderung. In Hurrelmann, K., Klotz, T., Haisch, J. (Hrsg.) *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung (4. Auflage)*. Verlag Hans Huber: Bern
- American College of Sports Medicine (2005).** Health related physical testing and interpretation. In M. H. Whaley, P. H. Brubaker, R. M. Otto (Hrsg.) *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott & Wilkins., Philadelphia.
- Amick, B., Robertson, M. M., DeRango, K., Bazzani, L., Moore, A., Rooney, T., Harrist, R. (2003).** Effect of Office Ergonomics Intervention on Reducing Musculoskeletal Symptoms. *SPINE*, 28 (24), 2706-2711. DOI: 10.1097/01.BRS.0000099740.87791.F7
- Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L. J., Hagberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., Kuorinka, I. A. A., Silverstein, B. A. et al. (1993).** A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health*, 19 (2), 73-84.
- Andersen, L. L., Andersen, C. H., Zebis, K. M., Nielsen, K., P., Sogaard, K., Sjogaardm Gisela (2008).** Effects of physical training on function of chrinically painful muscles: A randomized controlled trial. *J Appl Physiol*, 105, 1796-1801. DOI:10.1152/jappphysiol.91057.2008
- Andersen, L. L., Jakobsen, M. D., Pedersen, M. T., Mortensen, O.S., Sjogaard, G., Zebis, M. (2012).** Effect of specific resistance training on forearm pain and work disability in industrial technicians: cluster randomised controlled trial. *BMJ Open*, 2, 1-9. DOI: 10.1136/bmjopen-2011-000412
- Angerer, P., Petru, R. (2010).** Schichtarbeit in der modernen Industriegesellschaft und gesundheitliche Folgen. *Somnologie*, 14, 88-97. DOI:10.1007/s11818-010-0462-0

- Atlantis, E., Chow, C.-M. Kirby, A., Singh, M. F. (2004).** An effective exercise-based intervention for improving mental health and quality of life measure: a randomized controlled trial. *Preventive Medicine*, 39 (2), 424-434. DOI: 10.1016/j.ypmed.2004.02.007
- Azevedo, M. R., Araujo, C. L. P., Reicher, F. F., Siqueira, F. V., da Silva, M. C., Hallal, P. C. (2007).** Gender differences in leisure-time physical activity. *Int J Public Health*, 52, 8-15. DOI: 10.1007/s00038-006-5062-1
- Bamberg, E., Ducki, A. & Metz, A.-M. (1998).** Handlungsbedingungen und Grundlagen der betrieblichen Gesundheitsförderung. In Bamberg, E., Ducki, A. & Metz, A.-M. (Hrsg.) *Handbuch Betriebliche Gesundheitsförderung: Arbeits- und -organisationspsychologische Methoden und Kompetenzen*. Hogrefe Verlag: Göttingen
- Baur, X. (2013).** Grundlagen der Sozialgesetzgebung, Regularien des Gesundheitsschutzes und der Begutachtung. In X. Baur (Hrsg.) *Arbeitsmedizin*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Beckers, P. J., Denollet, J., Possemiers, N. M., Wuyst, F. L., Vrints, C. J., Conraads, V. M. (2008).** Combined endurance-resistance training vs. endurance training in patients with chronic heart failure: a prospective randomized study. *Eur Heart J*, 29, 1858-1866. DOI: 10.1093/eurheartj/ehn222
- Beermann, B. (2010).** Nacht- und Schichtarbeit. In Badura, B., Schröder, H., Klose, J., Macco, K. (Hrsg.) *Fehlzeiten-Report 2009. Arbeit und Psyche: Belastungen reduzieren – Wohlbefinden fördern*. Springer-Verlag: Berlin/ Heidelberg
- Betsch, M.W. (2008).** Entwicklung einer Messmethode zur berührungslosen Erfassung von Haltungsparmetern der Wirbelsäule unter dynamischen Bedingungen. Tübingen: Eberhard-Karls-Universität Tübingen.
- Boedeker, W., Friedel, H., Friedrichs, M., Röttger, C. (2008).** The impact of work on morbidity-related early retirement. *Journal of Public Health* 16 (2), 97–105. DOI: 10.1007/s10389-007-0146-9
- Borg, G. (2004).** Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101 (15), 1016-1021.
- Bosch, T., de Looze, M. P., van Dieen, J. H. (2007).** Development of fatigue and discomfort in the upper trapezius muscle during light manual work. *Ergonomics*, 50 (2), 161-177. DOI: 10.1080/00140130600900282
- Bortz, J. & Döring, N. (2006).** Forschungsmethoden und Evaluation (4. Auflage). Springer Medizin Verlag: Heidelberg.
- Boutellier, U. (2010).** Sport- und Arbeitsphysiologie. In R.F. Schmidt, F. Lang, M., Heckmann (Hrsg.) *Physiologie des Menschen – mit Pathophysiologie*. 31. Auflage. Springer Medizin Verlag: Berlin Heidelberg.
- Boyas, S., Guével, A. (2011).** Neuromuscular fatigue in healthy muscle: Underlying factors and adaption mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54, 88-108. DOI: 10.1016/j.rehab.2011.01.001
- Bös, K., Hansel, F. & Schott, N. (2004).** Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft. Planung - Auswertung - Statistik (2. Auflage). Czwalina: Hamburg
- Brockmann, H., Klein, T. (2002).** Love and Death in Germany. The martial biography and its impact on mortality. Max-Planck-Institut für demografische Forschung: Rostock

- Bruce-Low, S., Smith, D., Burnet, S., Fisher, J., Bissell, G., Webster, L. (2012).** One lumbar extension training session per week is sufficient for strength gains and reduction in pain in patients with chronic low back pain ergonomics. *Ergonomics*, 55 (4), 500-507. DOI: 10.1080/00140139.2011.644329
- Brzoska, P., Reiss, K., Razum, O. (2010).** Arbeit, Migration und Gesundheit. In *Badura, B., Schröder, H., Klose, J., Macco, K. (Hrsg.) Fehlzeiten-Report 2010. Vielfalt managen: Gesundheit fördern – Potentiale nutzen*. Springer-Verlag: Berlin/ Heidelberg
- Bull, F.C., Maslin & T.S., Armstrong, T. (2009).** Global physical activity questionnaire (GPAQ): nine country reliability and validity study. *J Phys Act Health*, 6 (6), 790-804. DOI: 10.1123/jpah.6.6.790
- Bullinbger, H.-J. (1994).** Ergonomie. Produkt- und Arbeitsplatzgestaltung. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH: Stuttgart.
- Bullinger, M., Kirchberger, I. (1998).** SF-36. Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung, *Zeitschrift für Medizinische Psychologie*, 4, 190-191.
- Burich, R., Teljigovic, S., Boyle, E., Sjogaard, G. (2015).** Aerobic training alone or combined with strength training affects fitness in elderly: Randomized trial. *Eur J Sport Sci*, 15 (8), 773-783. DOI: 10.1080/17461391.2015.1060262
- Burton, A. K. (2005).** How to prevent low back pain. *Clinical Rheumatology*, 19 (4), 541-555. DOI: 10.1016/j.berh.2005.03.001
- Caffier G., Steinberg U & Liebers F. (1999).** Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Forschungsbericht Fb. 850 Bremerhaven, NW-Verlag.
- Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R., Evans, W. J. (1994).** Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in adults. *Am J Clin Nutr*, 60, 167-175.
- Campos, G. E. R., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A. et al. (2002).** Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88 (1-2), 50-60. DOI: 10.1007/s00421-002-0681-6
- Coenen, P., Kingma, I., Boot, C. R. L., Bongers, P. M. van Dieen, J. (2014).** Cumulative mechanical low-back load at work is a determinant of low back pain. *Occup Environ Med*, 71, 332-337. DOI: 10.1136/oemed-2013-101862
- Coleman, N., Hull, B. P., Ellitt, G. (1998).** An empirical study of preferred settings for lumbar support on adjustable office chairs. *Ergonomics*, 41 (4), 401-419. DOI: 10.1080/001401398186900
- Conlon, C. F., Krause, N. Rempel, D.M. (2008).** A randomised controlled trial evaluating an alternative mouse and forearm support on upper body discomfort and musculoskeletal disorders among engineers. *Occup Environ Med*, 65, 311-318. DOI: 10.1136/oem.2006.032243
- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H. (2005).** Effect of resistance training on resting blood pressure: meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Hypertension*, 23 (2), 251-259.

- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H., Coeckelberghs, E., Vanhees, L. (2011).** Impact of resistance Training on Blood Pressure and Other Cardiovascular Risk Factors. *Hypertension*, 58, 950-958. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.177071
- Cornelissen, V. A., Smart, N. A. (2013).** Exercise Training for Blood Pressure: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Am Heart Assoc*, 2, 1-9.
- Costa, G., Sartori, S., Bertoldo, B., Olivato, D., Antonacci, G., Ciuffa, V., Mauli, F. (2005).** Work ability in health care workers. *International Congress Series*, 1280, 264-269. DOI: 10.1016/j.ics.2005.02.079
- Coury, H.J.C.G, Moreira, R.F.C.& Dias, B.N. (2009).** Evaluation of the effectiveness of workplace exercise in controlling neck, shoulder and low back pain: a systematic review. *Rev Bras Fisioter* 13(6), 461-479.
- Crawford, J.O. (2007).** The Nordic Musculoskeletal Questionnaire. *Occup Med*, 57 (4), 300-301. DOI: 10.1093/occmed/kqm036
- Da Costa, B. R., Vieira, E. R. (2008).** Stretching to reduce Work-related musculoskeletal Disorders: A Systematic Review. *J Rehabil Med*, 40 (5), 321-328. DOI: 10.2340/16501977-0204
- De Looze, M. P., Bosch, T., van Dieen, J.H. (2009).** Manifestation of shoulder fatigue in prolonged activities involving low-force contractions. *Ergonomics*, 52 (4), 428-437. DOI: 10.1080/00140130802707709.
- De Matos, E. G., Kras, L., Piontek, D. (2016).** Kurzbericht Epidemiologischer Suchtsurvey 2012. Schätzung der Anzahl Angehöriger von substanzabhängigen Personen in Deutschland. IFT Institut für Therapieforchung: München
- Drerup, B. et al. (2001).** Rasterstereographische Funktionsaufnahmen. Eine neue Methode zur biomechanischen Analyse der Skelettgeometrie. *Der Orthopäde*, 30 (4), 242-250.
- Donges, C. E., Duffield, R., Drinkwater, E. (2009).** Effects of Resistance or Aerobic Exercise Training on Interleukin-6, C-Reactive Protein, and Body Composition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42 (2), 304-313. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181b117ca
- Donnelly, J. E., Blair, S. P., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K. (2009).** Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (2), 459-471. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181949333
- Dragano, N. (2007).** Arbeit, Stress und krankheitsbedingte Frührenten. VS Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Dressel, C. (2005).** Erwerbstätigkeit – Arbeitsmarktintegration von Frauen und Männern. In Cornelißen, W. (Hrsg.) *Gender-Datenreport - 1. Datenreport zur Gleichstellung von Frauen und Männern in der Bundesrepublik Deutschland (2. Fassung)*. BMFSFJ: München
- Ellert, U., Kurth, B. M. (2013).** Gesundheitsbezogene Lebensqualität bei Erwachsenen in Deutschland. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl*, 56, 643-649. DOI: 10.1007/s00103-013-1700-y
- Fagard, R. H. (2006).** Exercise is good for your pressure: Effects of endurance training and resistance training. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 33, 853-856. DOI: 10.1111/j.1440-1681.2006.04453.x

- Fahrenwaldt, H.J. (2014).** Einleitung. In H.J. Fahrenwaldt, V. Schuler (Hrsg.) *Praxiswissen Schweißtechnik. Werkstoffe, Prozesse, Fertigung* (5. Auflage). Vieweg + Teubner Verlag: Wiesbaden
- Falla, D., Lindstrom, R., Rechter, L., Boudreau, S., Petzke, F. (2013).** Effectiveness of an 8-week exercise program on pain and specificity of neck muscle activity patients with chronic neck pain: A randomized controlled study. *European Journal of Pain*, 17, 1517-1528. DOI: 10.1002/j.1532-2149.2013.00321.x
- Feigenbaum, M. S., Pollock, M. L. (1999).** Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc*, 31, 38-45.
- Feng, Y., Grooten, W., Wretenberg, P., Arborelius, U. P. (1997).** Effects of arm support on shoulder and arm muscle activity during sedentary work. *Ergonomics*, 40 (8), 834-848. DOI: 10.1080/001401397187829
- Fethke, N. B, Gant, L. C., Gerr, F. (2011).** Comparison of biomechanical loading during use of conventional stud welding equipment and an alternate system. *Applied Ergonomics*, 42 (5), 725-734. DOI: 10.1016/j.apergo.2010.11.007
- Freiwald, J., Baumgart, C., Konrad, P. (2007).** *Einführung in die Elektromyographie. Sport – Prävention – Rehabilitation*. Spitta Verlag GmbH & Co.: Balingen
- Fleck, S. J., Dean, L. S. (1987).** Resistance-training experience and the pressor response during resistance exercise. *J Appl Physiol*, 63 (1), 116-120.
- Folkard, S. (2008).** Shift Work, Safety, and Aging. *Chronobiology International*, 25 (2-3), 183-198. DOI: 10.1080/07420520802106694
- Froböse, I & Wallmann, B. (2012).** DKV-Report „Wie gesund lebt Deutschland?“ - Köln: Zentrum für Gesundheit
- Froböse, I., Wilke, C. & Biallas, B. (2011).** Unternehmen unternehmen Gesundheit. *Betriebliche Gesundheitsförderung in kleinen und mittleren Unternehmen*. Bundesministerium für Gesundheit.
- Fröhlich, M., Pieter, A. (2009).** Cohen's Effektstärke als Maß der Bewertung von praktischer Relevanz – Implikationen für die Praxis. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Traumatologie*, 57(4), 139-142.
- Fuchs, J., Zika, G. (2010).** *Demografie gibt die Richtung vor*. IAB Kurzbericht 12
- Gandek, B., Ware, J. E., Aaronson, N. K., Apolone, G., Bjorner, J. B., Brazier, J. E., Bullinger, M., Kaasa, S., et al. (1998).** Cross-Validation of Item Selection and Scoring for the SF-12 Health Survey in Nine Countries: Results from the IQOLA Project. *J Clin, Epidemiol*, 51 (11), 1171-1178. DOI: 10.1016/S0895-4356(98)00109-7
- Gandevia, S.C. (1996).** Insights into motor performance and muscle fatigue based on transcranial stimulation of the human motor cortex. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 23, 957-960.
- Gibala, M. J., Little, J. P., MacDonald, M. J., Hawley, J. A. (2012).** Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*, 590 (5), 1077-1084. DOI: 10.1113/jphysiol.2011.224725

- Glowacki, S. P., Martin, S. E., Maurer, A., Baek, W., Green, S., Crouse, S. F. (2004).** Effects of Resistance, Endurance, and Concurrent Exercise on Training Outcomes in Men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 2119-2127.
- Goldgruber, J. & Ahrens, D. (2009).** Gesundheitsbezogene Interventionen in der Arbeitswelt. Review über die Wirksamkeit betrieblicher Gesundheitsförderung und Primärprävention. *Präv Gesundheitsf*, 4, 83-95. DOI:10.1007/s11553-008-0155-8
- Goldsmith, R.L., Bloomfield, D.M., Rosenwinkel, E.T. (2000).** Exercise and autonomic function, *Coronary Artery Dis*, 11 (2), 129-35.
- Gordon, B., Chen, S., Durstine, J. L. (2014).** The Effects of Exercise Training on the Traditional Lipid Profile and Beyond. *Cur Sports Med Rep*, 13 (4), 253-259. DOI: 10-1249/JSR.0000000000000073
- Goto, K., Nagasawa, M., Yanagisawa, O., Kizuka, T., Ishii, N., Takamatsu, K. (2004).** Muscular Adaptions to Combinations of High- And Low- intensity Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 730-737. DOI: 10.1519/R-13603.1
- Gottlob, A. (2009).** Auswirkungen eines differenzierten Krafttrainings. In A. Gottlob (Hrsg.) *Differenziertes Krafttraining - mit Schwerpunkt Wirbelsäule* (3. Auflage). Urban & Fischer Verlag: München.
- Gregoire, J., Tuck, S., Hughson, R. L., Yamamoto, Y. (1996).** Heart Rate Variability at Rest and Exercise: Influence of Age, Gender, and Physical Training. *Can J Appl Physiol*, 21 (6), 455-470. DOI: 10.1139/h96-040
- Grothe, I., Kraume, G., et al. (2001).** Einrichtung von Schweißwerkstätten unter Arbeitsschutzaspekten. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.) *Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse – Arbeitsschutz beim Schweißen*, 95 (2).
- Gustafsson, E., Hagberg, M. (2003).** Computer mouse use in two different hand positions: exposure, comfort, exertion and productivity. *Applied Ergonomics*, 34 (2), 107-113. DOI: 10.1016/S0003-6870(03)00005-X
- Guynet, S. J., Schwartz, M. W. (2012).** Regulation of Food Intake, Energy Balance, and Body Fat Mass. Implications for the Pathogenesis and Treatment of Obesity. *J Clin Endocrinol Metab*, 97(3), 745-755. DOI: 10.1210/jc.2011-2525
- Hägg, G. M., Luttmann, A., Jäger, M. (2000).** Methodologies for evaluating electromyographic field data in ergonomics. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10, 301-312. DOI: 10.1016/S1050-6411(00)00022-5
- Häkkinen, J. M., Kraemer, W. J., Newton, R. U., Alen, M. (2001).** Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*, 171, 51-62. DOI: 10.1046/j.1365-201X.2001.00781.x
- Hamberg-van Reenen, H. H., Visser, B., van der Beek, A. J., Blatter, B. M., van Dieen, J. H. van Mechelen, W. (2009).** The effect of a resistance-training program on muscle strength, physical workload, muscle fatigue and musculoskeletal discomfort: An experiment. *Applied Ergonomics*, 40, 396-403. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.11.010

- Hapke, U., von der Lippe, E., Gaertner, B. (2013).** Riskanter Alkoholkonsum und Rauschtrinken unter Berücksichtigung von Verletzungen und der Inanspruchnahme alkoholspezifischer medizinischer Beratung. Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl*, 56, 809-813, DOI: 10.1007/s00103-013-1699-0
- Hartmann, B. (2013).** Das Muskel-Skelett-System in Gesundheit und Krankheit. In hartmann, B., Spallek, M., Ellegast, R. (Hrsg.) Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen: Ursachen, Prävention, Ergonomie, Rehabilitation. ecomed Medizin Verlag: Landsberg/ Hamburg
- Hartfiel, N., Havenhand, J., Khalsa, S. B., Clarke, G., Krayner, A. (2011).** The effectiveness of yoga for the improvement of well-being and resilience to stress in the workplace. *Scand J Work Environ Health*, 37 (1), 70-76.
- Haskell, W., Lee, I.-M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. (2007).** Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation*, 116 (9), 1081-1093. DOI: 10.1161/CIRCULATION.107.185649
- Hasselhorn, H.M., Freude, G. (2007).** Der Work Ability Index – ein Leitfaden. *Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin*. Verlag für neue Wissenschaft GmbH: Bremerhaven.
- Hedge, A., Morimoto, S., McCrobie, D. (1999).** Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42 (10), 1333-1349. DOI: 10.1080/001401399184983
- Heggelund, J., Fimland, M. S., Helgerund, J., Hoff, J. (2013).** Maximal strength training improves work economy, rate of force development and maximal strength more than conventional strength training. *Eur J Appl Physiol*, 113 (6), 1565-1573. DOI: 10.1007/s00421-013-2586-y
- Henchoz, Y., Kai-Lik So, A. (2008).** Exercise and nonspecific low back pain. A literature review. *Joint Bone Spine*, 75 (5), 533-539. DOI: 10.1016/j.jbspin.2008.03.003
- Herberts, P., Kadefors, R., Andersson, G. & Petersen, I. (1981).** Shoulder Pain in Industry: An Epidemiological Study on Welders. *Acta Othopaedica Scandinavia*, 52 (3), 299-306. DOI: 10.3109/17453678109050107
- Hermens, Hermie J. (1999):** European recommendations for surface ElectroMyoGraphy. Results of the SENIAM project. Enschede: Roessingh Research and Development (SENIAM, 8).
- Heymans, M., van Tulder, M., Esmail, R., Bombardier, C., Koes, B. (2005).** Back Schools for Nonspecific Low Back Pain: A Systematic Review Within the Framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group. *SPINE*, 30 (19), 2153-2163.
- Hildebrandt, V. H., Bongers, P. M., Dul, J., van Dijk, F. J. H., Kemper, H. C. G. (2000).** The relationship between leisure time, physical activities and musculoskeletal symptoms and disability in worker populations. *Int Arch Occup Environ Health*, 73, 507-518.
- Hillsdone, M. M., Brunner, E. J., Guralniuk, J. M., Marmot, M. G. (2005).** Prospective Study of Physical Activity and Physical Function in Early Old Age, *Am J Prev Med*, 28, 3, 245-250. DOI: 10.1016/j.amepre.2004.12.008
- Hoehne-Hückstädt, U., Herda, C., Ellegast, R., Hermanns, I., Hamurgerm R., Ditchen, D. (2007).** Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremität BGIA-Report 2/2007. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG): Sankt Augustin.

- Hoff, J., Helgerud, J., Wisloff, U. (1999).** Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6):870-877. DOI: 10.1097/00005768-199906000-00016
- Hostens, I., Ramon, H. (2005).** Assessment of muscle fatigue in low level monotonous task performance during car driving. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 15, 266-274.
- Hottenrott, K., Gronwald, T., Neumann, G. (2011).** Verletzungsprävention durch Verbesserung der neuromuskulären Bewegungskontrolle. *SportOrthoTrauma*, 27, 274-282. DOI: 10.1016/j.orthtr.2011.08.014
- Huang, Y., Macera, C. A., Blair, S. N., Brill, P. A., Kohl, H., W., Kronenfeld, J. J. (1998).** Physical fitness, physical activity, and functional limitation in adults aged 40 and older. *Med Sci Exerc*, 30 (9), 1430-1435. DOI: 10.1097/00005768-199809000-00013
- Hurrelmann, K., Klotz, T. & Haisch, J. (2014).** Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. In Hurrelmann, K., Klotz, T., Haisch, J. (Hrsg.) *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung (4. Auflage)*. Verlag Hans Huber: Bern
- Hübner, J.(2010).** 751 FB Gebrauchsanweisung. DIERS formetric III 4D. Zubehör von DIERS FAMUS
- Inmann, V. T., Saundersm J. B. M., Abbott, L. C. (1996).** Observation oft he Function oft he Shoulder Joint. *Cl Orthop Rel Research*, 330, 3-12.
- Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., Weltman, A. (2008).** Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat an body composition. *Med Sci Sports Exerc*, 40 (11), 1863-1872. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181801d40
- Janssen, J., Wilfried, Laatz. (2013).** Statistische Datenanalyse mit SPSS. *Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests*. Springer Verlag: Berlin Heidelberg.
- Jay, K., Frisch, D., Hansen, K., Zebis, M. K., Andersen, C. H., Mortensen, O. S. & Andersen, L. L. (2011).** Kettlebell training for musculoskeletal and cardiovascular health: a randomized controlled trial. *Scand J Wok Environ Health*, 37 (3), 196-203. DOI: 10.5271/sjweh.3136
- Järvholm, U., Palmerud, G., Kadefors, R., Herberts, P. (1991).** The Effect of arm support on supraspinal muscle load during simulated assembly work and welding. *Ergonomics*, 34 (1), 57-66. DOI: 10.1080/00140139108967288
- Jung, C., Seidel, J., Strippel, H., MDS (2014).** Präventionsbericht 2014. Leistungen der gesetzlichen Krankenversicherung: Primärprävention und betriebliche Gesundheitsförderung Berichtsjahr 2013. MDS: Essen/ GKV-Spitzenverband: Berlin.
- Kadefors, R., Petersén, I., Herberts, P. (1976).** Muscular Reaction to Welding Work: An Electromyographic Investigation. *Ergonomics*, 19 (5), 543-558. DOI: 10.1080/00140137608931568
- Kahn, J. F., Favriou, F., Jouanin, J. C., Grucza, R. (2000).** Effect of co-contractions on the cardiovascular response to submaximal static handgrip. *Eur J Appl Physiol*, 83 (6), 506-511. DOI: 10.1007/s004210000303

- Kahn, J.F., Monod, H. (1989).** Fatigue induced by static work. *Ergonomics*, 32 (7), 839-846. DOI: 10.1080/00140138908966846
- Kaleta, D., Makowiec-Dabrowska, T., Jegier, A. (2006).** Lifestyle Index and Work Ability. *IJOMEH*, 19 (3), 170-177. DOI: 10.2478/v10001-006-0021-x
- Kilner, S. (2017).** AR Welding Training with Soldamatic. Zugriff am 01.09.2017 unter: <http://enterprise-ar-vr.com/2017/06/04/ar-welding-training-with-soldamatic/>
- Kleine, B.-U., Schumann, N.-P., Bradl, I., Grieshaber, R., Scholle, H.-C. (1999).** Surface EMG of shoulder and back muscles and posture analysis in secretaries typing at visual display units. *Int Arch Occup Environ Health*, 72, 387-394.
- Kluth, K., Göbel, M., Bopp, V., Strasser, H. (2013).** Anwendung der Oberflächen-Elektromyographie zur Beanspruchungsermittlung bei der arbeitsphysiologischen Beurteilung von Arbeitsplätzen und Arbeitsmitteln. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 63 (5), 286-292. DOI: 10.1007/BF03350870
- Knieps, F. & Pfaff, H. (2016).** BKK Gesundheitsreport. *Gesundheit in Region*. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Knutsson, A., Boggild, H. (2010).** Gastrointestinal disorders among shift workers. *Scand J Work Environ Health*, 36 (2), 85-95. DOI: 10.5271/sjweh.2897
- Konrad, P. (2005).** EMG-Fibel. *Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie*. Noraxon Inc. USA: Köln.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A. (2004).** Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 36 (4), 674-688. DOI: 10.1249/01.MSS.0000121945.36635.61
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., et al. (1995).** Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J Appl Physiol*, 78(3), 976-989.
- Krause, A. (2008).** Arbeit und Gesundheit. University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland. Zugriff am 20.07.2017. unter: https://www.researchgate.net/publication/274449086_Arbeit_und_Gesundheit.
- Krimser, M., van Tulder, M. (2007).** Low back pain (non-specific). *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(1), 77-91. DOI: 10.1016/j.berh.2006.08.004
- Kroll, L.E., Müters, S., Dragano, N. (2011).** Arbeitsbelastungen und Gesundheit. Robert-Koch-Institut (Hrsg.). GBE Kompakt, 2, 5.
- Krüger, K., Petermann, C., Pilat, C., Schubert, E., Pons-Kühnemann J & Mooren, F. C. (2015).** Preventive Strength Training Improves Working Ergonomics During Welding. *Int Occup Saf Ergon*, 21 (2), 150-157. DOI: 10.1080/10803548.2015.1029290
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sorensen, F., Andersson, G., Jorgensen, K. (1987).** Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, 18 (3), 233-237. DOI: 10.1016/0003-6870(87)90010-X

- Laaser, U. & Hurrelmann, K. (2006).** Gesundheitsförderung und Krankheitsprävention. In Hurrelmann, K., Razum, O. (Hrsg.) *Handbuch Gesundheitswissenschaften (5. Auflage)*. Juventa Verlag: Weinheim
- Laguardia, J., Campos, M. R., Travassos, C. M., Najar, A. L., Anjos, L. A. Vasconcellos M. M. (2011).** Psychometric evaluation of the SF-36 (v.2) questionnaire in a probability sample of Brazilian households: results of the survey Pesquisa Dimensões Sociais das Desigualdades (PDSD), Brazil, 2008. *Health and Quality of Life Outcomes*, 9 (61). DOI: 10.1186/1477-7525-9-61
- Lahti, J., Laaksonen, M., Lahelma, E., Rahkonen, O. (2010).** The impact of physical activity on physical health functioning – A prospective study among middle-aged employees. *Preventive Medicine*, 50 (5-6), 246-250. DOI: 10.1016/j.ypmed.2010.02.007
- Laaksonen, M., Rahkonen, O., Martikainen, P., Karvonen, S., Lahelma, E. (2006).** Smoking and SF-36 health functioning. *Preventive Medicine*, 42 (3), 206-209. DOI: 10.1016/j.ypmed.2005.12.003
- Lampert, T., Richter, M., Schneider, S., Spallek, J., Dragano, N. (2016).** Soziale Ungleichheit und Gesundheit. *Bundesgesundheitsbl*, 59, 153-165. DOI: 10.1007/s00103-015-2275-6
- Lampert, T., von der Lippe, E., Müters, S. (2013).** Verbreitung des Rauchens in der Erwachsenenbevölkerung in Deutschland. Ergebnisse der Studie Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsbl*, 56, 802-808. DOI: 10.1007/s00103-013-1698-1
- Leakeman, M., Kreuzer, R. (2009).** Großer Bildatlas der Palpation. *Anatomische Strukturen gezielt lokalisieren und begreifen*. Springer Medizin Verlag: Heidelberg.
- Lee, D.-C., Sui, X., Ortega, F. B., Kim, Y.-S., Church, T. S., Winett, R. A., Ekelund, U., Katzmarzyk, P. T., Blair, S. N. (2011).** Comparisons of leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness as predictors of all-cause mortality in men and women. *Br J Sports Med*, 45 (6), 504-510. DOI: 10.1136/bjsm.2009.066209
- Lee, I.-M., Paffenberger, R. S. (2000).** Associations of Light, Moderate and Vigorous Physical Activity with Longevity. *Am J Epidemiol*, 151 (3), 293-299. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a010205
- Leino, P. (1993).** Does Leisure Time Physical Activity Prevent Low Back Disorders?: A Prospective Study of Metal Industry Employees. *SPINE*, 18 (7), 863-871.
- Leino-Arjas, P., Solovieva, S., Riihimäki, H., Kirjonen, J., Telama, R. (2004).** Leisure time physical activity and strenuousness of work as predictors of physical functioning: a 28 year follow up of a cohort of industrial employees. *Occup Environ Med*, 61, 1032-1038. DOI: 10.1136/oem.2003.012054
- Lenhardt, U. & Rosenbrock, R. (2014).** Prävention und Gesundheitsförderung am Arbeitsplatz. In Hurrelmann, K., Klotz, T., Haisch, J. (Hrsg.) *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung (4. Auflage)*. Verlag Hans Huber: Bern
- Leppin, A. (2014).** Konzepte und Strategien der Prävention. In Hurrelmann, K., Klotz, T., Haisch, J. (Hrsg.) *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung (4. Auflage)*. Verlag Hans Huber: Bern

- Leyshon, R., Chalova, K., Leigh, G., Savtchenko, A., Zakrzewski, R., Howie, A., Shaw, L. (2010).** Ergonomic interventions for office workers with musculoskeletal disorders: A systematic review. *Work*, 35 (3), 335-348. DOI: 10.3233/WOR-2010-0994
- Liebers, F., & Caffier, G. (2009).** Berufsspezifische Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen in Deutschland. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Dortmund
- Liebers, F., Brendler, C. & Latza, U. (2016).** Berufsspezifisches Risiko für das Auftreten von Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen und Krankheiten des Herz-Kreislaufsystems – Bestimmung von Berufen mit hoher Relevanz für die Prävention. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA): Dortmund
- Lin, R.-T., Chan, C. C. (2007).** Effectiveness of workstation design on reducing musculoskeletal riskfactors and symptoms among semiconductor fabrication room workers. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 35-42. DOI: 10.1016/j.ergon.2006.09.015
- Linton, S. J. & van Tulder, M. W. (2001).** Preventive Interventions for Low Back and Neck Pain Problems. What is the Evidence?. *SPINE*, 26 (7), 778-787.
- Loveless, D. J., Weber, C. L., Haseler, L. J., Schneider, D. (2005).** Maximal Leg-Strength Training Improves Cycling Economy in Previously Untrained Men. *Med Sci Sports Exerc*, 37 (7), 1231-1236. DOI: 10.1249/01.mss.0000170071.33880.f8
- Lundbald, I., Elert, J., Gerdle, B. (1999).** Randomized Controlled Trial of Physiotherapy and Feldenkrais Interventions in Female Workers with Neck-Shoulder Complaints. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 9 (3), 179-194.
- Lüthi, H. (2007).** Lebensqualität transparent machen, *physiopraxis*, 5 (5), 34-35.
- Malik, S. H., Blake, H. & Suggs, L. S. (2014).** A systematic review of workplace health promotion interventions for increasing physical activity. *Br J Health Psychol*, 19 (1), 149-180. DOI: 10.1111/bjhp.12052
- Maluf, K. S., Enoka, R. M. (2005).** Task failure during fatigue contractions performed by humans. *J Appl Physiol*, 99, 389-396. DOI: 10.1152/japplphysiol.00207.2005
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabachm G., Will, S., Dawson, P., Hurley, B. F. (1991).** Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 23(6), 739-43.
- Marschall, J., Hildebrandt, S., Sydow, Nolting, H.-D., Burgart, E. & Woköck, T. (2017).** Gesundheitsreport 2017 – Analyse der Arbeitsunfähigkeitsdaten. DAK-Gesundheit: Hamburg
- Martimo, K.P., Verbeek, J. h., Karppinen, J., Furlan, A. D., Kujier, P. P., Viikari,-Juntura, E., Takala, E.-P., Jahiainen, M. (2007).** Manual material handling advice and assistive devices for preventing and treating back pain in workers. *Cochrane Database Syst Rev*, 3. DOI: 10.1002/14651858.CD005958.pub2
- Martinez-Gonzalez, M. A., Varo, J. J., Santos, J. L., de Irala, J., Gibney, M., Kearney, J., Martinez, J. A. (2000).** Prevalence of physical activity during leisure time in the European Union. *Med Sci Sport Exerc*, 33 (7), 1142-1146. DOI: 10.1097/00005768-200107000-00011

- Mehta, R.K., Agnew, M.J. (2012).** Influence of mental workload in muscle endurance, fatigue, and recovery during intermittent static work. *Eur J Appl Physiol*, 112, 2891-2902. DOI: 10.1007/s00421-011-2264-x
- Mendes, A. A. M. T., de Freitas, S. M. S. F., Amorin, C. F., Cabral, C. M. N., Padula, R. S. (2017).** Electromyographic activity of the erector spinae: The short-effect of one workday for welders with nonspecific chronic low back pain, an observational study. Epub ahead of print. Zugriff am 18.09.2017 unter: <https://content.iospress.com/articles/journal-of-back-and-musculoskeletal-rehabilitation/bmr169733>
- Meyer, M. & Meschede, M. (2016).** Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2015. In B. Badura, A. Ducki, Schröder, H. et al. (Hrsg.) *Fehlzeiten-Report 2016. Unternehmenskultur und Gesundheit – Herausforderungen und Chancen*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-49413-4_22
- Meyer, M., Modde, J. & Glushanok, I. (2014).** Krankheitsbedingte Fehlzeiten in der deutschen Wirtschaft im Jahr 2013. In B. Badura, A. Ducki, Schröder, H. et al. (Hrsg.) *Fehlzeiten-Report 2014. Erfolgreiche Unternehmen von morgen – gesunde Zukunft heute gestalten*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Milerad, E., Ericson, M. O. (1994).** Effects of precision and force demands, grip diameter, and arm support during manual work: an electromyographic study. *Ergonomics*, 37 (2), 255-264. DOI: 10.1080/00140139408963643
- Mohokum, M., Mendoza, S., Wolf, U., Sitter, H., Paletta, J.R. & Skwara, A. (2010).** Reproducibility of Rasterstereography for Kyphotic and Lordotic Angles, Trunk Length, and Trunk Inclination. A Reliability Study, *Spine*, 35 (14), 1353-1358. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181cbc157
- Montano, D., Hoven, H., Siegrist, J. (2014).** Effects of organisational-level interventions at work on employees' health: a systematic review. *BMC Public Health*, 14 (135). DOI: 10.1186/1471-2458-14-135
- Moore, S. C., Patel, A. V., Matthews, C. E., de Gonzalez, A. B., Park, Y., Kati, H. A., Linet, M. S., Weiderpass, E. et al. (2012).** Leisure Time Physical Activity of Moderate to Vigorous Intensity and Mortality: A Large Pooled Cohort Analysis. *PLoS Med*, 9 (11): e1001335. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001335
- Morfeld, M., Kirchberger, I. & Bullinger, M. (2011).** SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand (2. Auflage). Göttingen: Hogrefe Verlag.
- Neumann, G., Pfützner, A., Berbalk, A. (2011).** Optimiertes Ausdauertraining. Meyer & Meyer Verlag: Aachen
- Nilsen, T. I. L., Holtermann, A., Mork, P. J. (2011).** Physical Exercise, Body Mass Index, and Risk of Chronic Pain in the Low Back and Neck/Shoulders: Longitudinal Data From the Nord-Trøndelag Health Study. *American Journal of Epidemiology*, 174 (3), 267-273. DOI: 10.1093/aje/kwr087
- Nussbaum, M. A. (2001).** Static and dynamic myoelectric measure of shoulder muscle fatigue during intermittent dynamic exertions of low to moderate intensity. *Eur J Appl Physiol*, 85, 299-309. DOI: 10.1007/s004210100454

- Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., Bülow, J., Randers, M. B. et al. (2010).** High-Intensity Training versus Traditional Exercise Interventions for Promoting Health. *Med Sci Sports Exerc*, 42 (10), 1951-1958. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181d99203
- Okimoto, M. L. L. R., Okimoto, P. C., Goldbach, C. E. (2015).** User Experience in Augmented Reality applied th the Welding Education. *Procedia Manufacturing*, 3, 6223-6227. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.739
- Öberg, T., Sansjö, L., Kadefors, R. (1994).** Subjective and objective evaluation of shoulder muscle fatigue. *Ergonomics*, 37 (8), 1323-1333. DOI: 10.1080/00140139408964911
- Pagano, R. R. (2010).** Understanding statistics in the behavioral sciences (9th ed.). Thomson Wadsworth: Australia, Belmont, CA
- Pauli, A., Hornberg, C. (2010).** Gesundheit und Krankheit: Ursachen und Erklärungsansätze aus der Gender-Perspektive. In Becker, R., Kortendiek, B. (Hrsg.) Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden Empire. Springer VS Verlag: Wiesbaden
- Pedersen, M.T. (2003).** Exercise and Work-Related Musculoskeletal Disorders in Neck, Shoulders and Low Back. *Thesis*, Institute of Exercise and Sport Sciences, University of Copenhagen.
- Petermann, C. (2012).** Charakterisierung des Belastungs- und Ermüdungsprofils am Schweißarbeitsplatz und dessen Beeinflussung durch ein präventives Krafttraining. Univ. Diss. Universität Gießen.
- Pieper, C., Schröer, S. (2008).** Iga Report 28. Wirksamkeit und Nutzen betrieblicher Prävention. *I Wirksamkeit und Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung und Prävention – Zusammenstellung der wissenschaftlichen Evidenz 2006 bis 2012.*
- Pieper, C., Schröer, S. & Haupt, J. (2015).** Wirksamkeit und Nutzen betrieblicher Gesundheitsförderung und Prävention. Zusammenstellung der wissenschaftlichen Evidenz 2006 bis 2012. IGA-Report 28
- Pillastrini, P., Mugnai, R., Farneti, C., Bertozzi, L., Bonfiglioli, R., Curti, S., Mattioli, S., Violante, F. S. (2007).** Evaluation of Two Preventive Interventions for Reducing Musculoskeletal Complaints in Operators of Video Display Terminals. *Physical Therapie*, 87 (5), 536-544. DOI: 10.2522/ptj.20060092
- Poirier, P., Giles, T. D., Bray, G. A., Hong, Y., Stern, J. S., Pi-Sunyer, F. X., Eckel, R. H. (2006).** Obesity and Cardiovascular Disease: Pathophysiology, Evaluation, and Effect of Weight Loss. *Circulation*, 113, 898-918. DOI: 0.1161/CIRCULATIONAHA.106.171016
- Pollmann-Schultm M. (2009).** Geschlechterunterschiede in den Arbeitswerten: eine Analyse für die alten Bundesländer 1980-2000. *Zeitschrift für ArbeitsmarktForschung*, 42 (2), 140-154. DOI: 10.1007/s12651-009-0009-7
- Portero, P., Bigard, A.-X., Gamet, D., Flageat, J.-R., Guenzennec, C.Y. (2001).** Effects of resistance training in humans on neck muscle performance, and electromyogram power spectrum changes. *Eur J Appl Physiol*, 84, 540-546. DOI: 10.1007/s004210100399
- Pronk, N. P., Martinson, B., Kessler, R. C., Bekc, A. L., Simon, G. E., Wang, P. (2004).** The Association Between Work Performance and Physical Activity, Cardiorespiratory Fitness and Obesity. *J Occup Environ Med*, 46 (1), 19-25. DOI: 10.1097/01.jom.0000105910.69449.b7

- Proper, K. I., Koning, M., van der Beek, A., Hildebrandt, V. H., Bosscher, R. J., van Mechelen, W. (2003).** The Effectiveness of Worksite Physical Activity Programs on Physical Activity, Physical Fitness, and Health. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 13, 106-117.
- Prütz, F., Seeling, S., Ryl, L., Scheidt-Nave, C., Ziese, T., Lampert, T. (2014).** Welche Krankheiten bestimmen die Zukunft? In B. Badura, A. Ducki, Schröder, H. et al. (Hrsg.) *Fehlzeiten-Report 2014. Erfolgreiche Unternehmen von morgen – gesunde Zukunft heute gestalten*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg
- Ranger, T. A., Cicuttini, F. M., Jensen, T. S., Peiris, W. L., Hussain, S. M., Fairley, J., Urquhart, D.N. (2017).** Is the size and composition of the paraspinal muscle associated with low back pain? A systematic review. *The Spine Journal*, Epub ahead of print. Zugriff am 19.09.2017 unter: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.07.002>
- Rempel, D. M., Krause, N., Goldberg, R., Benner, D., Huders, M., Goldner, G. U. (2006).** A randomised controlled trial evaluating the effects of two workstation interventions on upper body pain and incident musculoskeletal disorders among computer operators. *Occup Environ Med*, 63, 300-306. DOI: 10.1136/oem.2005.022285
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., Ball, D. S. (2003).** A Meta-analysis to Determine the Dose Response for Strength Development. *Med Sci Sports Exerc*, 35 (3), 456-464. DOI: 10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4
- Riise, T., Moen, B. E., Nortvedt, M. W. (2003).** Occupation, Lifestyle Factors and Health-Related Quality Of Life: The Hordaland Health Study. *J Occup Environ Med*, 45 (3), 324-332. DOI: 10.1097/01.jom.0000052965.43131.c3
- Roberson, M. M., Huang, Y.-H., O'Neil, J., Schleiferm, L. M. (2008).** Flexible workspace design and ergonomics training: Impacts on the psychosocial work environment, musculoskeletal health, and work effectiveness among knowledge workers. *Applied Ergonomics*, 39 (4), 482-494. DOI: 10.1016/j.apergo.2008.02.022
- Robert-Koch-Institut (Hrsg.) (2015).** Gesundheit in Deutschland. Gesundheitsberichtserstattung des Bundes. RKI: Berlin. DOI: 10.17886/rkipubl-2015-003
- Robert-Koch-Institut (Hrsg.) (2014).** Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell 2012“ Beiträge zur Gesundheitsberichtserstattung des Bundes. RKI: Berlin
- Roelfs, D. J., Shor, E., Kalish, R., Yogev, T. (2011).** The Rising of Mortality for Singles: Meta-Analysis and Meta-Regression. *Am J Epidemiol*, 174 (4), 379-389. DOI: 10.1093/aje/kwr111
- Rongen, A., Robroek, S. J., van Lenthe, F. J. & Burdorf, A. (2013).** Workplace health promotion: a meta-analysis of effectiveness. *Am J Prev Med*, 44 (4), 406-415. DOI: 10.1016/j.amepre.2012.12.007
- Rothmore, P., Aylward, P. & Karnon, J. (2014).** Ergonomics and musculoskeletal injury prevention interventions in healthcare: Are they worth it?. *Ergonomics Australia*, 8 (1), 1-5.
- Röcker, K., Prettin, S., Pottgiesser, T., Schumacher, Y.O., Dickhuth, H.H. (2010).** Metabolische Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung in der Sportmedizin. *Sportmed präventivmed*, 40 (1), 6-12. DOI: 10.1007/s12534-010-0079-x

- Safari, S., Akbari, J., Kazemi, M., Mououdi, M. A., Mahaki, B. (2013).** Personnel's Health Surveillance at Work: Effect of Age, Body Mass Index, and Shift Work on Mental Workload and Work Ability Index. *Journal of Environmental and Public Health*, 2013. DOI: 10.1155/2013/289498
- Salkind, N. J. (2010).** *Encyclopedia of Research Design* (Vol. 2). Sage: Los Angeles
- Schefer, M. (2008).** Wie anstrengend ist das für Sie? *Physiopraxis*, 6 (5), 40-41.
- Schlick, C., Bruder, R., Luczak, H. (2010).** *Arbeitswissenschaft*. 3. Aufl. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Schombacher, J. (2008).** Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *Physioscience*, 4, 125-133.
- Schröer, S., Haupt, J. & Pieper, C. (2014).** Evidence-based lifestyle interventions in the workplace: an overview. *Occup Med*, 64, (1), 8-12. DOI: 10.1093/occmed/kqt136
- Schröder, J. (2012).** Nützlichkeit der videorasterstereographischen Funktionsdiagnostik, *Zeitschrift für Physiotherapeuten*, 64 (10).
- Schröder, J., Stiller, T., & Mattes, K. (2011).** Referenzdaten in der Wirbelsäulenformanalyse: Annäherung an eine Majoritätsnorm und Abweichungen bei unspezifischen Rückenschmerzsyndromen. *Manuelle Medizin*, 49 (3), 161–166.
- Schröder, J. (2010).** Grundlagen des Trainings: Ausdauer, Kraft, Bewegung und Koordination. In K.-M. Braumann, N. Stiller (Hrsg.), *Bewegungstherapie bei internistischen Erkrankungen*. Springer-Medizin-Verlag: Berlin Heidelberg.
- Schröder, J., Strübing, K., & Mattes, K. (2010).** Rückenbeschwerden und Wirbelsäulenform: Wirbelsäulenformprofile für Beschwerden des unteren Rückens und diagnosespezifische Muster beim lumbalen Facettensyndrom. *Manuelle Medizin*, 48(6), 454–459.
- Schröder, J., Reer, R. & Mattes, K. (2009).** Biomechanische Diagnostik in der orthopädischen Praxis: Zur Zuverlässigkeit der Messung von Rumpfkraft und Haltung in der Behandlung von Rückenschmerzen. *Orthopädische Praxis*, 45 (6), 288-294.
- Schulgen, G., Schumacher, K. M. (2008).** Cross-Over Studien. In Schulgen, G., Schumacher, K. M. (Hrsg.) *Methodik klinischer Studien. Statistik und ihre Anwendungen*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-85136-3_17
- Schwingshackl, L., Missbach, B., Dias, S., König, J., Hoffmann, G. (2014).** Impact of different training modalities on glycaemic control and blood lipids in patients with type 2 diabetes: a systematic review and network meta-analysis. *Diabetologia*, 54, 1789-1797. DOI: 10.1007/s00125-014-3303-z
- Sidhu, D., Naugler, C. (2012).** Fasting Time and Lipid Levels in a Community-Based Population. *Arch Intern Med*, 172 (22), 1707-1710. DOI: 10.1001/archinternmed.2012.3708
- Sculco, A. D., Paup, D. C., Fernhall, B., Sculco, M. J. (2001).** Effects of aerobic exercise on low back pain patients in treatment. *The Spine Journal*, 1, 95-101. DOI: 10.1016/S1529-9430(01)00026-2
- Shiri, R., Viikari-Juntura, E. (2011).** Lateral and medial epicondylitis: Role of occupational factors. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 25 (1), 43-57. DOI: 10.1016/j.berh.2011.01.013

- Sjögren, T., Nissinen, K. J., Järvenpää, S. K., Ojanen, M. T., Vanharanta, H., Mälikä, A. (2005).** Effects of a workplace physical exercise intervention on the intensity of headache and neck and shoulder symptoms and upper extremity muscular strength of office workers: A cluster randomized controlled cross-over trial. *Pain*, 116(1-2), 119-128.
- Sporrong, H., Palmerub, G., Kadefors, R., Herberts, P. (1998).** The effect of light manual precision work on shoulder muscles – an EMG analysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8, 177-184. DOI: 10.1016/S1050-6411(97)00032-1
- Spruit, M. A., Gosselink, R., Troosters, T., de Paepe, K., Decramer, M. (2002).** Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. *Eur Respir J*, 19, 1072-1078. DOI:10.1183/09031936.02.00287102
- Sörensen, L. E., Pekkonen, M. M., Männikkö, K. H., Louhevaara, V. A., Smolander, J., Alen, M. J. (2008).** Associations between work ability, health-related quality of life, physical activity and fitness among middle-aged men. *Applied Ergonomics*, 39, 786-791
- Statistisches Bundesamt (2016).** Mikrozensus – Bevölkerung und Erwerbstätigkeit, Beruf, Ausbildung und Arbeitsbedingungen der Erwerbstätigen in Deutschland 2015. Statistisches Bundesamt: Wiesbaden
- Steffens, D., Maher, C., Pereira, L. S. M., Stevens, M. L., Oliveria, V. C., Chapple, M., Teixeira-Salmela, L. F. & Hancock, M. J. (2016).** Prevention of Low Back Pain. A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Intern Med*, 176 (2), 199-208. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.7431
- Strasser, H. (2013).** Oberflächen-Elektromyographie in der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie und Arbeitswissenschaft. Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V. (DGAUM). Zugriff am 29.08.2017 unter: http://www.dgaum.de/fileadmin/PDF/Leitlinien/Leitlinienentwurf_Oberflaechen_Elektromyographie.pdf
- Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Brandt, M., Jay, K., Persson, R., Aagaard, P. et al. (2014).** Workplace strength training prevents deterioration of work ability among workers with chronic pain and work disability: a randomized controlled trial. *Scand J Work Environ Health*, 40(3), 244-251. DOI: 10.5271/sjweh.3419
- Sveen, M. L., Jeppesen, T. D., Hauerslev, S., Kober, L., Krag, T. O., Vissing, J. (2008).** Endurance training improves fitness and strength in patients with Becker muscular dystrophy. *Brain*, 131, 2824-2831. DOI: 10.1093/brain/awn189
- Tanaka, H., Swensen, T. (1999).** Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross-training?. *Sports Med*, 25(3), 191-200.
- Thefeld, W. (2000).** Verbreitung der Herz-Kreislauf-Risikofaktoren Hypercholesterinämie, Übergewicht, Hypertonie und Rauchen in der Bevölkerung. *Bundesgesundheitsbl*, 43, 415-423. DOI: 10.1007/s001030070047
- Tittel, K. (2003).** Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen (14. Auflage). Urban und Fischer Verlag: München, Jena.
- Torell, G., Sanden, A. (1988).** Musculoskeletal Disorders in Shipyard Workers. *J. Soc. Occup. Med.*, 38, 109-113.
- Todd, G., Buttler, J.E., Taylor, J.L., Gandevia, S.C. (2005).** Hyperthermia: a failure of the motor cortex and the muscle. *J Physiol*, 562 (2), 621-631. DOI: 10.1113/jphysiol.2004.077115

- Torell, G., Sanden, A. & Järvholm (1988).** Musculoskeletal Disorders in shipyard Workers. *J. Soc. Occup. Med.*, 38, 109-113.
- Törner, M., Zetterberg, C., Anden, U., Hansson, T. & Lindell, V. (1991).** Workload and musculoskeletal problems: a comparison between welders and office clerks (with reference also to fishermen). *Ergonomics*, 34 (9), 1179-1196. DOI: 10.1080/00140139108964854
- Treier, M. (2016).** Betriebliches Arbeitsfähigkeitsmanagement. Mehr als nur Gesundheitsförderung (2. Auflage). Springer Fachmedien: Wiesbaden. DOI:10.100/978-3-658-13102-9
- Tuomi, K., Vanhala, S., Nykyri, E., Janhonen, M. (2004).** Organizational practices, work demands and the well-being of employees: a follow-up study in the metal industry and retail trade. *Occupational Medicine*, 54 (2), 115-121. DOI: 10.1093/occmed/kqh005
- Tveito, T. H., Hysing, M. & Eriksen, H. R. (2004).** Low Back pain interventions at the workplace: a systematic literature review. *Occupational Medicine*, 54 (3), 3-13. DOI: 10.1093/occmed/kqg109
- Van Eerd, D., Munhall, C., Irvin, E., Rempel, D., Brewer, S., van der Beek, A. J. Dennerlein, J. T., Tullar, J. et al. (2016).** Effectiveness of workplace interventions in the prevention of upper extremity musculoskeletal disorders and symptoms: an update of the evidence. *Occup Environ Med*, 73, 62-70. DOI: 10.1136/oemed-2015-102992
- Van den Berg, T. I. J., Elders, L. A. M., Zwart, B. C. H., Burdorf, A. (2009).** The effects of work-related and individual factors on the Work Ability Index: a systematic review. *Occup Environ Med*, 66, 211-220. DOI: 10.1136/oem.2008.039883
- Van den Heuvel, S. G., Heinrich, J., Jans, M. P., van der Beek, A. J., Bongers, P. M. (2005).** The effect of physical activity in leisure time on neck and upper limb symptoms. *Preventive Medicine*, 41, 260-267. DOI: 10.1016/j.ypmed.2004.11.006
- Van der Velde, G. & Mireau, D. (2000).** The effect of exercise on percentile rank aerobic capacity, pain, and self-rated disability in patients with chronic low-back pain: A retrospective chart review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81 (11), 1457-1463. DOI: 10.1053/apmr.2000.9629
- Van Hoof, R., Hespel, P., Fagard, R., Lijnen, P., Staessen, J., AMery, A. (1986).** Effects of Endurance Training on Blood Pressure at Rest, During Exercise and During 24 Hours in Sedentary Men. *Am J Cardiol*, 63, 945-949. DOI: 10.1016/0002-9149(89)90145-8
- van Poppel, M. N. M., Hoofmann, W. E. & Koes, B. W. (2004).** An update of a systematic review of controlled clinical trials on the primary prevention of back pain at the workplace. *Occupational Medicine*, 54, 345-352. DOI: 10.1093/occmed/kqh065
- Vedsted, P., Blangsted, A.K., Søgaard, K., Orizio, C., Sjøgaard, G. (2006).** Muscle tissue oxygenation, pressure, electrical and mechanical responses during dynamic and static voluntary contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 165-177. DOI: 10.1007/s00421-004-1216-0
- Verbeek, J. H., Martimo, K.P., Karppinen, J., Kuijer, P.P.F.M., Viikari-Juntura, E., Takala, E.P. (2011).** Manual material handling advice and assistive devices for preventing and treating back pain in workers (Review). *Cochrane Database Syst Rev*, 6. DOI: 10.1002/14651858.CD005958.pub3

- Vieira, E. R. & Kumar, S. (2007).** Occupational risks factors identified and interventions suggested by welders and computer numeric control workers to control low back disorders in two steel companies. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37 (6), 553-561. DOI: 10.1016/j.ergon.2007.03.001
- Vieira, E. R. & Kumar, S., Narayan, Y. (2008).** Smoking, no-exercise, overweight and low back disorder in welders and nurses. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38 (2), 143-149. DOI: 10.1016/j.ergon.2006.02.001
- Vuillemin, A., Boini, S., Bertrais, S., Tessier, S., Oppert, J.-M., Hercberg, S., Guillemin, F., Briancon, S. (2005).** Leisure time physical activity and health-related quality of life. *Preventive Medicine*, 41 (2), 562-569. DOI: 10.1016/j.ypmed.2005.01.006
- Vyas, M. V., Garg, A. X., Iansavichus A. V., Costella, J., Donner, A., Laugsand, L., Janszky, I., Mrkobrada, M. et al. (2012).** Shift work and vascular events: systematic review and meta analysis. *Br Med J*, 345. DOI: doi.org/10.1136/bmj.e4800
- WAI-Netzwerk (2014).** WAI-Netzwerk – Frequently Asked Questions (FAQ). Bergische Universität Wuppertal. Zugriff am 01.07.2015 unter: http://wai-netzwerk.uni-wuppertal.de/picture/upload/file/20141118_Fragen-%20und%20Antworten.katalog.pdf
- Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., Bredin, S. S. D. (2006).** Health benefits of physical activity: the evidence. *Can Med Assoc J*, 174 (6), 801-809. DOI: 10.1503/cmaj.051351
- Ware, J. E., Kosinski, M., Gandek, B., Aaronson, N. G., Apolone, G., Bech, P., Brazier, J. Bullinger et al. (1998).** The Factor Structure of the SF-36 Health Survey in 10 Countries: Results from the IQOLA Project. *J Clin Epidemiol*, 51 (11), 1159-1165. DOI: 10.1016/S0895-4356(98)00107-3
- Wellek, S., Blettner, M. (2012).** On the proper use of the crossover design in clinical trials: part 18 of a series on evaluation of scientific publication. *Dtsch Arztebl Int*, 109 (15).
- Westerblad, H., Bruton, J.D., Katz, A. (2010).** Skeletal muscle: Energie metabolism, fiber types fatigue and adaptability. *Experimental Cell Research*, 316, 3093-3099.
- Weston, K. S., Wisloff, U., Coombes, J. S. (2014).** High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis, *Br J Sports Med*, 48, 1227-1234. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092576
- Wilcox, R. R. (2012).** Introduction to robust estimation and hypothesis testing (3. Auflage). Statistical modeling and decision science. Academic Press: Amsterdam, Boston:
- Wilke, J., Schleip, R., Klingler, W., Stecco, C. (2017).** The Lumbodorsal Fascia as a Potential Source of Low Back Pain: A Narrative Review. *BioMed Research Int*, 2017. DOI: 10.1155/2017/5349620
- Williams, K., Abildso, C., Steinber, L., Doyle, E., Epstein, B., Smith, D., Hobbs, G., Gross, R., et al. (2009).** Evaluation of the Effectiveness and Efficacy of Iyengar Yoga Therapy on Chronic Low Back Pain. *SPINE*, 34 (19), 2066-2076. DOI: 10.1097/BRS.0b013e3181b315c
- Winett, R. A., Carpinelli, R. N. (2001).** Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. *Preventive Medicine*, 33, 503-513. DOI: 10.1006/pmed.2001.0909
- Wittig, P., Nöllenheidt, C., Brenscheidt, S. (2013).** Grundausswertung der BIBB/ BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Berlin

- Wonisch, M., Hofmann, P., Pokan, R. (2009).** Krafttraining in der kardiologischen Rehabilitation. In R. Pokan, W. Benzer, H. Gabriel, P. Hofmann, E. Kunschitz, K. Mayer et al. (Hrsg.) *Kompandium der kardiologischen Prävention und Rehabilitation*. Springer Verlag: Wien New-York.
- Xuemei, L., George, M.L., Kakouras, I., Edwards, C., Pietrobon, R., Richardson, W., Hey, L. (2003).** Reliability, Validity and Responsivness of the Short Form 12-Tiem Survey (SF-12) in Patients with Back Pain. *SPINE*, 28 (15), 1739-1745. DOI: 10.1097/01.BRS.0000083169.58671.96
- Zwart, B.C.H., Frings-Dresen, M.H.W., van Duivenbooden, J.C. (2002).** Test-retest reliability of the Work Ability Index questionnaire. *Occup. Med.*, 52 (4), 177-181.

10 Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht“

Winningen, im November 2017

.....
(Christopher Weyh)

11 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mir während meiner Promotion zur Seite standen, die mich begleitet, unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Prof. Dr. med. Frank C. Mooren, der mir die Promotion ermöglichte, mich wissenschaftlich begleitete und mich bei der Umsetzung der Projekte unterstützt hat.

Ein besonderer Dank gilt Dr. med. Johannes Fleckenstein. Für die Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit sowie der Begutachtung möchte ich mich herzlich bedanken.

Ich danke ebenfalls Prof. Dr. rer. nat. Karsten Krüger, der mich seit Beginn meines Studiums wissenschaftlich geprägt und als Zweitgutachter dieser Arbeit fachlich unterstützt hat.

Einen großen Dank möchte ich Dr. phil. Christian Pilat aussprechen. Während meiner gesamten Promotion konnte ich stets auf seine fachliche und moralische sowie freundschaftliche Unterstützung vertrauen. Vielen Dank für die tolle Zusammenarbeit.

Des Weiteren möchte ich mich bei dem gesamten Team der Abteilung für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität bedanken. Insbesondere danke ich Rosalie Hausner, Torsten Frech, Thomas Reichel und Narcisse Kagoue Ngale für die tatkräftige Unterstützung sowie Ph.D. Marc Philippe für die konstruktive Kritik und Ratschläge.

Meinen lieben Eltern danke ich dafür, dass sie mich bei all meinen Entscheidungen jeher unterstützten und mir meinen bisherigen Weg ermöglicht haben.

Meiner Freundin Jasmin Oster danke ich von ganzem Herzen für die unermüdliche Unterstützung, ihre Liebe und Motivation.

Nicht zuletzt möchte ich allen weiteren Mitwirkenden danken. Ich danke allen Kooperationspartnern, wie der Berufsgenossenschaft Holz und Metall, den beteiligten Firmen aus Wirtschaft und Industrie, allen Fitness- und Gesundheitseinrichtungen und der Firma Alexander Binzel Schweißtechnik, die an den wissenschaftlichen Teilprojekten mitgewirkt haben.

12 Anhang

Fragebogen – Studie I

Probandeninformation – Studie II

Trainingsmanual – Studie II

Probandeninformation – Studie III

Fragebogen zur Studie

„Gesundheits- und Bewegungsverhalten von Schweißern“



Abteilung für Sportmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen

HINWEISE ZUM AUSFÜLLEN DES FRAGEBOGENS

Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

Sie haben sich dazu bereit erklärt, an unserer Umfrage zum Thema „Gesundheits- und Bewegungsverhalten von Schweißern“ teilzunehmen. Nachfolgend finden Sie daher einen Fragebogen mit einer Reihe von Fragen zu den Themen Arbeit und Gesundheit. Diese dienen dazu, eine Übersicht über den Grad Ihrer Arbeits- und Gesundheitsbelastungen zu erfassen.

Bitte beantworten Sie die Fragen in der vorgegebenen Reihenfolge und kreuzen Sie die entsprechende Antwort an bzw. füllen Sie möglichst leserlich die dafür vorgesehenen Textfelder aus.

Falls Sie sich bei einer Frage unsicher sind, kreuzen Sie bitte das Feld an, welches Ihrer Einschätzung am nächsten kommt.

Verwenden Sie hierfür bitte nur Kugelschreiber oder Füllfederhalter, keinen Bleistift oder hellen Faserstift.

In den meisten Fällen ist ein Kästchen anzukreuzen. Falls mehrere Kästchen angekreuzt werden können, ersehen Sie dies aus einem entsprechenden Hinweis.

Gelegentlich werden Sie im Fragebogen aufgefordert, für Sie nicht zutreffende Fragen zu überspringen; dies geschieht mit dem Hinweis: „→ Bitte weiter mit Frage...“.

Falls Sie versehentlich das falsche Kästchen angekreuzt haben: schwärzen Sie bitte die falsche Markierung und markieren Sie das richtige Kästchen.

Das Ausfüllen wird in etwa 20 Minuten benötigen. Wir bitten Sie um zutreffende Beantwortung aller Fragen.

Bitte seien Sie versichert, dass alle Angaben vertraulich und anonym behandelt werden. Es erfolgt keine individuelle Auswertung. Das bedeutet, dass Ihre Antworten nicht mit Ihnen persönlich in Verbindung gebracht werden können. Insofern kann jeder, unbedenklich seine ehrliche Meinung, Einschätzung oder Empfindung angeben.

Für eventuelle Rückfragen stehen wir Ihnen gerne unter den folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- E-Mail: christopher.veyh@sport.uni-giessen.de
- Tel.: +49 (0) 641 / 99-25352

Mit freundlichen Grüßen

Ihr Team der Abteilung für Sportmedizin Gießen

A ALLGEMEINE ANGABEN ZUR PERSON UND TÄTIGKEIT

Name des Arbeitgebers
(Unternehmen): _____

A1 Geschlecht

- ☐ männlich
☐ weiblich

A2 Alter

Jahre

A3 Größe

cm

A4 Gewicht

, kg

A5 Nationalität

☐ deutsch

Anderes: _____

A6 In welchem Land wurden Sie geboren

☐ Deutschland

☐ In einem anderen: _____

A7 Wie sehr fühlen Sie sich als Teil der deutschen Gesellschaft?

- ☐ Grad 5 – voll und ganz
☐ Grad 4
☐ Grad 3
☐ Grad 2
☐ Grad 1 – überhaupt nicht

A8 Wie lange leben Sie bereits in Deutschland?

☐ _____ Jahre

☐ Ich bin in Deutschland geboren.

A9 Über welchen Schulabschluss verfügen Sie?

- ☐ Kein Abschluss
☐ Hauptschule
☐ Realschule
☐ Abitur

Anderen: _____

A10 Wie lange hat Ihre Ausbildung zum Schweißer gedauert (z.B. 3 ½ Jahre = 3 Jahre 06 Monate)?

☐ Jahre Monate

A11 Familienstand

- ☐ Ledig
☐ Verheiratet
☐ Geschieden
☐ Verwitwet

Anderes: _____

A12 In welcher Branche sind sie tätig?

- ☐ Schiffbau
☐ Fahrzeugbau
☐ Maschinen- und Anlagenbau
☐ Kunststoffverarbeitung

Anderes: _____

A13 In welchem Beschäftigungsverhältnis stehen Sie (bei Leiharbeit zusätzlich Umfang [Vollzeit, Teilzeit oder Minijob] ankreuzen)?

- ☐ Vollzeit
☐ Teilzeit
☐ Minijob
☐ Leiharbeit

A14 Wie viele Stunden verbringen Sie an einem gewöhnlichen Arbeitstag mit Schweißarbeiten (inkl. Vor- und Nachbearbeitung)?

, Stunden

A ALLGEMEINE ANGABEN ZUR PERSON UND TÄTIGKEIT

A15 Welches Schweißverfahren nutzen Sie überwiegend zur Ausübung Ihrer Tätigkeit?

- ☐ MIG/MAG
☐ WIG
☐ E-Hand
☐ Kunststoffschweißen

Anderes: _____

A16 Beim Schweißen arbeiten Sie überwiegend...?



rechts



links



Beidseitig

A17 Wie lange arbeiten Sie bereits als Schweißer?



Jahre

A18 Welche der folgenden Aussagen, bezüglich der Körperhaltung bei der Arbeit, treffen auf Ihre Tätigkeit zu?

- | Trifft zu | Trifft nicht zu | Bei meiner Arbeit... |
|--------------------------|--------------------------|--|
| ☐ | ☐ | ... habe ich körperliche Abwechslung |
| ☐ | ☐ | ... erfülle ich meine Arbeitsaufgaben hockend, kniend oder gebückt |
| ☐ | ☐ | ... ist mein Oberkörper verdreht |
| ☐ | ☐ | ... führe ich Über-Kopf-Arbeiten aus |
| ☐ | ☐ | ... bewege ich schwere Gegenstände |

A19 Stehen Ihnen am Arbeitsplatz Hilfsmittel zur Erleichterung der Arbeit zur Verfügung (Schweißvorrichtung, Schweißtische, Hebehilfen etc.)?

- ☐ Nein
☐ Ja
☐ ja, allerdings nutze ich diese nicht oder nur unregelmäßig

A20 Arbeiten Sie im Schichtdienst?

- ☐ nein → Bitte weiter mit Frage B1
☐ Ja

A21 Sind Nachtschichten Bestandteil Ihrer Arbeit im Schichtdienst?

- ☐ nein → Bitte weiter mit Frage B1
☐ Ja

B GESUNDHEITSBEZOGENE ANGABEN

A22 Welche der folgenden Aussagen treffen auf Ihren Schichtdienst zu?

ja	nein	
☐	☐	Die Anzahl aufeinanderfolgender Nachtschichten sind mehr als drei Schichten
☐	☐	Nach einer Nachtschichtphase ist die Ruhezeit weniger als 24 Stunden
☐	☐	Freie Tage in der Woche sind zusammenhängend (z.B. Wochenende Samstag und Sonntag)
☐	☐	Mir steht mehr Freizeit zu, als Kollegen im Tagbetrieb
☐	☐	Mein Schichtsystem rotiert vorwärts: Früh-, Spät-, Nachtschicht

B1 Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Zahl an)

- ☐ Ausgezeichnet
- ☐ sehr gut
- ☐ Gut
- ☐ weniger gut
- ☐ Schlecht

B2 Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark? (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Antwort an)

Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt	Tätigkeit
☐	☐	☐	mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen
☐	☐	☐	mehrere Treppenabsätze steigen

B3 Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Antwort an)

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| ja | nein | Schwierigkeiten |
| ☐ | ☐ | Ich habe weniger geschafft, als ich wollte |
| ☐ | ☐ | Ich konnte nur bestimmte Dinge tun |

B GESUNDHEITSBEZOGENE ANGABEN

B4 Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlen)?

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile nur eine Antwort an)

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--|
| ja | nein | Schwierigkeiten |
| ☐ | ☐ | Ich habe weniger geschafft, als ich wollte |
| ☐ | ☐ | Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten |

B5 Inwieweit haben Sie Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeit zu Hause und im Beruf behindert?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Antwort an)

- ☐ Überhaupt nicht
- ☐ Etwas
- ☐ Mäßig
- ☐ Ziemlich
- ☐ Sehr

B6 In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen ...

(Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Antwort an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).

Immer	meistens	ziemlich oft	manchmal	selten	nie	Befinden
☐	☐	☐	☐	☐	☐	... ruhig und gelassen?
☐	☐	☐	☐	☐	☐	... voller Energie?
☐	☐	☐	☐	☐	☐	... entmutigt und traurig?

B7 Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandte usw.) beeinträchtigt?

(Bitte kreuzen Sie nur eine Antwort an)

- ☐ Immer
- ☐ Meistens
- ☐ Manchmal
- ☐ Selten
- ☐ Nie

B8 Sind Sie Raucher?

- ☐ Nein
☐ Ja

B9 Wie oft trinken Sie Alkohol?

- ☐ Nie
☐ Nicht mehr als 300ml Bier / 200ml Wein pro Tag
☐ Mehr als die oben genannte Menge

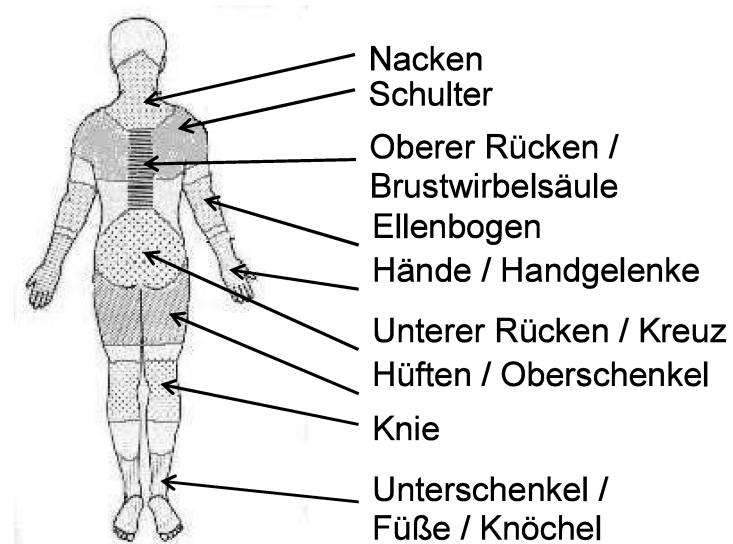
C BESCHWERDEN AM STÜTZ- UND BEWEGUNGSAPPARAT

In den nächsten Fragen sollen Sie angeben, ob Sie in einem bestimmten Körperbereich schon einmal Schmerzen oder Beschwerden hatten. Die Körperregionen, die auf den nächsten Seiten abgefragt werden, wurden in der unten abgebildeten kleinen Figur eingezeichnet.

Die Grenzen zwischen den Körperregionen können auch ineinander übergehen. Sie entscheiden bitte selbst, welche Körperbereiche betroffen sind.

Unter Schmerzen sind sowohl punktförmige und eng begrenzte Schmerzen bis hin zu nicht genau lokalisierbaren und nicht genau beschreibbaren Schmerzempfindungen in den angegebenen Körperregionen zu verstehen.

Bitte berücksichtigen Sie auch Schmerzen, wenn Sie in einen anderen Körperbereich (z.B. ein Ischias-Schmerz) ausstrahlen! In Zweifelsfällen versuchen Sie bitte die am meisten zutreffende Antwort zu geben



C ALLGEMEINE ANGABEN ZU BESCHWERDEN IM MUSKEL-SKELETT-SYSTEM

C1 Hatten Sie während der letzten 12 Monate zu irgendeiner Zeit Beschwerden oder Schmerzen in folgenden Körperregionen?

Diese beiden Spalten sind nur zu beantworten, wenn die Fragen in der 1. Spalte (links) mit „Ja“ beantwortet wurden.

Waren Sie wegen der Beschwerden in den letzten 12 Monaten irgendwann nicht in der Lage, Ihre normale Arbeit zu tun (beruflich, zu Hause oder Freizeitbeschäftigungen)?

Hatten Sie während der letzten 7 Tage irgendwann Beschwerden?

1. Nacken

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

2. Schulterregion

☐ Nein ☐ Ja, rechts
☐ Ja, links
☐ Ja, beidseits

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

3. Ellenbogenregion

☐ Nein ☐ Ja, rechts
☐ Ja, links
☐ Ja, beidseits

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

4. Handgelenke / Hände

☐ Nein ☐ Ja, rechts
☐ Ja, links
☐ Ja, beidseits

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

5. Oberer Rücken / Brustwirbelsäule

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

6. Unterer Rücken (Kreuz)

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

7. Ein oder beide Hüften / Oberschenkel

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

8. Ein oder beide Knie

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

9. Ein oder beide Knöchel / Füße

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

☐ Nein ☐ Ja

D ANGABEN ZUR ARBEIT UND TÄTIGKEIT

D1 Derzeitige Arbeitsfähigkeit im Vergleich zu der besten, je erreichten Arbeitsfähigkeit. Wenn Sie Ihre beste, je erreichte Arbeitsfähigkeit mit 10 Punkten bewerten: Wie viele Punkte würden Sie dann für Ihre derzeitige Arbeitsfähigkeit geben? (0 bedeutet, dass Sie derzeit arbeitsunfähig sind)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Völlig arbeitsunfähig					Derzeit die beste Arbeitsfähigkeit					

D2 Arbeitsfähigkeit in Bezug auf die Arbeitsanforderungen:

a) Wie schätzen Sie Ihre derzeitige Arbeitsfähigkeit in Bezug auf die körperlichen Arbeitsanforderungen ein?

Sehr gut Eher gut mittelmäßig Eher schlecht Sehr schlecht

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

D3 Arbeitsfähigkeit in Bezug auf die Arbeitsanforderungen:

b) Wie schätzen Sie Ihre derzeitige Arbeitsfähigkeit in Bezug auf die psychischen Arbeitsanforderungen ein?

Sehr gut Eher gut mittelmäßig Eher schlecht Sehr schlecht

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

D ANGABEN ZUR ARBEIT UND TÄTIGKEIT

D4 Anzahl der aktuellen ärztlich diagnostizierten Krankheiten: Kreuzen Sie bitte in der folgenden Liste Ihre Krankheiten oder Verletzungen an. Geben Sie bitte auch an, ob ein Arzt diese Krankheiten diagnostiziert oder behandelt hat.

eigene Diagnose	Diagnose vom Arzt	liegt nicht vor	
☐	☐	☐	Unfallverletzungen (z.B. des Rückens, der Glieder, Verbrennungen)
☐	☐	☐	Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems von Rücken, Gliedern oder anderen Körperteilen (z.B. wiederholte Schmerzen in Gelenken oder Muskeln, Ischias, Rheuma, Wirbelsäulenerkrankungen)
☐	☐	☐	Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z.B. Bluthochdruck, Herzkrankheit, Herzinfarkt)
☐	☐	☐	Atemwegserkrankungen (z.B. wiederholte Atemwegsinfektionen, chronische Bronchitis, Bronchialasthma)
☐	☐	☐	Psychische Beeinträchtigungen (z.B. Depressionen, Angstzustände, chronische Schlaflosigkeit, psychovegetatives Erschöpfungssyndrom)
☐	☐	☐	Neurologische und sensorische Erkrankungen (z.B. Tinnitus, Hörschäden, Augenerkrankungen, Migräne, Epilepsie)
☐	☐	☐	Erkrankungen des Verdauungssystems (z.B. der Gallenblase, Leber, Bauchspeicheldrüse, Darm)
☐	☐	☐	Erkrankungen im Urogenitaltrakt (z.B. Harnwegsinfektionen, gynäkologische Erkrankungen)
☐	☐	☐	Hautkrankheiten (z.B. allergischer Hautausschlag, Ekzem)
☐	☐	☐	Tumore / Krebs
☐	☐	☐	Hormon- / Stoffwechselerkrankungen (z.B. Diabetes, Fettleibigkeit, Schilddrüsenprobleme)
☐	☐	☐	Krankheiten des Blutes (z.B. Anämie)
☐	☐	☐	Angeborene Leiden / Erkrankungen
☐	☐	☐	Andere Leiden oder Krankheiten: _____

(bitte eintragen)

D5 Geschätzte Beeinträchtigung der Arbeitsleistung durch die Krankheiten: Behindert Sie derzeit eine Erkrankung oder Verletzung bei der Arbeit?

(Falls nötig, kreuzen Sie bitte mehr als eine Antwort-Möglichkeit an)

- ☐ Keine Beeinträchtigung / Ich habe keine Erkrankung
- ☐ Ich kann meine Arbeit ausführen, habe aber Beschwerden
- ☐ Ich bin manchmal gezwungen, langsamer zu arbeiten oder meine Arbeitsmethoden zu ändern
- ☐ Ich bin oft gezwungen, langsamer zu arbeiten oder meine Arbeitsmethoden zu ändern
- ☐ Wegen meiner Krankheit bin ich nur in der Lage Teilzeitarbeit zu verrichten
- ☐ Meiner Meinung nach bin ich völlig arbeitsunfähig

D ANGABEN ZUR ARBEIT UND TÄTIGKEIT

D6 Krankenstand im vergangenen Jahr: Wie viele ganze Tage blieben Sie auf Grund eines gesundheitlichen Problems (Krankheit, Gesundheitsvorsorge oder Untersuchung) im letzten Jahr (12 Monate) der Arbeit fern?

- ☐ überhaupt keinen
- ☐ höchstens 9 Tage
- ☐ 10-24 Tage
- ☐ 25-99 Tage
- ☐ 100-365 Tage

D7 Einschätzung der eigenen Arbeitsfähigkeit in zwei Jahren: Glauben Sie, dass Sie, ausgehend von Ihrem jetzigen Gesundheitszustand, Ihre derzeitige Arbeit auch in den nächsten zwei Jahren ausüben können?

- ☐ unwahrscheinlich
- ☐ nicht sicher
- ☐ ziemlich sicher

D8 Nachfolgend bitten wir Sie, Ihre psychischen Leistungsreserven einzuschätzen: Haben Sie in der letzten Zeit Ihre täglichen Aufgaben mit Freude erledigt?

häufig	eher häufig	manchmal	eher selten	niemals
☐	☐	☐	☐	☐

D9 Waren Sie in letzter Zeit aktiv und rege?

immer	eher häufig	manchmal	eher selten	niemals
☐	☐	☐	☐	☐

D10 Waren Sie in der letzten Zeit zuversichtlich, was die Zukunft betrifft?

ständig	eher häufig	manchmal	eher selten	niemals
☐	☐	☐	☐	☐

E ANGABEN ZUR KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT

Ich werde Sie nun dazu befragen, wie viel Zeit Sie in einer **gewöhnlichen Woche** mit verschiedenen körperlichen Aktivitäten verbringen. Bitte beantworten Sie diese Fragen selbst dann, wenn Sie sich selbst nicht für eine körperlich aktive Person halten.

Denken Sie zuerst über die Zeit nach, während der Sie arbeiten. Schließen Sie dabei all die Aufgaben ein, die Sie erledigen müssen, wie bezahlte und unbezahlte Arbeit, studieren/lernen, Aufgaben im Haushalt usw.

Wenn Sie die Fragen beantworten, denken Sie daran, dass "**intensive** körperliche Aktivitäten" diejenigen Aktivitäten sind, die **große Anstrengung** erfordern und daher Atmung und Puls **stark** zunehmen.

"**Moderate** körperliche Aktivitäten" sind solche, die moderate Anstrengung erfordern und zu einer **leichten** Erhöhung der Atmung und des Pulses führen.

E1 *Beinhaltet Ihre Arbeit intensive körperliche Aktivität, bei der Atmung und Puls stark zunehmen, wie (schwere Lasten tragen oder heben, graben oder Bauarbeiten) mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten?*

- ☐ Ja
☐ Nein → Bitte weiter mit E4

E2 *An wie vielen Tagen in einer gewöhnlichen Woche betätigen Sie sich bei der Arbeit körperlich intensiv?*

Anzahl der Tage

E3 *Wie viel Zeit verbringen Sie an einem gewöhnlichen Tag bei der Arbeit mit intensiver körperlicher Aktivität?*

: Stunden : Minuten

E4 *Beinhaltet Ihre Arbeit moderate körperliche Aktivität, bei der Atmung und Puls leicht zunehmen, wie flottes Gehen (oder Tragen leichter Lasten) mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten?*

- ☐ Ja
☐ Nein → Bitte weiter mit E7

E5 *An wie vielen Tagen in einer gewöhnlichen Woche führen Sie bei der Arbeit moderate körperliche Aktivität aus?*

Anzahl der Tage

E6 *Wie viel Zeit verbringen Sie an einem gewöhnlichen Tag bei der Arbeit mit moderater körperlicher Aktivität?*

: Stunden : Minuten

E ANGABEN ZUR KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT

Die nächsten Fragen schließen die körperliche Aktivität bei der Arbeit, die Sie bereits erwähnt haben, aus. Ich möchte Sie nun dazu befragen, wie Sie sich von Ort zu Ort **fortbewegen**, beispielsweise von zu Hause zur Arbeitsstelle, zum Einkaufen usw.

E7 *Gehen Sie zu Fuß oder fahren Sie mit dem Fahrrad, um von einem Ort zum anderen zu kommen, mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten?*

- ☐ Ja
☐ Nein → Bitte weiter mit E10

E8 *An wie vielen Tagen in einer gewöhnlichen Woche gehen Sie zu Fuß oder fahren Sie mit dem Fahrrad, um von einem Ort zum anderen zu kommen, mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten?*

Anzahl der Tage

E9 *Wie viel Zeit investieren Sie an einem gewöhnlichen Tag, um zu Fuß oder mit dem Fahrrad von einem Ort zum anderen zu kommen?*

: Stunden : Minuten

Die nächsten Fragen schließen die körperliche Aktivität bei der Arbeit und zur Fortbewegung, die Sie bereits erwähnt haben, aus.

Ich möchte Sie nun zu Ihrer körperlichen Aktivität und Ihrem Sport während der **Freizeit** befragen.

E10 *Betreiben Sie in der Freizeit intensive körperliche Aktivität oder Sport, bei dem Atmung und Puls stark zunehmen, wie (Laufen oder Fußball) mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten? Wenn ja, welchen Sport?*

- ☐ Nein → Bitte weiter mit E13
☐ Ja

Sportart(en): _____

E11 *An wie vielen Tagen in einer gewöhnlichen Woche betreiben Sie intensive körperliche Aktivität oder Sport in der Freizeit?*

Anzahl der Tage

E12 *Wie viel Zeit investieren Sie an einem gewöhnlichen Tag in der Freizeit in intensive körperliche Aktivität oder Sport?*

: Stunden : Minuten

E ANGABEN ZUR KÖRPERLICHEN AKTIVITÄT

E13 *Betreiben Sie in der Freizeit moderate körperliche Aktivität oder Sport, bei dem Atmung und Puls leicht zunehmen, wie flottes Gehen (Fahrrad fahren, Schwimmen, Volleyball) mit einer Dauer von mindestens 10 Minuten?*

- ☐ Ja
☐ Nein → Bitte weiter mit E16

Sportart(en): _____

E14 *An wie vielen Tagen in einer gewöhnlichen Woche betreiben Sie moderate körperliche Aktivität oder Sport in der Freizeit?*

☐ Anzahl der Tage

E15 *Wie viel Zeit investieren Sie an einem gewöhnlichen Tag in der Freizeit in moderate körperliche Aktivität oder Sport?*

: Stunden : Minuten

Bei der nächsten Frage geht es um die Zeit, die Sie mit **Sitzen** oder **Ruhen** verbringen, bei der Arbeit, zu Hause, zur Fortbewegung oder mit Freunden, zum Beispiel [am Schreibtisch sitzen, mit Freunden zusammensitzen, Auto, Bus, Zug fahren, Karten spielen oder fernsehen]. Die Zeit, die Sie mit schlafen verbringen, sollte ausgeschlossen werden.

E16 *Wie viel Zeit verbringen Sie an einem gewöhnlichen Tag mit Sitzen oder Ruhen?*

: Stunden : Minuten

E17 *Besteht bei Ihnen der Wunsch körperlich/sportlich aktiver zu sein?*

- ☐ Ja
☐ Nein

F ANGABEN ZUR MOTIVATION, VORSCHLÄGE UND ANREGUNGEN

F1 *Was würde Ihnen dabei helfen, sportlich aktiver zu sein (Mehrfachnennung möglich)?*

- ☐ Freunde, die mitmachen
☐ Sportmöglichkeit in der Nähe des Arbeitsplatzes
☐ Finanzielle Belohnung
☐ Niedrigere Krankenversicherungsbeiträge
☐ Persönlicher Coach

Andere Vorschläge: _____

F2 *Welche Vorschläge zur Verbesserung Ihrer Arbeitsbedingungen/Ihres Arbeitsplatzes haben Sie? Bitte notieren Sie.*

VIELEN DANK FÜR IHRE MITARBEIT!

Ihr Team der Abteilung für Sportmedizin

Kugelberg 62

35394 Gießen

<http://www.uni-giessen.de/fbz/fb06/sport/arbe/spomed>

PROBANDEN-INFORMATION

Studienzentrum: Institut für Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Abteilung für Sportmedizin, Kugelberg 62, 35394 Gießen
Studienleitung: Prof. Dr. med. Frank C. Mooren, Tel.: 0641 99 25210
Dr. phil. Christian Pilat, Tel.: 0641 99 25212

Präventionstrainingsprogramm für Schweißer

Sehr geehrte Frau, sehr geehrter Herr,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der von uns vorgesehenen Studie teilzunehmen.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel zu überprüfen, inwiefern ein sportliches Training die körperlichen Belastungen bei Schweißarbeiten zu mindern vermag.

Die Studie, die wir Ihnen hier vorstellen, wurde von der zuständigen Ethikkommission zustimmend bewertet. Es sollen insgesamt 90 Personen an der Studie teilnehmen. Die Studie wird veranlasst und organisiert von Prof. Dr. med. Frank C. Mooren und erhält finanzielle Unterstützung von der Berufsgenossenschaft Holz und Metall sowie von der Firma Abicor-Binzel, Buseck.

Ihre Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Studie also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

1. Warum wird diese Prüfung durchgeführt?

Ein Schweißarbeiter ist bei seiner täglichen Arbeit hohen körperlichen Belastungen ausgesetzt. Dabei spielt eine häufig erforderliche einseitige Körperhaltung eine große Rolle. Hieraus resultieren oftmals Erkrankungen am Bewegungsapparat, die mit Fehlzeiten und hohen Krankheitskosten einhergehen können. Ein gezieltes körperliches Training könnte diesen Erkrankungen vorbeugen und gesundheitserhaltend wirken.

Ziel unserer Studie ist es, ein über einen Zeitraum von 6 Monaten durchgeführtes, speziell für Schweißer entwickeltes Trainingsprogramm, hinsichtlich der Verringerung von muskulären Beanspruchungen beim Schweißen zu überprüfen. Hierdurch könnten langfristig krankheitsbedingte Ausfallzeiten verringert werden.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Im Rahmen dieses Studienvorhabens ist geplant, bei Ihnen zunächst eine umfangreiche Orthopädisch-Arbeitsmedizinische Untersuchung durchzuführen, bei der Ihr allgemeiner Gesundheitszustand sowie Ihre Ausdauer- und Kraftleistungsfähigkeit überprüft wird. Zusätzlich werden Sie eine Schweißfähigkeit von 5 mal 5 Minuten in 3 verschiedenen Positionen simulieren. Hierbei werden Blutdruck, Herzfrequenz, Laktat, muskuläre Aktivität und Ihr subjektives Anstrengungsempfinden gemessen.

Nach dieser Eingangsuntersuchung erfolgt eine 6-monatige Studienphase, welche entweder ein wöchentliches Krafttraining (Gruppe 1), ein wöchentliches Ausdauertraining (Gruppe 2) bzw. kein Training (Gruppe 3) vorsieht. Welcher dieser 3 Gruppen Sie zugewiesen werden, entscheidet ein zuvor festgelegtes Zufallsverfahren, vergleichbar mit dem Werfen einer Münze; dieses wird Randomisierung genannt. Wenn Sie einem der beiden Trainingsprogramme (Gruppe 1 und 2) zugeteilt werden, so ist jeweils eine wöchentliche Trainingshäufigkeit von 2-3mal pro Woche vorgesehen. Die Häufigkeit und Intensität des Trainings wird zu Beginn zunächst geringer gewählt und im Verlauf der 6 Monate schließlich etwas gesteigert. Wenn Sie der dritten Gruppe zugeteilt werden, so erhalten Sie in diesem Zeitraum kein Training. Unabhängig davon, welcher Gruppe Sie zugewiesen wurden, wird nach Ablauf der 6-monatigen Studienphase nochmals eine Abschlussuntersuchung durchgeführt, die genauso verläuft wie die oben beschriebene Eingangsuntersuchung. Für Sie entsteht dabei ein Zeitaufwand von ungefähr jeweils 5 Stunden pro Untersuchung sowie bei Zuteilung in eine der beiden Trainingsgruppen (Gruppe 1 und 2) 2-3mal etwa 1 Stunde pro Woche während des 6-monatigen Trainingsprogramms.

3. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Maßnahmen können mit Risiken behaftet sein. Im Einzelnen handelt es sich um Risiken:

- Bei den Blutentnahmen: Hierbei sind die Risiken vergleichbar zu den Blutentnahmen, die Sie vielleicht schon von Ihrem Hausarzt oder Krankenhaus kennen. Außer einem kurzen Schmerz beim Einstich der Nadel kann es gelegentlich zu einer leichten Einblutung mit nachfolgendem Bluterguss („blauer Fleck“) kommen, der innerhalb weniger Tage verschwindet. Bei ängstlichen Personen mit Neigung zu Kreislaufreaktionen erfolgt die Blutentnahme bevorzugt im Liegen. Andere Risiken der Blutentnahme wie Infektion, Entzündung der Blutgefäße oder Verletzung von benachbartem Gewebe und Nerven infolge des Nadeleinstichs sind sehr selten und bei geschultem Personal so gut wie ausgeschlossen.
- Beim Ausdauerleistungstest: Es ist nicht auszuschließen, dass der im Rahmen dieser Studie durchgeführte Ausdauerleistungstest Ihr Herz-Kreislauf-System überfordert. Dabei kann es zu Übelkeit oder Schwindel kommen. In diesem Fall wird der Test umgehend abgebrochen. Durch Flüssigkeitszufuhr und Ausruhen im Liegen stabilisiert sich der Kreislauf gewöhnlich recht schnell wieder.

Während der gesamten Dauer des Ausdauerleistungstests sind ein Arzt und ein wissenschaftlicher Mitarbeiter anwesend, die den Testablauf permanent überwachen und bei Bedarf sofort eingreifen und die notwendigen Maßnahmen treffen.

4. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Mit dem 6-monatigen individuell zugeschnittenen Trainingsprogramm wird beabsichtigt, die körperliche Fitness und das allgemeine körperliche Wohlbefinden zu verbessern und zudem die körperliche Beanspruchung beim Schweißen zu senken. Weiterhin wird allen teilnehmenden Probanden, also auch denen welche keiner der Trainingsgruppen zugewiesen werden, auf Grundlage Ihrer Untersuchungsergebnisse eine individuelle sportmedizinische Beratung angeboten. Diese ermöglicht es auch den Probanden, welche während der Studie nicht trainieren, nach Abschluss der Studie ein individuell für sie zugeschnittenes Training aufzunehmen. Wir bitten jedoch zu beachten, dass etwaige Kosten, die durch ein Training entstehen könnten, nicht übernommen werden. Die Ergebnisse dieser Studie können außerdem dazu beitragen, die Bedeutung eines speziellen körperlichen Trainings zur Reduktion von gesundheitsschädlichen Belastungen beim Schweißen zu beurteilen.

5. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an dieser Studie?

Durch die Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie entstehen für Sie keine Kosten.

6. Werden mir neue Erkenntnisse während der Studie mitgeteilt?

Sie werden über neue Erkenntnisse, die in Bezug auf diese wissenschaftliche Studie bekannt werden und die für Ihre Bereitschaft zur weiteren Teilnahme wesentlich sein können, informiert. Auf dieser Basis können Sie dann Ihre Entscheidung zur weiteren Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie überdenken.

7. Bin ich während der Studie versichert?

Für das Vorhaben sind Sie über die HDI-Gerling Versicherung AG versichert. Bitte beachten Sie, dass Sie **bei Auftreten einer Gesundheitsschädigung**, wenn sie Folge des Forschungsvorhabens sein könnte, gehalten sind, diesen Schaden dem Versicherer unverzüglich anzuzeigen:

Name und Anschrift der Versicherung:	HDI Gerling Industrie Versicherung AG Niederlassung Düsseldorf Am Schönenkamp 45, 40599 Düsseldorf
Telefon:	0211 7482 292
Fax:	0211 7482 462
Versicherungsnummer:	42 924322 03019
Anmeldenummer:	1105 2013 301

In einem solchen Fall sind Sie zudem gehalten, zweckmäßige Maßnahme zu treffen, die der Aufklärung der Ursache, des Umfangs des eingetretenen Schadens und der Minderung dieses Schadens dienen.

8. Wer entscheidet ob ich aus der wissenschaftlichen Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

9. Was geschieht mit meinen Daten?

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfordert es, dass von Ihnen personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über Ihre Gesundheit, erhoben, aufgezeichnet und verarbeitet werden. Die erhobenen Daten werden für die **wissenschaftliche Auswertung** des Forschungsvorhabens, für die **Überwachung** des Forschungsvorhabens durch die zuständigen Überwachungsbehörden sowie für die **Archivierung** der Forschungsergebnisse verwendet.

Die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Speicherung der Daten unterliegt strengen **gesetzlichen Bestimmungen**, die restriktiv eingehalten werden. Dementsprechend erfolgt eine Weitergabe und Einsichtnahme Ihrer personenbezogenen Daten nur durch die zuständigen Überwachungsbehörden und durch zur Verschwiegenheit verpflichtete Mitarbeiter des Studienzentrums. Im Übrigen unterliegen Ihre Daten den allgemeinen Bestimmungen des **hessischen Datenschutzgesetzes**. Insbesondere eine Veröffentlichung der Daten in wissenschaftlichen Publikationen erfolgt nur, wenn zuvor jeder Bezug zu Ihrer Person durch Verwendung eines anderen Namens, also eines **Pseudonyms**, unkenntlich gemacht worden ist.

10. Was geschieht mit meinen Blutproben?

Ihre Blutproben werden ausschließlich für Laboruntersuchungen im Rahmen dieser Studie verwendet. Etwaiges Restmaterial wird spätestens bei Abschluss der Studie vernichtet.

11. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten Arzt bzw. Wissenschaftler.

12. Hinweise zum Datenschutz

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser wissenschaftlichen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern im Institut für Sportwissenschaft, Abteilung für Sportmedizin der JLU Gießen, aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (also verschlüsselt) an Kooperationspartner oder eine von der Studienleitung beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung weitergegeben werden.

Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich nach Widerruf meiner Einwilligung zur Studienteilnahme das Recht habe, Einsicht in meine bis dahin gespeicherten Daten zu erhalten sowie deren Löschung Daten zu verlangen. Meine bis dahin gespeicherten Daten dürfen nur dann weiter verwendet werden, wenn ich einer weiteren Verwendung zum Zeitpunkt des Widerrufs zustimme.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

Prüfstelle: Institut für Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen,
Abteilung für Sportmedizin, Kugelberg 62, 35394 Gießen
Ärzte: Prof. Dr. med. Frank C. Mooren
Dr. med. Dipl.-Biol. Gabriel Dischereit
Herr Torsten Frech
Wissenschaftler: Dr. phil. Christian Pilat

Präventions-Trainingsprogramm für Schweißler

Einwilligungserklärung

.....
Name des Probanden in Druckbuchstaben

geb. am **Probanden-Nr.**

Ich habe die Probandeninformation über Ziel und Ablauf der Untersuchung sowie studienbedingte Erfordernisse und mögliche Risiken erhalten, gründlich durchgelesen und verstanden. Ich hatte ausreichend Gelegenheit, mich bei dem Versuchsleiter über den Untersuchungshergang zu informieren sowie auftretende Fragen zu stellen. Diese wurden mir von dem Versuchsleiter verständlich beantwortet. Eine Kopie der Probandeninformation habe ich erhalten. Ich hatte ausreichend Zeit, mich für oder gegen eine Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass bei dieser wissenschaftlichen Studie personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der wissenschaftlichen Prüfung teilnehmen.

Mit meiner Unterschrift erkläre ich, dass ich das Vorhaben und die Information verstanden habe und freiwillig an der Studie ausscheiden kann, ohne dass mir persönliche Nachteile entstehen. Auch der Versuchsleiter kann die Studie jederzeit beenden. Die Fragen zu meinem Gesundheitszustand habe ich nach bestem Wissen beantwortet. Mir ist bekannt, dass diese Studie in erster Linie der Wissenserweiterung dient und gegebenenfalls auch keinen persönlichen Vorteil für mich bringen kann.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten unter Einhaltung des Datenschutzgesetzes erhoben, gespeichert und verarbeitet werden. Ich bin darüber informiert, dass alle Untersucher/innen der Verschwiegenheitsverpflichtung nach § 203 StGB unterliegen und die Speicherung und Auswertung meiner studienbezogenen Daten nach gesetzlichen Bestimmungen gemäß § 33 Hessisches Datenschutzgesetz in pseudonymisierter Form erfolgt. Ich bin über die Behandlung der erhobenen Daten und über die Möglichkeit, dass autorisierte Personen der Studie und der zuständigen Ethik-Kommission unter Wahrung der Vertraulichkeit in Originalbefunde Einsicht nehmen, informiert und erkläre mich damit einverstanden.

.....
Name des Probanden Ort, Datum Unterschrift des Probanden

.....
Name des Versuchsleiters Ort, Datum Unterschrift des Versuchsleiters

Trainingsmanual zur Studie

-

„Präventions-Trainingsprogramm für Schweißer“

Aufwärmen

Wie in allen Sportarten, ist auch beim Krafttraining vor Trainingsbeginn ein entsprechendes Aufwärmen erforderlich. Aus körperlichen Leistungs- und Gesundheitsgründen ist vor einer Belastung eine ausreichende Vorbereitung sinnvoll. Oft wird das Aufwärmen unterschätzt, dabei erfüllt es eine Reihe von sehr wichtigen Funktionen. Wichtigsten Funktionen des Aufwärmens nach:



1. Erhöhung der Körperkerntemperatur:
2. Anregung von Herz-Kreislauf-System: Erhöhung der Pulsfrequenz, Blutdrucks, Atemminutenvolumen und der muskulären Durchblutung.
3. Hormonelle Umstellung: Vermehrte Ausschüttung leistungsfördernder Hormone; Adrenalin und Glucagon.
4. Vorbereitung der passiven Strukturen: Erhöhte Produktion der Synovialflüssigkeit, Verbesserte Durchblutung der Gelenksysteme, Erhöhung der Elastizität und Plastizität der kollagenen Fasern.
5. Mentales Einstimmen: Verbesserte Wahrnehmung, sowie Lern- und Leistungsbereitschaft.

Empfehlung:

10 Minuten auf einem Cardio-Gerät. Für Einsteiger des Fitnesstrainings eignet sich ein Crosstrainer oder Ergometer sehr gut, da diese keine zusätzlichen koordinativen Anforderungen haben. Der Widerstand sollte so gewählt werden, dass man leicht ins Schwitzen gerät und sich dabei trotzdem unterhalten kann.

Übung 1: Brustpresse

Vorbereitung:

Auf Sitz setzen, Sitzhöhe so einstellen, dass Brustmitte sich auf Höhe der Handgriffe befindet. Griffe so greifen, dass das Handgelenk gerade ist. Ellenbogen linear zwischen Handgelenken und Schultern ausrichten. Falls vorhanden, Einstiegshilfe nutzen.



Ausführung:

Griff wegdrücken bis die Arme fast gestreckt sind. Zurückführen bis Ellenbogen sich auf Schulterlinie befinden. Wiederholen.

Anmerkung:

Handgelenke so gerade wie möglich halten. Schultern und Rücken verbleiben an der Rückenlehne.

Hauptzielmuskeln:

M. pectoralis/ M. triceps

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Butterfly am Gerät, Bankdrücken an der Multipresse, Butterfly mit Kurzhanteln, Bankdrücken frei (Lang-/ kurzhanteln)

Übungen für zu Hause:

Liegestütz

Bankdrücken mit dem Thera-Band

Butterfly mit Kurzhanteln

Übung 2: Rudermaschine

Vorbereitung: Auf Sitz setzen und Oberkörper gegen Brustpolster legen. Distanz so wählen, dass eine maximale Reichweite möglich ist. Rücken gerade, Brust etwas heraus. Oberen Griffe fassen. Ellenbogen sind auf Schulterhöhe und linear zum Handgelenk.



Ausführung: Griffe zum Körper ziehen. Ellenbogen und Schultern nach hinten ziehen. Ellenbogen bleibt auf Schulterhöhe. Langsam zurückführen, bis die Arme nur noch leicht gebeugt sind (Spannung halten). Wiederholen.

Anmerkung: Brustkorb bleibt am Polster – Rücken gerade. Schulterblätter aktiv nach hinten ziehen.

Hauptzielmuskeln:

Mm. rhomboidei/ M. biceps (M. trapezius/ M. latissimus dorsi)

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Butterfly Reverse (Gerät), Rudern am Seilzug, Reverse Flys am Seilzug oder mit Kurzhanteln.

Übungen für zu Hause:

Rudern mit dem Thera-Band, Reverse Flys mit dem Thera-Band (Kurzhanteln)

Übung 3: Seitheben am Gerät

Vorbereitung: In Gerät setzen, Sitzhöhe so einstellen, dass Schultergelenke und Hebelgelenke auf einer Höhe sind. Oberarme von innen gegen Polster legen, falls vorhanden Handgriffe greifen.



Ausführung: Arme bis parallel zum Boden hochführen. Zurückführen, Oberarme nicht auf dem Brustkorb ablegen – Spannung halten. Wiederholen.

Anmerkung: Ein Anheben oder Oberarme über parallel zum Boden verschiebt die Kraftwirkung von den Schultern in die Nackenmuskulatur.

Hauptzielmuskel:

M. deltoideus

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Schulterpresse, Seitheben am Kabelzug, Seitheben mit Kurzhanteln

Übungen für zu Hause:

Seitheben mit dem Thera-Band, Seitheben mit den Kurzhanteln

Übung 4: Schulterheben mit Kurzhantel

Vorbereitung: Zwei Kurzhanteln mit schulterweisem Griff von oben greifen, aufrecht stehen und die beiden Hanteln seitlich an den Oberschenkeln halten.



Ausführung: Mit gestreckten Armen die Schultern so weit wie möglich Richtung Decke heben und langsam wieder nach unten absenken. Die Ausführung soll eine kreisende Bewegung beschreiben.

Anmerkung: Abwechselnde kreisende Bewegung, je Satz (Vorwärts und Rückwärts)

Hauptzielmuskel:

M. trapezius pars descendens

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

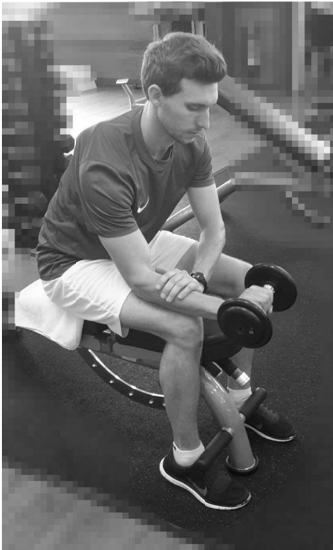
Weiterführende Übungen: Schulterheben mit Langhantel oder am Seilzug

Übungen für zu Hause:

Schulterheben mit dem Thera-Band oder mit Kurzhanteln

Übung 5: Handgelenk Beugen

Vorbereitung: Hantel mit beliebiger Hand greifen und auf Flachbank setzten oder vor Flachbank knien. Unterarm auf Knie oder Bank ablegen. Handgelenk liegt knapp hinter der Knie-/Polsterkante und ist nach unten gebeugt. Handinnenfläche zeigt nach oben.



Ausführung: Handgelenk so weit wie möglich nach oben beugen Zurückführen nach unten und wiederholen.

Hauptziel Muskeln:

Mm. flexores (palmaris)

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

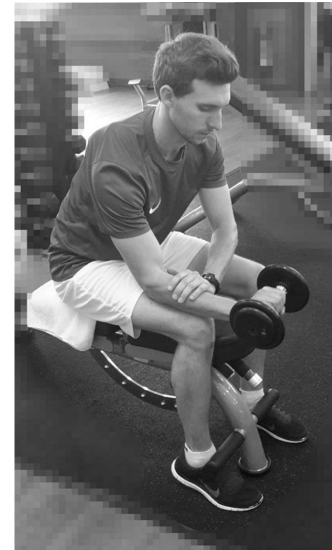
Pause: 1 Minute

Weiterführende Übung: -

Übungen für zu Hause: Handgelenk Beugen mit der Kurzhantel oder mit dem Thera-Band

Übung 6: Handgelenk Strecken

Vorbereitung: Hantel mit beliebiger Hand greifen und auf Flachbank setzten oder vor Flachbank knien. Unterarm auf Knie oder Bank ablegen. Handgelenk liegt knapp hinter der Knie-/Polsterkante und ist nach unten gebeugt. Handinnenfläche zeigt nach oben.



Ausführung: Handgelenk so weit wie möglich hochstrecken. Zurückführen nach unten und wiederholen.

Hauptziel Muskeln:

Mm. extensores (palmaris)

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übung: -

Übungen für zu Hause: Handgelenk Strecken mit der Kurzhantel oder mit dem Thera-Band

Übung 7: Außenrotation

Vorbereitung: Kabelzug ca. auf Höhe der Taille einstellen. Seitlich zum Kabelzug stehen und Griff mit der entfernten Hand greifen. Ellenbogen 90° angewinkelt nah an der Körperseite und den Unterarm vor dem Bauch halten.



Ausführung: Oberarm nach außen drehen und Griff weg vom Kabelzug bewegen. Ellenbogen verbleibt in Position. Zurückkehren und wiederholen. Umdrehen und mit anderer Seite fortfahren.

Anmerkung: Ellenbogen bleibt möglichst eng an Brustkorb

Hauptzielmuskeln:

M. infraspinatus M. supraspinatus & M. teres minor

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: -

Übungen zu Hause: Außenrotation mit dem Thera-Band

Übung 8: Innenrotation

Vorbereitung: Kabelzug ca. auf Höhe der Taille einstellen. Seitlich zum Kabelzug stehen und Griff mit der nahen Hand greifen. Ellenbogen 90° angewinkelt nah an der Körperseite und den Unterarm in Richtung Kabelzug halten.



Ausführung: Oberarm nach innen drehen und Griff weg vom Kabelzug bewegen bis sich der Unterarm vor dem Bauch befindet. Ellenbogen verbleibt in Position. Zurückkehren und wiederholen. Umdrehen und mit anderer Seite fortfahren.

Anmerkung: Ellenbogen bleibt möglichst eng an Brustkorb

Hauptzielmuskeln:

M. subscapularis

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Übungen zu Hause: Innenrotation mit dem Thera-Band

Übung 9: Beinstrecken

Vorbereitung: In Gerät setzen und Rückenlehne so einstellen, dass Kniegelenke und Hebelgelenk in einer Linie liegen. Füße hinter Fußpolster klemmen und Handgriffe greifen.



Ausführung: Beine Strecken, jedoch nicht komplett durchstrecken. Nach Erreichen der Endposition, langsam wieder in Ausgangsposition zurück, ohne dass das Gewicht aufgesetzt wird.

Hauptziel Muskeln:

M. quadriceps femoris

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Beinpresse, Kniebeugen an der Multipresse, freie Kniebeuge

Übungen für zu Hause: Kniebeugen, Ausfallschritte

Übung 10: Beinbeugen

Vorbereitung: In Gerät setzen und Rückenlehne so einstellen, dass sich Kniegelenke und Hebelgelenk auf einer Linie befinden. Unterschenkel auf Hebelpolster ablegen, Oberschenkel fixieren.



Ausführung: Beine beugen, um Hebel Richtung Gesäß zu ziehen. Zurückführen, Beine leicht gebeugt lassen. Wiederholen.

Hauptziel Muskeln:

Mm. ischiocrurales

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Beinpresse, Kniebeugen an der Multipresse, freie Kniebeuge

Übungen für zu Hause: Kniebeugen, Ausfallschritte

Übung 11: Bauchmuskulatur

Vorbereitung: In Gerät setzen, Rücken gegen Polster lehnen und Füße unter Rolle klemmen. Griffe über den Schultern von außen greifen.



Ausführung: Bauch anspannen und Oberkörper nach unten rollen. Gleichzeitig Hüfte leicht beugen. Ellenbogen so weit wie mögliche Richtung Knie bewegen. Etwas zurückführen, Bauchspannung beibehalten. Wiederholen.

Anmerkung: Nicht zu weit nach hinten in eine Überstreckung gehen

Hauptziel Muskeln:
Mm. abdominis

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

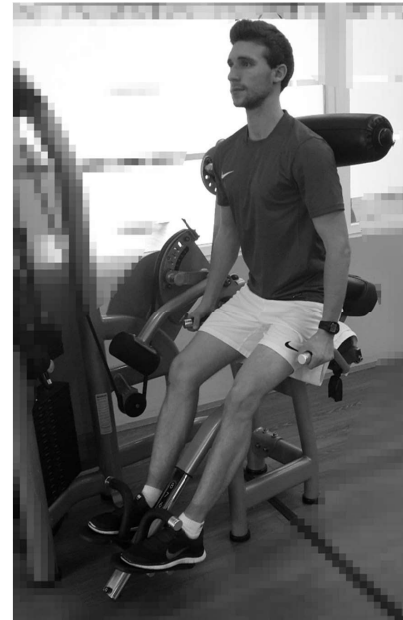
Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Crunches auf der Matte, Sit-ups

Übungen für zu Hause: Crunches auf der Matte, Sit-ups

Übung 12: Rückenstrecker

Vorbereitung: Auf Sitz setzen, geraden Rücken auf Höhe der Schulterblätter gegen Rückenpolster/Rolle lehnen. Beine leicht beugen. Winkel so einstellen, dass eine maximale Bewegungsamplitude möglich ist. Aufrecht sitzen und nach vorne schauen, Brust raus.



Ausführung: Hüfte beugen um nach vorn zu lehnen. Rücken gerade halten. Rolle zurückdrücken, Wiederholen. Beine gegen Plattform drücken um Hüfte in Position zu halten

Anmerkung: Bewegung nach hinten, nicht zu weit. Lediglich geringfügig in eine Überstreckung gehen.

Hauptziel Muskeln:
M. erector spinae

Anzahl/ Wiederholungen: 20-25 pro Übung und Seite

Sätze: 3

Pause: 1 Minute

Weiterführende Übungen: Rückenstrecker frei (Hyperextension), Kreuzheben

Übungen für zu Hause: Körperheben in Bauchlage, Schulterbrücke

Phase 1
Wochen 1-12

Trainingsplan für: Allgemeine Hinweise

Name:

Freie Auswahl des Wochentages, bitte jedoch beachten: mindestens 24 Std., besser 48 Std. Pause zwischen den Trainingseinheiten. Die Wiederholungszahlen und Gewichte sind Richtwerte. Wichtiger ist eine korrekte Übungsausführung. Nie ruckartige Bewegungen, besser langsam und kontrolliert. Bitte stets weiter ruhig atmen. Kein Training bei Krankheit, Unwohlsein oder Fieber!

Reihenfolge	Übung (Nummer des Geräts)	Einstellung Gerät	Sätze	Wiederholungen pro Satz	Gewicht (kg)	Kommentar
1	Aufwärmen am Crosstrainer: Widerstand so einstellen, so dass man leicht ins Schwitzen gerät und sich dabei trotzdem unterhalten kann <u>10-12 min</u>					
2	Brustpresse	Sitz	3	20-25		
3	Rudermaschine	Sitz	3	20-25		
		Brustpolster				
4	Schulterheben mit Kurzhanteln		3	20-25		
5	Seithebemaschine	Sitz	3	20-25		
6	Schulter-Außenrotation (Seilzug)	Lochhöhe	3	15-20		
7	Schulter-Innenrotation (Seilzug)	Lochhöhe	3	20-25		
8	Handgelenk beugen mit Kurzhantel		3	20-25		
9	Handgelenk strecken mit Kurzhantel		3	20-25		
10	Beinstrecker	Hebel	3	20-25		
		Polster				
11	Beinbeugen	Hebel	3	20-25		
		Polster				
12	Bauchmuskemaschine		3	20-25		
13	Rückenstrecker	Polster	3	20-25		
		Hebel				

Phase 2
Wochen 12-24

Trainingsplan für: Allgemeine Hinweise

Name:

Freie Auswahl des Wochentages, bitte jedoch beachten: mindestens 24 Std., besser 48 Std. Pause zwischen den Trainingseinheiten. Die Wiederholungszahlen und Gewichte sind Richtwerte. Wichtiger ist eine korrekte Übungsausführung. Nie ruckartige Bewegungen, besser langsam und kontrolliert. Bitte stets weiter ruhig atmen. Kein Training bei Krankheit, Unwohlsein oder Fieber!

Reihenfolge	Übung (Nummer des Geräts)	Einstellung	Gerät	Sätze	Wiederholungen pro Satz	Gewicht (kg)	Kommentar
1	Aufwärmen am Crosstrainer: Widerstand so einstellen, so dass man leicht ins Schwitzen gerät und sich dabei trotzdem unterhalten kann <u>10-12 min</u>						
2	Brustpresse	Sitz		3	10-15		
3	Rudermaschine	Sitz		3	10-15		
		Brustpolster					
4	Schulterheben mit Kurzhanteln			3	10-15		
5	Seithebemaschine	Sitz		3	10-15		
6	Schulter-Außenrotation (Seilzug)	Lochhöhe		3	10-15		
7	Schulter-Innenrotation (Seilzug)	Lochhöhe		3	10-15		
8	Handgelenk beugen mit Kurzhantel			3	10-15		
9	Handgelenk strecken mit Kurzhantel			3	10-15		
10	Beinstrecker	Hebel		3	10-15		
		Polster					
11	Beinbeugen	Hebel		3	10-15		
		Polster					
12	Bauchmuskelmachine			3	10-15		
13	Rückenstrecker	Polster		3	10-15		
		Hebel					

Phase 1
Wochen 1-12

Trainingsplan für: Name

Allgemeine Hinweise:

Freie Auswahl der Wochentage, bitte jedoch beachten: mindestens 24 Std., besser 48 Std. Pause zwischen den Trainingseinheiten. Bitte stets ausreichend trinken. **Kein Training bei Krankheit, starkem Unwohlsein oder Fieber!**

Woche

	Trainingseinheit 1		durchgeführt		Trainingseinheit 2		durchgeführt		Trainingseinheit 3		durchgeführt		eigene Anmerkungen/ Notizen
	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	
1	30	GA1:			30	GA1:			20	GA2:			
2	30	GA1:			30	GA1:			20	GA2:			
3	30	GA1:			30	GA1:			20	GA2:			
4	30	GA1:			30	GA1:			20	GA2:			
5	35	GA1:			35	GA1:			20	GA2:			
6	35	GA1:			35	GA1:			20	GA2:			
7	35	GA1:			35	GA1:			20	GA2:			
8	35	GA1:			35	GA1:			20	GA2:			
9	40	GA1:			40	GA1:			20	GA2:			
10	40	GA1:			40	GA1:			20	GA2:			
11	40	GA1:			40	GA1:			20	GA2:			
12	40	GA1:			40	GA1:			20	GA2:			

Phase 2
Wochen 13-24

Trainingsplan für: Name

Allgemeine Hinweise:

Freie Auswahl der Wochentage, bitte jedoch beachten: mindestens 24 Std., besser 48 Std. Pause zwischen den Trainingseinheiten. Bitte stets ausreichend trinken. **Kein Training bei Krankheit, starkem Unwohlsein oder Fieber!**

Woche

	Trainingseinheit 1		durchgeführt		Trainingseinheit 2		durchgeführt		Trainingseinheit 3		durchgeführt		eigene Anmerkungen/ Notizen
	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	Dauer (min)	Herzfrequenz	ja	nein	
1	30	GA2:			40	GA1:			30	GA2:			
2	30	GA2:			40	GA1:			30	GA2:			
3	30	GA2:			40	GA1:			30	GA2:			
4	30	GA2:			40	GA1:			30	GA2:			
5	35	GA2:			40	GA1:			35	GA2:			
6	35	GA2:			40	GA1:			35	GA2:			
7	35	GA2:			40	GA1:			35	GA2:			
8	35	GA2:			40	GA1:			35	GA2:			
9	40	GA2:			40	GA1:			40	GA2:			
10	40	GA2:			40	GA1:			40	GA2:			
11	40	GA2:			40	GA1:			40	GA2:			
12	40	GA2:			40	GA1:			40	GA2:			

PROBANDEN-INFORMATION

Studienzentrum: Institut für Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Abteilung für Sportmedizin, Kugelberg 62, 35394 Gießen
Studienleitung: Prof. Dr. med. Frank C. Mooren, Tel.: 0641 99 25210
Dr. phil. Christian Pilat, Tel.: 0641 99 25213

Vergleich der Beanspruchung beim Schweißen durch Schweißbrenner unterschiedlicher Ergonomie

Sehr geehrte Frau, sehr geehrter Herr,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der von uns vorgesehenen Studie teilzunehmen.

Die vorliegende Studie hat zum Ziel zu überprüfen, inwiefern die Ergonomie, also die Handhabbarkeit, unterschiedlicher Schweißbrenner die körperlichen Beanspruchungen bei Schweißarbeiten beeinflusst.

Es sollen insgesamt 30 Personen an der Studie teilnehmen. Die Studie wird veranlasst und organisiert von Prof. Dr. med. Frank C. Mooren.

Ihre Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Studie also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Ein Schweißarbeiter ist bei seiner täglichen Arbeit hohen körperlichen Belastungen ausgesetzt. Das Gewicht des Schweißbrenners sowie eine häufig erforderliche einseitige und statische Körperposition stellen eine große Belastung für den aktiven und passiven Bewegungsapparat dar. Hieraus resultieren oftmals Erkrankungen am Bewegungsapparat, die mit Fehlzeiten und hohen Krankheitskosten einhergehen können. Eine Reduzierung der Arbeitslast könnte diesen Erkrankungen vorbeugen und gesundheitserhaltend wirken.

Ziel unserer Studie ist es, den Einfluss des Gewichtes und der Handhabbarkeit von zwei unterschiedlichen Schweißbrennern auf die Beanspruchung des Bewegungsapparates und des Herz-Kreislauf-Systems sowie auf die Qualität der geleisteten Arbeit zu untersuchen.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Im Rahmen dieses Studienvorhabens ist geplant, dass Sie insgesamt dreimal im Studienzentrum erscheinen. Der gesamte Zeitaufwand beträgt ca. 6 Stunden. Beim ersten Termin wird bei Ihnen zunächst eine kurze ärztliche Untersuchung durchgeführt, bei der die Unbedenklichkeit zur Teilnahme an dieser Studie überprüft wird. Weiterhin findet an diesem Termin die Einweisung in ein virtuelles Schweiß-Trainer-System statt. Anschlie-

ßend erfolgen die Untersuchungen in einem sogenannten „Cross-Over Design“. Dies bedeutet für Sie, dass die Studie an zwei unterschiedlichen Tagen, in einem Abstand von mindestens 24 Stunden und maximal 2 Wochen stattfindet. An diesen beiden Tagen werden Sie zwei unterschiedliche Schweißpositionen über eine Dauer von jeweils 4 mal 2 Minuten einnehmen wobei an den beiden Tagen zwei unterschiedliche Schweißbrenner zur Anwendung kommen. Welcher Bedingung Sie zuerst zugewiesen werden, wird vorab per Zufall ermittelt.

Im Rahmen des Schweiß-Experimentes werden Blutdruck, Herzfrequenz, muskuläre Aktivität und Ihr subjektives Anstrengungsempfinden gemessen. Weiterhin werden Sie während der Dauer des Schweiß-Experimentes mit einer Videokamera aufgezeichnet, da Ihre Körperhaltung zu einem späteren Zeitpunkt analysiert wird. Vor und nach dem Schweiß-Experiment absolvieren Sie jeweils eine Kraftmessung Ihrer Schulter-, Ober- und Unterarm-Muskeln sowie eine Untersuchung der Muskelermüdung per sogenannter "Tensiomyographie" (TMG). Hierbei wird per Elektrostimulation der soeben beschriebenen Muskelgruppen eine Kontraktion ausgelöst.

3. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Keine der vorgenannten Untersuchungen ist mit Schmerzen oder einem Risiko behaftet. Die muskuläre Belastung im Rahmen der Schweiß-Experimente kann unter Umständen zur Ermüdung bzw. Erschöpfung der beteiligten Muskulatur führen. Bei muskulärer Erschöpfung kann die vorgegebene Arbeitshaltung nicht mehr gehalten werden und das Experiment würde sofort unterbrochen.

Durch die Verwendung von selbstklebenden Elektroden im Rahmen der Untersuchung der Muskelbeanspruchung können kleinere Rötungen und/oder Reizungen der Hautstellen hervorgerufen werden, die jedoch unbedenklich sind und rasch (innerhalb von 24 Std.) wieder verschwinden.

Bei Verwendung der TMG kommen Stromstärken von unter 100 mA zum Einsatz, die völlig unbedenklich sind und lediglich als kurzzeitiges "Kribbeln" im betroffenen Muskel wahrgenommen werden.

4. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie voraussichtlich keinen persönlichen Nutzen haben. Falls für Sie relevant, wird die Teilnahme an der Studie mit 6 VPStunden vergütet.

5. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an dieser Studie?

Durch die Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie entstehen für Sie keine Kosten.

6. Werden mir neue Erkenntnisse während der Studie mitgeteilt?

Sie werden über neue Erkenntnisse, die in Bezug auf diese wissenschaftliche Studie bekannt werden und die für Ihre Bereitschaft zur weiteren Teilnahme wesentlich sein können, informiert. Auf dieser Basis können Sie dann Ihre Entscheidung zur weiteren Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie überdenken.

7. Bin ich während der Studie versichert?

Aufgrund der unbedenklichen Studienmaßnahmen liegt für das Vorhaben keine Versicherung vor.

8. Wer entscheidet ob ich aus der wissenschaftlichen Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen. Unter gewissen Umständen ist es aber

auch möglich, dass der Studienleiter entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z.B. sein:

- Ihre Teilnahme ist ärztlich nicht länger vertretbar
- die gesamte Studie wird abgebrochen

9. Was geschieht mit meinen Daten?

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfordert es, dass von Ihnen personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über Ihre Gesundheit, erhoben, aufgezeichnet und verarbeitet werden. Die erhobenen Daten werden für die **wissenschaftliche Auswertung** des Forschungsvorhabens, für die **Überwachung** des Forschungsvorhabens durch die zuständigen Überwachungsbehörden sowie für die **Archivierung** der Forschungsergebnisse verwendet.

Die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Speicherung der Daten unterliegt strengen **gesetzlichen Bestimmungen**, die restriktiv eingehalten werden. Dementsprechend erfolgt eine Weitergabe und Einsichtnahme Ihrer personenbezogenen Daten nur durch die zuständigen Überwachungsbehörden und durch zur Verschwiegenheit verpflichtete Mitarbeiter des Studienzentrums. Im Übrigen unterliegen Ihre Daten den allgemeinen Bestimmungen des **hessischen Datenschutzgesetzes**. Insbesondere eine Veröffentlichung der Daten in wissenschaftlichen Publikationen erfolgt nur, wenn zuvor jeder Bezug zu Ihrer Person durch Verwendung eines anderen Namens, also eines **Pseudonyms**, unkenntlich gemacht worden ist.

10. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten Arzt bzw. Wissenschaftler.

11. Hinweise zum Datenschutz

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser wissenschaftlichen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern im Institut für Sportwissenschaft, Abteilung für Sportmedizin der JLU Gießen, aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (also verschlüsselt) an Kooperationspartner oder eine von der Studienleitung beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung weitergegeben werden.

Ich bin darüber aufgeklärt worden, dass ich nach Widerruf meiner Einwilligung zur Studienteilnahme das Recht habe, Einsicht in meine bis dahin gespeicherten Daten zu erhalten sowie deren Löschung zu verlangen. Meine bis dahin gespeicherten Daten dürfen nur dann weiter verwendet werden, wenn ich einer weiteren Verwendung zum Zeitpunkt des Widerrufs zustimme.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

Studienzentrum: Institut für Sportwissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Abteilung für Sportmedizin, Kugelberg 62, 35394 Gießen
Studienleitung: Prof. Dr. med. Frank C. Mooren, Tel.: 0641 99 25210
Dr. phil. Christian Pilat, Tel.: 0641 99 25213

Vergleich der Beanspruchung beim Schweißen durch Schweißbrenner unterschiedlicher Ergonomie

Einwilligungserklärung

Name des Probanden in Druckbuchstaben

geb. am

Probanden-Nr.

Ich habe die Probandeninformation über Ziel und Ablauf der Untersuchung sowie studienbedingte Erfordernisse und mögliche Risiken erhalten, gründlich durchgelesen und verstanden. Ich hatte ausreichend Gelegenheit, mich bei dem Versuchsleiter über den Untersuchungshergang zu informieren sowie auftretende Fragen zu stellen. Diese wurden mir von dem Versuchsleiter verständlich beantwortet. Eine Kopie der Probandeninformation habe ich erhalten. Ich hatte ausreichend Zeit, mich für oder gegen eine Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass bei dieser wissenschaftlichen Studie personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der wissenschaftlichen Studie teilnehmen.

Mit meiner Unterschrift erkläre ich, dass ich das Vorhaben und die Information verstanden habe und freiwillig an der Studie ausscheiden kann, ohne dass mir persönliche Nachteile entstehen. Auch der Versuchsleiter kann die Studie jederzeit beenden. Die Fragen zu meinem Gesundheitszustand habe ich nach bestem Wissen beantwortet. Mir ist bekannt, dass diese Studie in erster Linie der Wissenserweiterung dient und gegebenenfalls auch keinen persönlichen Vorteil für mich bringen kann.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten unter Einhaltung des Datenschutzgesetzes erhoben, gespeichert und verarbeitet werden. Ich bin darüber informiert, dass alle Untersucher/innen der Verschwiegenheitsverpflichtung nach § 203 StGB unterliegen und die Speicherung und Auswertung meiner studienbezogenen Daten nach gesetzlichen Bestimmungen gemäß § 33 Hessisches Datenschutzgesetz in pseudonymisierter Form erfolgt. Ich bin über die Behandlung der erhobenen Daten und über die Möglichkeit, dass autorisierte Personen der Studie und der zuständigen Ethik-Kommission unter Wahrung der Vertraulichkeit in Originalbefunde Einsicht nehmen, informiert und erkläre mich damit einverstanden.

.....
Name des Probanden

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift des Probanden

.....
Name des Versuchsleiters

.....
Ort, Datum

.....
Unterschrift des Versuchsleiters