

UNIVERSITÄT BASEL | ADVANCED STUDIES

MEDIZINISCHE FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT BASEL

MAS IN FUNCTIONAL KINETIC SCIENCE (MFKSc)

**Nachhaltige Verhaltensergonomie am Industriearbeitsplatz –
am Beispiel des Arbeitsstuhls**

**Erfolgchancen des individuellen Anpassens ergonomischer Arbeitsmittel an
Industriearbeitsplätzen mit repetitiven manuellen Tätigkeiten**

Betreuungsperson: **Beat Göpfert M.Eng.EMBA**
Biomechaniker
Center of Biomechanics, Basel

Verfasserin: **Ulrike Lübbert**

Adresse, Telefonnummer: Kommandantenstr. 90
D - 12205 Berlin

Studiengangsleitung: **Professor Dr. med. Niklaus Friederich**
Facharzt FMH Orthopädische Chirurgie
und Traumatologie des Bewegungsapparates
Sportmedizin SGSM

Andreas M. Bertram

Dipl. Physiotherapeut
Master of Sports Physiotherapy
Certified Instructor Functional Kinetic (CIFK)

Eingereicht am: 07. Juli 2016

ABSTRACT

Einleitung: Dauerhaftes ununterbrochenes Sitzen stellt eine der größten Belastungen unseres Alltags dar. Der Stuhl bietet, optimal an den Nutzer angepasst, Möglichkeiten zur Entlastung. Ergonomisch eingestellte Armlehnen entlasten nachweisbar den Schulter-Nacken-Bereich. Wenn der Nutzer seine unökonomische Gewohnheitshaltung aufgibt, verstärkt das die Entlastung. Das Ziel dieser Studie ist es zu zeigen, dass Präventionsmaßnahmen aus der Verhaltensprävention notwendig sind, um die ergonomische Optimierung der Verhältnisse an den Industriearbeitsplätzen erfolgreich zu nutzen. Die Mitarbeiter sollten durch eine physiotherapeutische Ergonomieberatung angeleitet werden, ein ökonomisches Bewegungsverhalten nach FBL Functional Kinetics Klein-Vogelbach zu lernen, um ihre Arbeitshaltung dauerhaft zu entlasten.

Methodik: 12 Mitarbeiterinnen eines Unternehmens aus der Medizintechnik nahmen an der Studie teil. Untersucht wurde eine repetitive manuelle Tätigkeit, die unter einem Mikroskop ausgeführt wurde. Stuhl, Tisch und Mikroskop waren ergonomisch einstellbar. Die Muskelaktivität von vier Muskeln des Schulter-Arm-Systems wurde auf jeder Körperseite mit Hilfe eines Oberflächen-EMG erfasst. Dabei wurden 5 OEMG-Messungen mit jeder Probandin für zwei Konditionen durchgeführt. Zwei Gruppen mit jeweils 6 Probandinnen wurden gebildet. Die Konditionen für Gruppe 1 waren: *Stuhl mit Armlehnen selbst eingestellt* (Referenzkondition) bzw. *Stuhl mit Armlehnen optimal eingestellt*. Die Konditionen für Gruppe 2 waren: *Stuhl ohne Armlehnen* bzw. *Stuhl mit Armlehnen optimal eingestellt*. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe der Wavelet-Analyse nach v. Tschärner. Für jede Probandin wurde die Wavelettransformation pro Messung und Muskel erstellt. Die Messwerte wurden auf 1000 Werte pro Messung normiert, der Mittelwert über die 5 Versuche pro Zeitpunkt berechnet und die Wavelets über die Messdauer zur Total-Energie des Signals pro Kondition und Muskel aufsummiert. Die Total-Energie pro Probandin wurde auf die jeweilige Referenzkondition gleich 100% normiert.

Resultate: Armlehnen bewirken eine sofortige Entlastung schon bei selbst eingestellten Armlehnen. Das zeigt der Vergleich der Energiemesswerte zwischen einem Stuhl mit Armlehnen und einem Stuhl ohne Armlehnen. Bei einer optimalen ergonomischen Einstellung kommt es zu einer noch deutlicheren Entlastung im Vergleich zu selbst eingestellten Armlehnen. Das zeigen insbesondere die Energiemesswerte des m. trapezius auf der Arbeitsseite. Die Endmesswerte bei einer optimalen ergonomischen Einstellung sind gegenüber den Anfangswerten erhöht, wofür die Reaktion der Muskulatur auf die veränderte ungewohnte Gelenkstellung verantwortlich sein kann. Mit Hilfe der Beobachtungskriterien nach FBL Functional Kinetics

Klein Vogelbach kann gezeigt werden, dass die Einordnung des Kopfes in die Körperlängsachse mit Armlehnen erfolgreicher ist und dadurch ein reaktiver Hypertonus der Schulter-Nacken-Muskulatur auf das Kopfgewicht vermieden werden kann.

Diskussion/Schlussfolgerung: Die Studie bestätigt, dass durch einen Stuhl mit Armlehnen der Mitarbeiter im Schulter-Nacken-Bereich entlastet und somit in seiner Tätigkeit unterstützt wird. Ein zusätzliches Beobachtungsprotokoll zeigt, dass es durch die optimale ergonomische Einstellung zu einem erhöhten Nutzen von Stuhlarmlernen kommt. Weitere Untersuchungen könnten den Nutzen einer Verbindung von Verhältnis- und Verhaltensprävention bestätigen.

ABSTRACT

Introduction: Permanent continuous sitting is one of the greatest burdens of life at work. Good working chairs provide options for relief, if used as designed and customized for the users parameters. Ergonomically adjusted armrests relieve the neck and shoulder area. If the user adopts his habits and attitude to the usage of optimal adjusted work chairs the relief is amplified to maximum discharge.

The aim of this study is to show that behavioral prevention becomes more successful when conditions are ergonomically optimized to with respect to the workers individual parameters. Employees in industry were instructed by a physiotherapist, specialized in ergonomics consulting, following the economic movement behavior guidelines defined by Functional Kinetics as developed by Klein-Vogelbach. The resulting movement behavior was compared with the status before instructions.

Methods: 12 employees of a medtech company volunteered for participation in the study. The investigation was conducted by repetitive manual precision work, carried out using a table top microscope. Chair, armrest, table and microscope were ergonomically adjustable. The muscle activity of 4 distinct muscles of the shoulder and arm system on each side of the body was observed by means of a 16-channel surface EMG. There were 5 SEMG measurements per unit of time and stamina with each volunteer performed for both conditions. There were two groups of 6 people. The terms of observation for the first group (1) were to adjust the chair with armrests themselves (reference condition) as compared to chairs adjusted optimally with armrest. The terms of the second group (2) were chair without armrest, adjusted by the subject, as compared to chair with armrests optimally adjusted by the ergonomics consultant. The evaluation was performed using the wavelet analysis after von Tscharner. For each observation

and subject the wavelet analysis was performed for each muscle. The measured values were normalized to 1000 units per measurement, the average of 5 attempts per time was calculated and thus the total energy of the signal for each condition and muscle formed by the addition of the wavelets over the measurement period. The total energy for each test subject was normalized to the respective reference condition equal to 100%.

Results: Armrests show an immediate relief as compared to observations not using armrests, even if the armrest was not optimally adjusted, as shown by the resulting energy after adjusting the armrest by the subjects themselves in the first group (armrest) as compared to the second group (no armrest). With an optimum ergonomic setting of the chair and armrest an even greater relief was observed as compared to armrests set by the subjects themselves. In particular, the energy readings of m. trapezius on the working side. The final observations at an optimal ergonomic adjustment were increased as compared to the initial values; the reaction of the muscles to the unusual joint position was assumed to be causal for this observation. Using the observation criteria after Functional Kinetics FBL by Klein-Vogelbach it can be shown that the position of the head with respect to the body's longitudinal axis is better with armrests and thus a reactive hypertension of shoulder and neck muscles by the weight of the head can be avoided.

Discussion / Conclusion: As shown by the results of the study a chair with armrests relieves the shoulder and neck area and is thus supporting the workers in their work activities. By way of an optimal ergonomic adjustment the benefits of armrests may be improved, by supporting the behavioral prevention as compared to pure circumstantial prevention.

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS.....	IV
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
TABELLENVERZEICHNIS	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VIII
1 EINLEITUNG	1
2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....	3
3 FORSCHUNGSSTAND UND THEORETISCHER RAHMEN	7
3.1 AKTUELLE RICHTLINIEN FÜR ARBEITSSTÜHLE	10
3.2 FUNKTION EINER ARMLEHNE.....	11
3.3 SCHULTER-NACKEN-ANATOMIE	12
3.4 BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG BEI RMT	14
3.5 MESSMETHODE OBERFLÄCHEN-ELEKTRO-MYOGRAMM	15
3.6 NORMEN	16
3.6.1 KÖRPERMAßE	16
3.6.2 PERCENTILE	17
4 KRITERIEN ZUM EINSTELLEN EINES STUHLES.....	18
4.1 DEFINITION BEOBACHTUNGSKRITERIEN NACH KLEIN-VOGELBACH.....	18
4.2 EBENEN UND ACHSEN	19
4.2.1 EBENEN.....	19
4.2.2 KÖRPERLÄNGSACHSE	20
4.3 KONSTITUTION DES MENSCHEN NACH KLEIN-VOGELBACH	21
4.4 EINSTELLEN EINER STUHLARMLEHNE.....	22
5 METHODISCHES VORGEHEN	23
5.1 SUCHMETHODEN	23
5.2 STUDIENDESIGN UND AUFBAU	23
5.2.1 BESCHREIBUNG DES VERSUCHSARBEITSPLATZES	24
5.2.2 BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN REPETITIVEN MANUELLEN TÄTIGKEITEN.....	24

5.3	VORBEREITUNG DER STUDIE.....	25
5.3.1	FRAGEBOGEN	25
5.3.2	ERHEBUNG DER EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN MITTELS FRAGEBOGEN	25
5.3.3	EIN-/ AUSSCHLUSSKRITERIEN FÜR DIE PROBANDEN.....	26
5.3.4	EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG DER PROBANDEN.....	27
5.4	AUFTEILUNG DER PROBANDEN IN 2 GRUPPEN	27
6	<u>VERSUCHSAUFBAU.....</u>	28
6.1	MESSVERFAHREN.....	28
6.2	DER ARBEITSSTUHL	30
6.3	DER ARBEITSTISCH	30
6.4	DIE EINSTELLUNG DER ARMLEHNEN	31
6.5	BEOBACHTUNGSPROTOKOLL.....	31
7	<u>ERGEBNISSE</u>	32
7.1	MESSBARE ERGEBNISSE	32
7.2	VERGLEICH DER BEIDEN GRUPPEN	32
7.3	HYPOTHESEN ZUR GRUPPE 1.....	34
7.3.1	HYPOTHESE 1	34
7.3.2	HYPOTHESE 2	35
7.3.3	HYPOTHESE 3	35
7.3.4	HYPOTHESE 4	36
7.4	HYPOTHESEN ZUR GRUPPE 2.....	37
7.4.1	HYPOTHESE 5	38
7.4.2	HYPOTHESE 6	38
7.5	HYPOTHESEN ZUM BEOBACHTUNGSPROTOKOLL	39
7.5.1	HYPOTHESE 7	39
7.5.2	HYPOTHESE 8 – NUTZERVERHALTEN	40
7.6	DISKUSSION UND AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE.....	40
7.6.1	DISKUSSION HYPOTHESE 1	41
7.6.2	DISKUSSION HYPOTHESE 2	41
7.6.3	DISKUSSION HYPOTHESE 3	42
7.6.4	DISKUSSION HYPOTHESE 4	42
7.6.5	DISKUSSION HYPOTHESE 5	42
7.6.6	DISKUSSION HYPOTHESE 6	43
7.6.7	DISKUSSION HYPOTHESE 7	43

7.6.8	DISKUSSION HYPOTHESE 8	43
8	<u>FAZIT.....</u>	44
9	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	46
	<u>ANHANG A</u>	49
	<u>SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG.....</u>	51

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABB. 1: NORMARBEITSPLATZ, GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG, VERANTWORTLICH BAUA (HTTP://WWW.GEFAEHRDUNGSBEURTEILUNG.DE/DE/GEFAEHRDUNGSFAKTOREN/PHYSISCH BELASTUNG/ ZWANGSHALTUNG/BILDER/ABB_9.4-3.PNG/VIEW) (LETZTER ABRUF 25.04.2016).....	10
ABB. 2: ANLAGE DER ELEKTRODEN	16
ABB. 3: ABWEICHUNGEN AUS DER KÖRPERLÄNGSACHSE	20
ABB. 4: AUSWAHLKRITERIEN PROBANDEN	26
ABB. 5: VERSUCHSAUFBAU UND ANBRINGUNG DER MESSELEKTRODEN.....	28
ABB. 6: ABLEITPUNKTE FÜR OBERFLÄCHEN-EMG NACH SENIAM 2008	29
ABB. 7: GRUPPE 1, STUHL MIT ARMLEHNEN (NORMIERT AUF ANFANG SELBST)	34
ABB. 8: GRUPPE 2, STUHL OHNE ARMLEHNEN (NORMIERT AUF ANFANG SELBST).....	37
ABB. 9: EINORDNUNG DER KA KOPF UND BRUSTKORB IN DIE KLA, OE = OPTIMAL EINGESTELLT; SE = SELBST EINGESTELLT	39
ABB. 10: ARMAUFLAGE, OE = OPTIMAL EINGESTELLT; SE = SELBST EINGESTELLT	40

TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1: ÜBERSICHT STUDIENAUFBAU	27
TABELLE 2: VERGLEICH 1 – 4	33
TABELLE 3: GRUPPE 2, VERGLEICH 1 UND 2.....	37

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AU	ARBEITS U NFÄHIGKEIT
AU-TAGE	ARBEITSUNFÄHIGKEITSTAGE
BAuA	BUNDESANSTALT FÜR ARBEITSSCHUTZ UND ARBEITSMEDIZIN
BMAS	BUNDESMINISTERIUM FÜR ARBEIT UND SOZIALES
DGUV	DEUTSCHE GESETZLICHE UNFALLVERSICHERUNG
KA	KÖRPER A BSCHNITT
KLA	KÖRPERLÄNGS A CHSE
MSE	MUSKEL-SKELETT-ERKRANKUNGEN
OEMG	OBERFLÄCHEN-ELEKTRO-MYOGRAMM
RMT	REPETITIVE MANUELLE TÄTIGKEITEN
ROI	RETURN ON INVEST
SGB	SOZIAL G ESETZ B UCH
SKV	SUSANNE KLEIN-VOGELBACH
SUGA	Bericht „SICHERHEIT UND GESUNDHEIT BEI DER ARBEIT“

1 EINLEITUNG

Nicht nur im Arbeitsleben, sondern auch im Privatleben hat sich der Mensch zahlreiche selbstschädigende Verhaltensweisen angeeignet. Das Sitzen ist die Begleiterscheinung digitaler Medien und hat heute in allen Lebensräumen Fuß gefasst. Der Mensch hat vielfach seine angeborene ökonomische Haltung zugunsten einer Laissez-faire-Gewohnheitshaltung aufgegeben. Diese Muster zu durchbrechen, hieße für jedes Individuum, seine Gewohnheiten zu verändern und neue Verhaltensweisen zu erlernen. Um dies zu initiieren und gesundheitsförderliche Prozesse im Arbeits- und Privatleben zu installieren, schuf die Bundesregierung durch die Verabschiedung des Präventionsgesetzes einen gesetzlichen Rahmen.

Das Präventionsgesetz - PräVG § 20 war nach 15 Jahren das Ergebnis einer Diskussion zwischen den gesetzlichen Krankenkassen, der Bundesregierung und der gesetzlichen Rentenversicherung (24).

Seit dem Jahr 2000 hatte die Bundesregierung versucht, ein Gesetz zur Stärkung der Gesundheitsförderung und Prävention, das Präventionsgesetz PräVG, auf den Weg zu bringen. Dieser Versuch war 2015 mit der Verabschiedung des Gesetzes und zugleich mit einer Änderung des Fünften Buches Sozialgesetzbuch (SGB) vollzogen (Bundesgesetzblatt Jahrgang 2015 Teil I Nr. 31, ausgegeben zu Bonn am 24. Juli 2015). Das Gesetz beinhaltet die Fürsorge für die persönlichen Lebensbereiche und Ressourcen des Einzelnen. In §20 b Kapitel 6 Abschnitt 1 PräVG werden ausdrücklich der Aufbau und die Stärkung der gesundheitsförderlichen Strukturen in Betrieben angesprochen. Es wird in Artikel 4 sogar eine für die Betriebe weitreichende Änderung des Siebten Buches SGB festgeschrieben. Sprach man bisher dort nur von dem Arbeitsschutzgesetz, so wird nun „die nationale Präventionsstrategie“ nach §§ 20d bis 20f des Fünften Buches SGB mit dem Arbeitsschutzgesetz auf eine Ebene gehoben (24). Nun ist es die Aufgabe zahlreicher Verbände, der Krankenversicherungen und vor allen Dingen des Einzelnen und der Führungskräfte, in Unternehmen die nationale Präventionsstrategie mit Gedanken, Taten und Leben zu füllen.

Durch meine Tätigkeit als physiotherapeutische Ergonomieberaterin in Unternehmen wurde ich darauf aufmerksam, dass die Optimierung der Verhältnisse ohne eine gleichzeitige Optimierung des Verhaltens keine wesentlichen Auswirkungen auf den Gesundheitszustand der Mitarbeiter hatte. Erfolgreich hingegen waren Maßnahmen, die auch auf das Verhalten der Mitarbeiter abzielten und dadurch Verhaltensveränderung bewirkten.

Die vorliegende Arbeit vertritt die These, dass es notwendig ist, die Verhaltens- eng mit der Verhältnisprävention zu verknüpfen. Deshalb sollen die Ergebnisse dieser Untersuchung die Betriebe bestärken, neben einer Verbesserung der technischen Arbeitsbedingungen an Arbeitsplätzen ebenso die Verhaltensergonomie zu fördern. Dies bedeutet, für den Einzelnen ebenso wie für die Führungskräfte und die Beteiligten eines betrieblichen Gesundheitsmanagements einen Rahmen zu schaffen, um diese in die Verantwortung zu nehmen. Insbesondere auch vor dem Hintergrund des demographischen Wandels sollten nicht nur die Verhältnisse in den Unternehmen optimiert werden, sondern ebenso sollte durch verhaltensergonomische Maßnahmen der optimale Umgang mit den Arbeitsmitteln geschult werden.

So können alternde Mitarbeiter¹ im Unternehmen gesund bleiben und langfristig das Unternehmensziel einer gesteigerten Leistungsfähigkeit, wachsender Produktivität und sinkender Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) erreicht werden. Mit dieser Arbeit soll deutlich werden, dass nur der Mitarbeiter selbst durch eigenverantwortliches Handeln seine gesundheitliche Situation nachhaltig verbessern kann. Ein Beispiel für derartiges Handeln ist das in dieser Arbeit diskutierte Einstellen der Armlehnen des Arbeitsstuhls auf die jeweilige Konstitution des Benutzers zur spürbaren Entlastung seiner Schulter-Nacken-Muskulatur. Der Physiotherapeut als Experte für Bewegung und Haltung findet in der Verhaltensergonomie ein breites Aufgabenfeld. Er kann mit Hilfe des Fachgebietes FBL Functional Kinetics Klein-Vogelbach sowohl in der Analyse als auch in der Instruktion an Arbeitsplätzen den Mitarbeiter präventiv zu einem ergonomischen und damit gesundheitsförderlichen Verhalten führen. Damit kann er entscheidend zur Reduzierung der Belastungen an Arbeitsplätzen beitragen.

Bisher gibt es nur wenige Arbeiten, die sich mit der Verknüpfung von Verhältnis- und Verhaltensergonomie in der Prävention beschäftigen, da der wirtschaftliche Erfolg von gemeinsamen Interventionen der Verhältnisergonomie und der Verhaltensergonomie bisher durch Kennzahlen nicht nachgewiesen werden konnte. Da aber die Abnahme der AU-Tage durch Muskelskeletterkrankungen (MSE) trotz Investitionen in Interventionen und Programm zur Gesunderhaltung der Beschäftigten stagniert, ist es wichtig, nach neuen Wegen zu suchen.

¹ Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit immer die männliche Form gewählt. Daher beziehen sich die Angaben auf Angehörige beider Geschlechter.

2 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

Verhaltensergonomie betrifft laut Landau und Pressel das Verhalten des Menschen, der sich die technischen und organisatorischen Verhältnisse durch Einstellung auf seine Individualität wie physische Konstitution, Gesundheit und Arbeitstätigkeit zunutze macht (18). Somit führt die Verhaltensergonomie zu einer besseren Nutzung der Arbeitsplätze (18). Verhältnisergonomie dagegen bezieht sich ausschließlich auf eine ergonomische Anordnung und Beschaffenheit der Verhältnisse wie Arbeitsmittel und Arbeitsumgebung (18). Die Verhaltensergonomie umfasst Maßnahmen, die das Verhalten des Einzelnen verbessern, während die Verhältnisprävention die Verhältnisse der Lebensbereiche Arbeit und Privatleben optimiert.

Im Allgemeinen werden ergonomische Arbeitsmittel dem Mitarbeiter vom Unternehmen zur Verfügung gestellt. Allerdings wird oft versäumt, die optimale individuelle Arbeitshaltung zu ermitteln und die Verhältnisse mit Hilfe von Maßnahmen aus der Verhaltensprävention entsprechend auf den Nutzer einzustellen. Deshalb entsteht keine Verbesserung der Arbeitssituation. Infolgedessen ändert sich nichts an der hohen Anzahl krankheitsbedingter AU-Tage durch Muskel-Skelett-Erkrankungen. Dies bestätigt auch ein Vergleich der jährlich für Deutschland erfassten AU-Tage durch Muskel-Skelett-Erkrankungen über einen Zeitraum von 10 Jahren. Die Anzahl verändert sich verhältnismäßig gering. Muskel-Skelett-Erkrankungen machen heute knapp ein Viertel der AU-Tage aus. Es waren in Deutschland 2013 insgesamt 567,7 Mio. AU-Tage (8). Davon kamen 22,1 % auf MSE. Laut SUGA 2012 ergaben sich im Jahr 2012 insgesamt 521,6 Millionen AU-Tage (8). Im Jahr 2005 entfielen im Vergleich 24,2 % AU-Tage auf MSE, also nicht wesentlich mehr als 2013 (7). Ausgehend von diesem Arbeitsunfähigkeitsvolumen schätzt die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) die volkswirtschaftlichen Produktionsausfälle auf insgesamt 53 Milliarden Euro bzw. den Ausfall an Bruttowertschöpfung auf 92 Milliarden Euro im Jahr (7).

Insbesondere an Arbeitsplätzen mit repetitiven manuellen Tätigkeiten (RMT) sind die Belastungen der Gelenke und des Muskel-Skelett-Systems besonders hoch. Auch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) beschreibt repetitive manuelle Tätigkeiten in der Handlungshilfe für die arbeitsmedizinische Vorsorge als belastend durch die Kombination von Art, Häufigkeit bzw. Dauer und Intensität (10). Sie bergen ein hohes Risiko der Entstehung und Verschlimmerung von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen.

Doch bisher wurden die Auswirkungen von Maßnahmen aus der Verhältnis- oder Verhaltensprävention an Arbeitsplätzen mit RMT in der Literatur nicht beschrieben.

Für die vorliegende Arbeit wurden bei B. Braun Melsungen AG Vascular Systems an Arbeitsplätzen mit RMT die Rückenbeweglichkeit, die Haltung und die Haltungskompetenz der Mitarbeiter untersucht. Die Mehrheit der Mitarbeiter hatte eine eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule und der oberen Extremität und war physisch nicht in der Lage, körpergerecht zu arbeiten. Sie litten in Folge unter starken Schulter-Nacken-Beschwerden. Die Bewegungseinschränkungen führten häufig zu Bewegungsunfähigkeit und Arbeitsausfällen. Die Erklärung liegt in der hohen Beanspruchung des Muskel-Skelett-Systems durch RMT. Die Tätigkeit besteht aus vielfachen, ununterbrochen wiederholten kleinsten Bewegungen des Arm-Hand-Finger-Systems, teilweise Mikrobewegungen bzw. quasistationären Bewegungen. Die obere Extremität mit der Hand ist das entscheidende Werkzeug der Mitarbeiter. Diese quasistationären Bewegungen des Schulter-Arm-Hand-Systems und das nicht körpergerechte Sitzverhalten der Mitarbeiter führten zu vielfältigen Beschwerden wie Rückenschmerzen, Kraftverlust und Missempfindungen in den Extremitäten.

Im Rahmen eines betrieblichen Ergonomie-Programms sollte in dem Medizintechnik-Unternehmen für die RMT eine konsequente ergonomische Gestaltung, wie Kugler sie fordert, begonnen werden (17). Das Unternehmen entschloss sich als erste Konsequenz aus den Ergebnissen der physiotherapeutischen Mitarbeiteruntersuchungen, in die Verhältnisse zu investieren und allen Mitarbeitern einen ergonomischen Arbeitsstuhl zu beschaffen. Die neuen Arbeitsstühle entsprachen dem aktuellen Stand der Technik. Durch variable Einstellmöglichkeiten lassen sich die Stühle den Individualitäten der Beschäftigten anpassen. Die neuen Stühle fördern durch diese vielseitigen Einstellmöglichkeiten, insbesondere durch multifunktionale Armlehnen, die von Suppé postulierte physiologische Haltung der Beschäftigten, die sich durch eine ökonomische Aktivität der Muskulatur auszeichnet (28). Die Abnahme des Armgewichtes führt demnach zu einer konsequenten Entlastung der Schulter-Nacken-Muskulatur. Man versprach sich also von den neuen ergonomischen Stühlen mit Armlehnen genau diesen Effekt. Die ersten Erfolge stellten sich sofort ein, die Schulter-Nacken-Muskulatur wurde bei einer optimalen Einstellung durch einen physiotherapeutischen Ergonomieberater schon nach wenigen Minuten tastbar entspannter. Die Mitarbeiter fühlten sich subjektiv gesundheitlich besser. Maßnahmen aus der Verhaltensprävention sollten die Einführung der Stühle unterstützen. Deshalb bekamen alle Mitarbeiter eine entsprechende Einweisung unter Berücksichtigung anthropometrischer Daten, der repetitiven manuellen Tätigkeiten und auf der Grundlage des funktionellen Status nach Klein-Vogelbach (14). In weiteren Modulen eines Ergonomie-Programms wurde die Einstellung der Armlehnen wiederholt geschult. Außerdem wurde eine konsequente Anpassung an die individuelle Konstitution, Tagesform und Arbeitsweise der Mit-

arbeiter vorgenommen. Die Einstellung des Arbeitsstuhls geschah zunächst durch einen Experten. Die optimale Einstellung des Arbeitsstuhls ist verantwortlich für die Entlastung der Muskulatur und kann deshalb nur dann entscheidend zur Gesundheit der Mitarbeiter beitragen, wenn sie regelmäßig zu Arbeitsbeginn vorgenommen wird. Da dies aus Kostengründen nicht von externen Experten zu leisten ist, muss der Mitarbeiter, der einen neuen Arbeitsstuhl erhält oder, durch den Schichtwechsel bedingt, einen nicht auf sich eingestellten Stuhl übernimmt, vom ersten Gebrauch an die wiederholte Einstellung des Arbeitsmittels erlernen.

Im Fokus dieser Arbeit steht die Verhaltensergonomie. Es soll untersucht werden, ob es einen Einfluss der Verhaltensergonomie auf den Nutzen von Verhältnissen am Arbeitsplatz gibt und wie groß dieser ist. Ziel ist es zunächst, den Erfolg des Einstellens von Armlehnen durch einen physiotherapeutischen Ergonomieberater als verhaltenspräventiven Ansatz zu messen und mit der Einstellung der Armlehnen durch die Mitarbeiter selbst zu vergleichen. Die individuelle Einstellung der Armlehnen wird hier als Präventionsmaßnahme verstanden, die für eine Entlastung der Schulter-Nacken-Muskulatur steht und sich nachhaltig positiv auf die Gesundheit der Mitarbeiter auswirkt.

Im Einzelnen wird hierzu Folgendes untersucht:

1. Ergeben sich muskuloskelettale Auswirkungen, wenn die Armlehnen durch einen physiotherapeutischen Ergonomieberater oder von den Nutzern selbst eingestellt werden?
2. Gesundheitliche Auswirkungen von Stühlen mit bzw. und ohne Armlehnen: ein Vergleich.
3. Gibt es einen Unterschied zwischen einer anfänglichen Entlastung durch Armlehnen und einer Entlastung nach einer Arbeitszeit von 5 Minuten Dieser Vergleich soll sowohl für den Stuhl mit selbst eingestellten Armlehnen als auch für den Stuhl mit optimal von einem physiotherapeutischen Ergonomieberater eingestellten Armlehnen vorgenommen werden.

Am Beispiel des Einstellens von Armlehnen soll zudem grundsätzlich der Stellenwert der Verhaltensergonomie durch einen physiotherapeutischen Ergonomieberater für erfolgreiche Prävention gezeigt werden. Es wird die These vertreten, dass Verhaltensergonomie der entscheidende Faktor ist, um ergonomische Arbeitsmittel zu optimalem Nutzen zu verhelfen. Nur mit Hilfe der Verhaltensergonomie, nämlich des individuellen Einstellens auf die Konstitution des Mitarbeiters und seine Arbeitsaufgabe, entwickeln Armlehnen ihren entlastenden Nutzen. Immer unter der Voraussetzung, dass diese einzelne Maßnahme flankiert wird von weiteren Maßnahmen aus der Verhaltensprävention wie Ausgleichsübungen und Bewegungspausen

und Maßnahmen aus der Verhältnisprävention wie die Bereitstellung ergonomisch verstellbarer Tische und flexibler Arbeitsmittel. Diese Maßnahmen sind durchgehend geprägt von großer Individualität. Dabei wird der Mensch ganzheitlich erfasst und beraten. Dann erst kann er seine Verhältnisse sich und seinen gesundheitlichen Voraussetzungen entsprechend einrichten.

3 FORSCHUNGSSTAND UND THEORETISCHER RAHMEN

Welche Präventionsmaßnahmen gibt es im Bereich der Verhaltens- und Verhältnisergonomie? Wie sehen sie aus? Welche Organisationen und Forschungsstellen beschäftigen sich mit dem Thema?

Wenn man Verhaltens- und Verhältnisergonomie als festen Bestandteil des Präventionsgedankens ansieht, dann erstaunt die geringe Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten, die die Verbindung von Verhaltens- und Verhältnisergonomie untersuchen. Dies mag an dem Nachweis des Nutzens von Maßnahmen zur Verhaltensprävention liegen. Während sich verhältnispräventive Maßnahmen über den Return-on-Invest (ROI), eine Kosten-Nutzen-Rechnung für Investitionen in die Verhältnisse an Arbeitsplätzen, in harten Kennzahlen errechnen lassen, stehen demgegenüber die weichen Kennzahlen für Maßnahmen aus der Verhaltensprävention. Bestenfalls können diese sehr langfristig in sinkenden AU-Zahlen nachgewiesen werden.

Ein nachhaltiges BGM umfasst sowohl verhaltens- als auch verhältnispräventive Maßnahmen. Verhältnisbezogene Maßnahmen zielen auf die Verbesserung des Arbeitsplatzes (rund 95 %) und die Verbesserung von Arbeitsabläufen, aber auch kommunikativer Rahmenbedingungen im Unternehmen ab. Verhaltensbezogene Maßnahmen versuchen in eben diesen optimierten Arbeitsbedingungen Anregungen für gesundheitsgerechteres Verhalten zu geben und Ressourcen zu stärken.

Auch die Arbeitswissenschaften richten ihr Interesse hinsichtlich Prävention auf die Verhältnisergonomie. Ihr Ziel ist die Verbesserung der ergonomischen Verhältnisse, die dem Menschen angepasst werden: Erfassung anthropometrischer Daten, Usability, Sicherheit und der Interaktion Mensch – Maschine. Sie beschäftigen sich mit angewandter Forschung und Entwicklung. So entwickelte die TU Darmstadt eine Datenbank zur Erfassung der arbeitsbezogenen Belastungen, um daraus für die Errichtung eines Arbeitsplatzes und damit für die Verhältnisse an bestehenden Arbeitsplätzen Konsequenzen zu ziehen (22).

Die Unternehmen entdecken in den Krankenkassen und Berufsgenossenschaften Verbündete, um ein betriebliches Gesundheitsmanagement zu implementieren. Im Jahr 2000 installierte die Arbeiterwohlfahrt (AWO) Kreisverband Chemnitz und Umgebung e.V. ein Gesundheitsmanagement für 660 Mitarbeiter mit festen verbindlichen Kommunikationsstrukturen. Die Allgemeine Ortskrankenkasse AOK begleitete das Projekt. Physische und psychische Belastungen wurden gleichwertig behandelt. Die Mitarbeiter wurden einbezogen und wirtschaftliche

und zeitliche Ressourcen wurden zur Verfügung gestellt. Das Bundesministerium für Gesundheit fühlt sich dem Präventionsauftrag der Bundesregierung verpflichtet und vergab 2010 an die AWO den DNGfK-Preis 2010 (Deutsches Netzwerk Gesundheitsfördernder Krankenhäuser). Wenn ein Projekt so im Gesundheitsmanagement des Unternehmens verankert wird, dann bezeichnet Badura dieses als Erfolg und spricht von Institutionalisierung (1).

Mit dem Programm „Pilkington aktiv“ entwickelte das britische Unternehmen Pilkington Group Limited ein Programm zur ganzheitlichen Gesundheitsförderung. Das Pilot des Programms im Werk Weiherhammer zeigte schon nach zwei Jahren erstaunliche Kennzahlen. Die AU-Tage waren um 50 % rückläufig. Ein Erfolgsbaustein ist die Beteiligung aller Bereiche im Unternehmen. Auch ist das Programm heute nach 10 Jahren noch fester Bestandteil der Unternehmenskultur. Inhaltlich wurden die Bausteine von einer Ergonomieexpertin (ErgoPhysConsult®) gemeinsam mit der Personalleitung entwickelt und konsequent umgesetzt (1). Die Bausteine des Programms bestehen aus einer Analyse der Arbeitsplatzsituation, Aktivpausen und einer arbeitsplatzbezogenen Rückenschule. Das Ziel ist es, die Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter zu erhöhen. Der Inhalt der Bausteine soll zu Bewegung motivieren und die Belastungen an den Arbeitsplätzen reduzieren. Maßnahmen der Verhältnisprävention werden durch Maßnahmen aus der Verhaltensprävention begleitet. Die Beschäftigten werden in den Bausteinen aufgefordert, ihr Verhalten zu überprüfen und zu verändern. Das gewohnheitsmäßige Bewegen wird mit der Zeit zu einem ökonomischen Bewegungsverhalten, wenn der Beschäftigte mit Bewusstsein für seine Haltung und Bewegung arbeitet.

Die Zahl der Unternehmen, die Betriebliches Gesundheitsmanagement implementieren, wächst laut Badura et al. stetig (25). Durch die Institutionalisierung mit kontinuierlichen wöchentlichen Wiederholungen zeigt das Ergonomie Programm Nachhaltigkeit und ist wichtiger Bestandteil der Unternehmenskultur.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit repetitiven manuellen Tätigkeiten (RMT), die zu den belastungsintensivsten Tätigkeiten gehören. Sorgatz definiert RMT sind tausendfach hochfrequente Bewegungswiederholungen (26). Das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) definiert in den Arbeitsmedizinischen Regeln RMT wie folgt „Repetitive manuelle Tätigkeiten sind Arbeiten mit den Händen oder Armen, bei denen sich gleichförmige oder ähnliche Arbeitsabläufe ständig wiederholen.“ (3). Durch die hochfrequente Wiederholung der RMT gibt es für die beanspruchte Muskulatur keine Pausen und damit eine nahezu statische Beanspruchung der Muskulatur. „Die Belastung wird insbesondere bestimmt durch die Dauer und Häufigkeit von Handhabungen mit geringem bis großem Kraftaufwand der lokalen Muskulatur, dem Grad der Auslenkung oder Drehung in den Hand- oder Ellenbogengelenken.“ (3).

Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung definiert die Belastungen wie folgt: „Arbeitsplätze sind durch unterschiedliche Kombinationen von Art, Intensität und Dauer bzw. Häufigkeit dieser körperlichen Belastungen gekennzeichnet, aber nicht alle Arbeitsplätze mit körperlichen Belastungen bergen ein besonderes Risiko der Entstehung oder Verschlimmerung von arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen.“ (10).

In der Industrie kommen RMT an Arbeitsplätzen mit gleichförmigen und ähnlichen Feinarbeiten wie Schrauben, Stecken von Kleinteilen, Schneiden u.Ä. vor. Die in dieser Studie beschriebene Tätigkeit ist ein Arbeitsvorgang aus einem komplexeren Arbeitsablauf in der Medizintechnik und findet unter einem Mikroskop im Reinraum statt. Durch RMT dieser Art kommt es zu einer wesentlich erhöhten Beanspruchung der Schultergelenke und der Halswirbelsäule. Der Einsatz des Mikroskops verstärkt zusätzlich die Beanspruchung der oberen Extremität und der Halswirbelsäule. In der vorliegenden Studie wird der Blick auf die Arbeitsmittel und das entlastende ergonomische Verhalten der Mitarbeiter gelenkt. Ergonomische Arbeitsmittel und ein geschultes ergonomisches Verhalten der Mitarbeiter sollen die überbeanspruchten Gelenke der oberen Extremität und der Halswirbelsäule entlasten, denn RMT stellen ein hohes potentiellies Risiko für MSE dar.

Aus physiotherapeutischer Sicht kann Klein-Vogelbach zur Beurteilung der Beanspruchungen des Schultergelenkes durch RMT herangezogen werden. Klein-Vogelbach betrachtet in der funktionellen Beurteilung der Statik, im physiotherapeutischen Status (14), die Abweichungen von der hypothetischen Norm. Diese Abweichungen der Gelenkstellungen von der Norm führen zu einer veränderten Verteilung der körpereigenen Gewichte, die sich auf die passiven und aktiven Strukturen des Bewegungsapparates auswirkt. Beurteilt man das Sitzen während der RMT, beobachtet man eine Abweichung des Kopfes aus der mittleren Frontalebene nach vorn. Diese häufig beobachtete Translation des Kopfes in den oberen Kopfgelenken nach vorn führt zu einem reaktiven Hypertonus der Schultergürtel-Nacken-Muskulatur (z. B. m. trapezius) auf das Kopfgewicht (14). Die Muskulatur des Schulter-Nacken-Systems versucht das Gewicht des Kopfes zu halten. Suppé sieht den Kopf in der Kette der Gewichte als Schlussstein und folgert: „Sein Abweichen aus der Körperlängsachse muss zwangsläufig eine reaktive Hyperaktivität in den darunterliegenden Niveaus hervorrufen.“ (28).

Das Sitzen während der RMT bewirkt häufig auch eine Kyphosierung der Brustwirbelsäule (BWS) und eine Ventralrotation der Clavicula. Klein-Vogelbach spricht von einem Extensionssyndrom des Schultergelenks, das sich häufig im Sitzen zeigt (14).

Die Folge ist eine veränderte Stellung der Scapula auf dem Thorax, und daraus resultiert eine verminderte Stabilisationsfähigkeit des Schultergürtels auf dem Brustkorb (28).

Unter dem Gesichtspunkt der erhöhten Belastung durch RMT während einer 8-Stunden-Schicht bedeutet das, dass der Mitarbeiter bei der Ausführung von RMT darauf angewiesen ist, sein Kopfgewicht in die Körperlängsachse einzuordnen und sein Schultergelenk dynamisch zu stabilisieren, wenn er schmerzfrei arbeiten will.

3.1 AKTUELLE RICHTLINIEN FÜR ARBEITSSTÜHLE

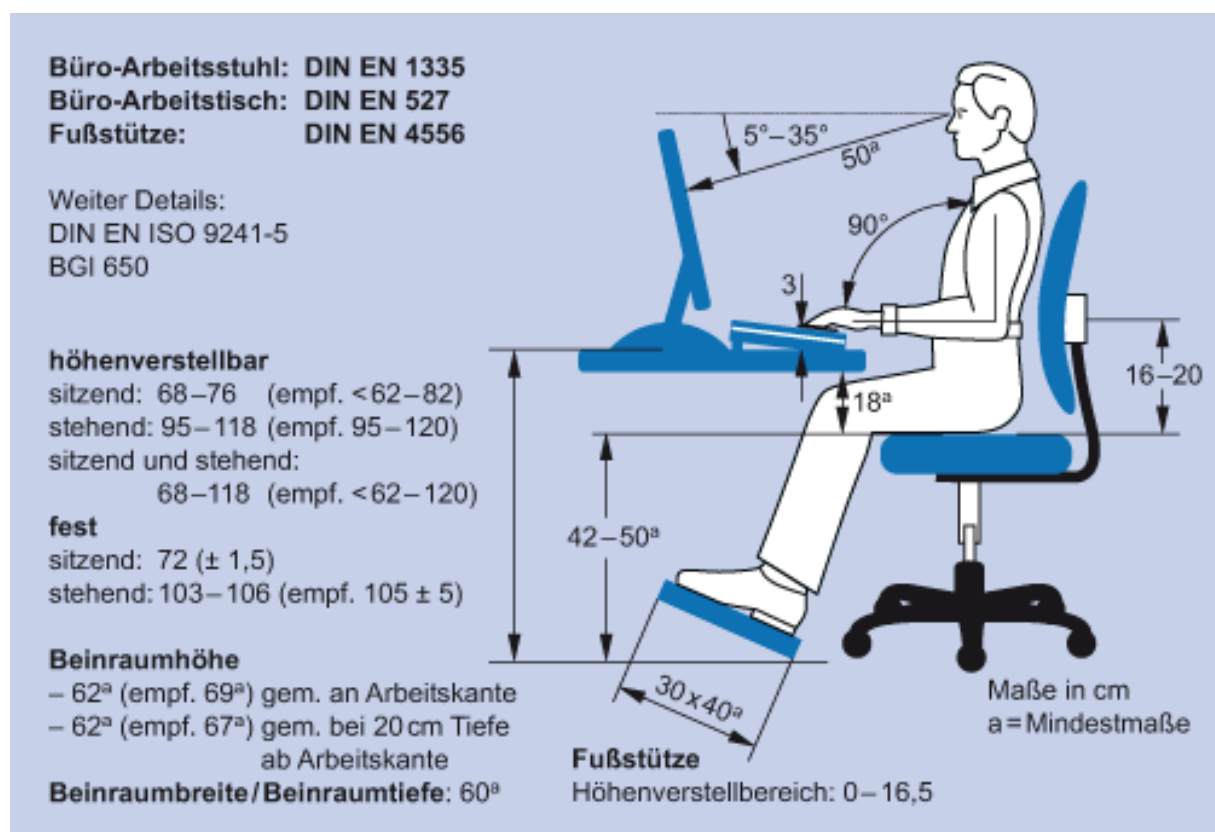


Abb. 1: Normarbeitsplatz, Gefährdungsbeurteilung

Sowohl im Büro als auch im Produktionsbetrieb gehört dauerhaftes ununterbrochenes Sitzen für 90 % der Beschäftigten zum Arbeitsalltag. Die Gestaltung und Sicherheit von Bürostühlen fällt in Deutschland unter die Norm DIN 1335 – 1:2002-08 Büro-Arbeitsstühle. Außerdem finden sich diese Richtlinien auch in den Berufsgenossenschaftlichen Richtlinien GBI 650 (32).

Die BAuA als Bundesoberbehörde des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales hat in ihrer „Auflistung der ergonomischen Anforderung an Büroarbeitsmöbel und Arbeitsmittel“ Armlehnen folgendermaßen definiert: „Armauflagen sind sinnvoll zur Entlastung des Schulter-Nackensbereichs, dürfen aber die Ausübung der Tätigkeiten nicht behindern“. (4).

Allerdings gibt es wenig Übereinstimmung in der Literatur für die Auswahl der für einen Vergleich am besten geeigneten Parameter und vor allem für einen zuverlässigen Vergleich von verschiedenen Bürostühlen. In Produktionsunternehmen wählt in der Regel der Einkauf einen Arbeitsstuhl aus. Ökonomie und die Optik des Stuhls sind oft entscheidende Auswahlkriterien und bestimmen auch die Akzeptanz eines Arbeitsstuhls in der Produktion. Die Anforderungen an die Arbeits-Drehstühle in der Produktion sind in den Regelungen der Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM) z. B. festgehalten als ähnlich denen am Büroarbeitsplatz. So gab es bis 2013 die Regelungen für „Sitzgelegenheiten“ in der Arbeitsstättenrichtlinie (ASRt) 25/1, (6).

Grundsätzlich ist diese heute noch als Richtlinie gültig. Die Norm DIN 68877 betrifft sicherheitstechnische Festlegungen und ergonomische Anforderungen an Arbeits-Drehstühle für die Produktion (5).

Insgesamt ist die Studienlage zu der Beschaffenheit von Arbeitsstühlen hinsichtlich der Reduzierung der Belastungen durch RMT relativ dürftig.

3.2 FUNKTION EINER ARMLEHNE

In den 80er-Jahren gab die BAuA zum Thema „Sitzen in der Produktion“ zahlreiche Veröffentlichungen heraus, darunter auch 1988 eine ausführliche Beschreibung zur Beschaffenheit von Arbeitsstühlen in der Produktion (30). Für das Maß der Stabilität von Armlehnen wurde schon in den ergonomischen Anforderungen der BAuA die Forderung aufgestellt, dass sie das volle Körpergewicht abnehmen sollen (4).

Körpergerecht individuell eingestellte Armlehnen sind dazu geeignet, das Gewicht der Arme abzunehmen. Klein-Vogelbach beschreibt die Reaktion der Muskulatur hinsichtlich dieser Gewichtsabnahme als Aktivitätszustand, der Parkierfunktion: „Je größer die Kontaktfläche des Körpers mit der Unterlage, desto weniger stabilisierende Muskelaktivität ist nötig“ (14).

Im Reinraum in der Medizintechnik sind Stühle mit Armlehnen kein Standard. Die Materialeigenschaften und die Adaptation an den Stuhl stellen Verschmutzungsmöglichkeiten dar und

deshalb sind Stühle mit Armlehnen im Reinraum in der Medizintechnik nur begrenzt einsetzbar.

In der Literatur gibt es keine Studien mit dem Ziel, den Anwendernutzen von Armlehnen zu untersuchen.

Diese Studie geht davon aus, dass Armlehnen entscheidend zu einer physischen Entlastung beitragen. Voraussetzung dafür ist, dass der Mitarbeiter die Armlehnen seines Arbeitsstuhls entsprechend seiner Konstitution einstellt, denn erst dann nehmen die Armlehnen das Eigengewicht der Arme ab. Der Mitarbeiter erkennt diesen Zusammenhang häufig nicht, weil er in einer Gewohnheitshaltung arbeitet, die er nur schwer verlassen kann. Es braucht wiederholte Lernphasen mit Vermittlung des Sachverhaltes, anatomischen und physiologischen Erklärungen, aber vor allen Dingen Wahrnehmungsschulung. Die Wahrnehmungsschulung umfasst die Realisierung der Tätigkeit wie die beteiligten Gelenkstellungen und die Belastungen durch körpereigene Gewichte. Verhaltensprävention vermittelt die Bedürfnisse des Körpers, die Belastungen und Beanspruchungen sowie die technischen Möglichkeiten der Arbeitsmittel. Gelingende Maßnahmen zur Verhaltensprävention beziehen den Mitarbeiter als Spezialisten für seine Bedürfnisse ein. Ziel ist es, dass das Armgewicht während der Arbeitstätigkeit auf der Armlehne abgelegt wird. Wenn dieses erfolgt, dann sind die Körperabschnitte (KA) Kopf und Brustkorb in die Körperlängsachse (KLA) eingeordnet. Die Einordnung und entsprechend die Abweichung des KA Kopf und Brustkorb nach vorn und hinten werden von der Seite als Abweichungen in Bezug auf die mittlere Frontalebene beobachtet. Klein-Vogelbach spricht von der Trennebene des Beobachters, die in ihrer Verlängerung der vertikal stehenden Symmetrieebene der Augen des Beobachters entspricht und den Patienten bzw. Mitarbeiter in eine vordere und hintere Hälfte trennt (14).

3.3 SCHULTER-NACKEN-ANATOMIE

Die Beanspruchung der Muskulatur bei RMT ergibt sich aus der Arbeitshaltung zur Durchführung der Arbeitsaufgabe. Für die Untersuchungen war die Arbeitshaltung vorgegeben. Die 12 Probanden hatten die repetitive Arbeitsaufgabe „Röntgenmarker einfädeln“. Die Probanden sitzen frontal vor ihrer Arbeitsaufgabe. Die Idealthaltung sollte der von Klein-Vogelbach beschriebenen ökonomischen Haltung entsprechen (14).

Der Stuhl ist mit einstellbarer Rückenlehne, Armlehnen und Sitzneigung ausgestattet. Die Probanden kontrollieren das Einfädeln der Röntgenmarker unter einem Mikroskop. In dieser Studie sitzen die Probanden an einem elektrisch höhenverstellbaren Tisch.

Bei dieser RMT sind alle Muskeln des Schulter-Nacken-Bereichs beteiligt. Es wurden mit Oberflächen-Elektro-Myogramm (OEMG) folgende Muskeln untersucht: m. deltoideus pars posterior, m. deltoideus pars anterior, m. trapezius pars transversus, m. infraspinatus.

Hochschild beschreibt den m. deltoideus pars anterior als wichtigsten Muskel des Schultergelenks. Für die Abduktion wirkt er zusammen mit der Rotatorenmanschette (12). Der anteriore Anteil des m. deltoideus und die Rotatorenmanschette helfen gemeinsam bei der Zentrierung des Kopfes in der Gelenkpfanne, die entscheidend ist für die qualitative und quantitative Beweglichkeit des Schultergelenks ist.

Der M. trapezius pars transversus presst die Scapula nach medial-kranial und hilft bei der Fixierung der Scapula am Thorax.

Der m. infraspinatus ist der wichtigste Außenrotator des Armes und zentriert den Humeruskopf. Der kraniale Anteil hilft bei Abduktion des Armes und der kaudale Anteil adduziert den Arm.

Diese beschriebenen vier Muskeln liegen oberflächlich und sind im Verhältnis zu den übrigen Schulter-Arm-Muskeln deutlich zu tasten und gut geeignet für Messungen mit OEMG.

Nach Klein-Vogelbach findet bei der Bewegung der Clavicula eine weiterlaufende gleichzeitige Bewegung der Scapula statt. Clavicula und Scapula bilden ein Zangenmaul, das sich auf dem Brustkorb bewegt (15). Die weiterlaufenden Bewegungen sind für die Beweglichkeit des Humeroscapulargelenks von entscheidender Bedeutung. Ohne die weiterlaufenden Bewegungen des Schultergelenks ist die Beweglichkeit des Humeroscapulargelenks geringer. Erst durch die weiterlaufende Bewegung hat das Humeroscapulargelenk eine größere Beweglichkeit. Auch die Feinarbeit der Hände wird nur möglich, indem das Humeroscapulargelenk durch die kleinen tiefen Muskelschichten zentriert und stabilisiert wird.

Bei RMT müssen die Bewegungen im Schultergelenk stabilisiert werden. Durch die Zentrierung des Schultergelenkes werden die physikalischen Voraussetzungen geschaffen, um die biomechanischen Kräfte, die auf das Schultergelenk bei RMT, wie Feinarbeit mit den Händen, einwirken, zu reduzieren. Wenn das nicht der Fall ist, dann entstehen Schmerzen. Schmerzen entstehen auch durch die reflektorische Spannung der Muskulatur. Die untersuchten Mm. sind

alle eingelenkig. Wenn sie passiv insuffizient werden, dann kommt es zu Tonusveränderungen der stabilisierenden Muskulatur.

3.4 BELASTUNG UND BEANSPRUCHUNG BEI RMT

Belastung und Beanspruchung sind Begriffe aus der Arbeitsmedizin. Die Beanspruchung ist der Ort, an dem sich die Belastungen manifestieren. Quantitativ resultiert die Beanspruchung aus der Summe der Belastungen. Die Belastung entsteht durch die biomechanischen, sozialen und gesundheitlichen Einflüsse, die auf einen Menschen während der Arbeit einwirken können. Die Belastung bei RMT im Allgemeinen entsteht durch die Arbeitsaufgabe, in kurzen hochfrequenten Phasen minimale Bewegungsausschläge über den relativ langen Zeitraum von einer Schicht zu leisten.

Da RMT in einem hohen Maße das Schulter-Nacken-System beanspruchen, sind sie häufig Ursache für einen hohen Krankenstand. Der Bericht „Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit“ (SUGA) 2012 der BAuA zitiert die Untersuchung Bundesinstitut für Berufsbildung/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 (8). Laut der Statistik des SUGA haben bei Arbeiten mit den Händen (große Kraft/ hohe Geschicklichkeit/ schnelle Abfolge) 42,5 % der Kernerwerbstätigen Beschwerden.

Zur Häufigkeit von Schulter-Nacken-Beschwerden führt Gebhardt das Ergebnis einer Befragung von 1065 Beschäftigten in der Verwaltung an: „Die ermittelten 12-Monats-Beschwerde-Prävalenzen wiesen in der Nacken- (54,8 %) und der Schulterregion (37,6 %) die deutlichsten Ausprägungen auf. Im Vergleich hierzu zeigte der Bereich der Hände und Handgelenke sowie der Ellenbogen und Unterarme mit Werten von 21,1 % bzw. 15,0 % erwartungsgemäß geringere Ausprägungen. Frauen berichteten signifikant häufiger über Nacken- und Schulterbeschwerden als Männer. Schulterbeschwerden nahmen zudem mit zunehmenden Alter zu.“ (11).

Für die vorliegende Studie besteht die RMT in der Arbeitsaufgabe, Röntgenmarker auf einen Herzkatheter aufzufädeln. Die Tätigkeit an sich stellt eine hohe physische Belastung dar. Erschwerend kommen die Sehbedingungen durch die Feinheit der Materialien als eine weitere Belastung hinzu. Sowohl der Herzkatheter als auch die Röntgenmarker sind nur unter einem Mikroskop (Leica M80) zu erkennen und zu handhaben.

3.5 MESSMETHODE OBERFLÄCHEN-ELEKTRO-MYOGRAMM

Das EMG erfasst die quantitative und objektive Muskelfunktion. Konrad beschreibt in seiner EMG-Fibel die Entstehung des Messsignals (16). „Die Elektromyographie (EMG) ist eine experimentelle Technik, die sich der Entstehung, Aufzeichnung und Analyse myoelektrischer Signale widmet. Myoelektrische Signale werden durch physiologische Zustandsvariationen der Muskelfasermembran generiert.“ (16).

Das OEMG dient im Gegensatz zum neurologischen EMG der objektiven Aufzeichnungen kinesiologischer Aktivitäten. Nach Konrad: „Der Einfachheit halber aber kann man sagen, dass das OEMG-Signal die Rekrutierungs- und Feuerungscharakteristiken der unter der Ableitfläche erfassten motorischen Einheiten direkt reflektiert: Steigt die Rekrutierung oder Frequenz, erhöht sich die summarische Signalamplitude des OEMGs.“ (16)

Mit dem OEMG werden Muskelaktivitäten aufgezeichnet, wie sie beim Sport oder eben auch während der Arbeit stattfinden. Wie beim EMG werden myoelektrische Signale erfasst, aufgezeichnet und analysiert, mit dem Unterschied, dass die OEMG-Elektroden oberflächlich befestigt werden und deshalb den Bewegungsablauf nicht beeinflussen. Konrad spricht sich in seiner EMG-Fibel für eine Anwendung des OEMG in der Ergonomie z. B. für Bewegungsanalysen und Analysen von Risikofaktoren aus (16). Diese Studie ist ein Versuch, die hohe Beanspruchung der Muskulatur in Arbeitsabläufen wie bei RMT mit Hilfe des OEMG festzuhalten.

In der vorliegenden Studie wurden Oberflächen Elektroden benutzt. Diese sind relativ einfach anzulegen. Die Positionierung der Elektroden erfolgte nach einem Vermessungssystem, das sich an anatomisch und palpatorisch leicht zu erfassenden Bezugspunkten orientiert. Die Oberflächen Elektroden stören den Arbeitsablauf nicht und sind besonders gut geeignet für das Ableiten oberflächlicher Muskeln. In diesem Fall wurden Einmalelektroden (Adhäsiv-GelElektroden) verwandt. Sie lassen sich relativ schnell anlegen, müssen nicht sterilisiert werden, und eine Repositionierung dieser Elektroden ist möglich. Die Leitfähigkeit der Haut wird durch Reinigung der Haut vor dem Anlegen der Elektroden gewährleistet.

Für die Messung der Muskelaktivitäten wurde ein 16-Kanal-Oberflächen-EMG (Biovision Verstärker 16 Kanal Kabelsystem mit Samplingrate: 2500 Hz) mit Einweg Bipolar-Gelelektroden mit Silber/Silberchlorid-Gel (Dimension 21mm x 41mm, Modell F3010, FIAB SpA Vicchio-Firenze, Italien) verwendet. Um umfangreiche Informationen aus dem OEMG-Signal zu erhalten, wurde die Wavelet-Analyse angewandt (bisher fehlen in der Literatur Vergleichsmessungen zur Ergonomie).

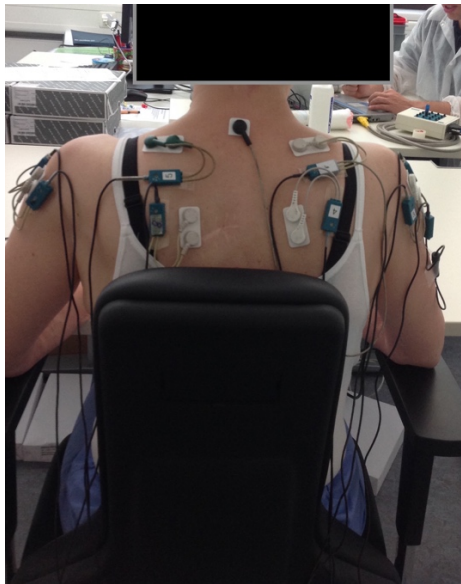


Abb. 2: Anlage der Elektroden

3.6 NORMEN

In den Arbeitswissenschaften werden Normen aufgestellt, die die menschlichen Maße, die Körperbewegungen und Körperhaltungen erfassen und Vergleichbarkeit ermöglichen. Diese Normen sind an den Arbeitsplätzen die Grundlage für eine menschengerechte ergonomische Arbeitsplatzgestaltung. Insbesondere in der Produktion begünstigt die Optimierung der Arbeitsplätze im Sinne einer individuellen Anpassung der Arbeitsbedingungen die Produktivität und Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter.

3.6.1 KÖRPERMAßE

Körpermaße werden für die Einrichtung von Arbeitsplätzen und für die Konstruktion von Arbeitsmitteln erfasst und bestimmen die ergonomischen Rahmenbedingungen wie Greifraum, Sehabstand, Steh- und Sitzarbeitshöhen. Das Körpergewicht bestimmt die Anforderungen an die Belastungsfähigkeit eines Arbeitsmittels wie Flurfahrzeuge oder Sitzschalen von Bürostühlen.

Zemp et al. haben 2016 in einer Studie versucht, mit Hilfe der Kalibrierung einer Sitzschale unterschiedliche Bürostühle miteinander vergleichbar zu machen (35). Sie konnten nachweisen, dass der subjektive Sitzkomfort/ Beschwerden und objektive Druckmessungen im Zusammenhang stehen. Vos et al. untersuchten den Einfluss von Körperhaltung und Stuhl-Design auf das Sitzverhalten (33). Das Ergebnis war, dass das Stuhl-Design einen großen Einfluss auf

das Sitzverhalten hat. Diese Arbeit geht davon aus, dass ein Stuhl mit Armlehnen einen größeren Einfluss auf das Sitzverhalten hat als ein Stuhl ohne Armlehnen.

3.6.2 PERCENTILE

Ein Percentil ist ein statistisches Maß, das einen Grenzwert festhält. Mit Hilfe der Percentile lassen sich Körpermaße im Verhältnis angeben (19). In der Arbeitswissenschaft sind sie wichtig, um Arbeitsplätze einzurichten. Je nach Konstruktion wird das 5te und/ oder das 95ste Percentil eingesetzt, einsprechend ist die Konstruktion für 90/95 % der Mitarbeiter günstig. 5 % der Mitarbeiter, die entweder über oder unter dem Wert liegen, brauchen eine individuelle Lösung (19).

4 KRITERIEN ZUM EINSTELLEN EINES STUHLES

Der Ausgangswert für die technische Beschaffenheit von Arbeitsmitteln sind die Körpermaße des Menschen nach den Percentilen. Diese technischen Konstruktionsmerkmale eines Stuhls bestimmen die Einstellmöglichkeiten hinsichtlich der individuellen Konstitution des Menschen. Ein Arbeitsstuhl bietet u.a. für Armlehnen, Rückenlehnen, Sitztiefe, Sitzhöhe variable technische Einstellmöglichkeiten entsprechend dem 5ten und 95sten Percentil erwachsener Menschen (18. bis 65. Lebensjahr). Der entsprechende Stuhl ist damit für Nutzer mit einer Größe zwischen 1,51m und 1,91m geeignet. Benutzer mit Körpermaßen, die außerhalb dieses Bereichs liegen, benötigen individuelle Lösungen für ihre Arbeitsmittel (20).

Die vorliegende Arbeit geht davon aus, dass die Tätigkeit an Bildschirmarbeitsplätzen, wie von Gebhardt und Klußmann beschrieben, im Sitzverhalten und in der Arbeitshaltung mit der Tätigkeit an Produktionsarbeitsplätzen durchaus vergleichbar ist (11). Bisher findet sich in der Literatur kein Hinweis für die Wirksamkeit von Armlehnen zur Entlastung der Mitarbeiter mit RMT. Deshalb möchte diese Studie einen Einfluss der Armlehnen auf die Entlastung des Schulter-Nacken-Systems an Arbeitsplätzen mit RMT nachweisen.

4.1 DEFINITION BEOBACHTUNGSKRITERIEN NACH KLEIN-VOGELBACH

Eine der Grundlagen der FBL Functional Kinetics ist die Beobachtung von Haltung und Bewegung. Diese Arbeit nutzt die von SKV entwickelten Beobachtungskriterien zur Beurteilung der Sitzhaltung der Probanden und der Arbeitshaltung, insbesondere der Kopfhaltung beim Blick durch das Mikroskop. Die Grundlage der FBL Functional Kinetics für Beobachtungen und therapeutische Interventionen ist die hypothetische Norm. Die hypothetische Norm ist das persönliche Leitbild des Beobachters, an dem der Beobachter sich auf der Grundlage seiner Erfahrungen und seiner allgemeinen Wissensstandards orientiert. Die Beobachtungskriterien orientieren sich an der hypothetischen Norm, machen Beobachtungen vergleichbar und schaffen damit eine gute Grundlage für die Beurteilung von Arbeitsplätzen. Sie ermöglichen es, die Beobachtungen für Haltung und Bewegung des Menschen standardisiert anzuwenden. „Ein Beobachtungskriterium ist ein Merkmal, das durch planmäßiges Beobachten und Palpieren des Körpers gefunden wurde und der Unterscheidung von »normal« und »pathologisch« dient.“, definieren Bürge und Spirgi-Gantert (9). Beobachtungskriterien definieren sich von daher aus den Fachgebieten der Physik, der Mathematik, der Anatomie und der Physiologie (28). Klein-Vogelbach entwickelte mit Hilfe ihrer Beobachtungskriterien den funktionellen Status als

physiotherapeutische Befundaufnahme, die die Grundlage der Therapie und Beratung für ergonomische Verhaltensweisen im Alltag ist.

4.2 EBENEN UND ACHSEN

Die FBL Functional Kinetics erfasst mit Ihren Beobachtungskriterien die Dreidimensionalität menschlicher Bewegung und Haltung. Zur Orientierung visualisiert die FBL Functional Kinetics einen Kubus mit beliebig vielen parallel stehenden Ebenen, den Frontal-, Sagittal-, und Transversalebene, in deren Mittelpunkt der Mensch steht. Laut Suppé und Spirgi-Gantert stehen die mittlere Frontalebene und mittlere Sagittalebene im Mittelpunkt, um die Abweichungen des Bewegungsverhaltens und innerhalb der Haltung festzuhalten, und dienen als Beobachterebene (28). Dank dieser Beobachterebene können die Abweichungen dieser Körperabschnitte in Bezug auf ihre Gewichtsverteilung beurteilt werden. In dieser Studie wird die Gewichtsverteilung des KA Kopf in Bezug zur mittleren Frontalebene beurteilt. Wenn eine ungleiche Gewichtsverteilung besteht, werden die passiven Strukturen und die Muskulatur übermäßig beansprucht und es kommt zu Verspannung und Schmerzen in der betroffenen Muskulatur (28).

4.2.1 EBENEN

An Arbeitsplätzen sind zwei Ebenen für eine optimale Beobachtung und Einstellung der Arbeitsmittel entscheidend. Um das Sitzverhalten hinsichtlich einer Überbeanspruchung der passiven Strukturen und der Muskulatur zu beurteilen, beobachtet man die Abweichungen aus der mittleren Sagittalebene, wie z.B. nach rechts und links, und die Abweichungen der KA oder Teilen davon aus der Frontalebene nach vorn und hinten. Der Beobachter hält die der Ebene entsprechenden Haltungen und Bewegungen auf dem Stuhl und ihre Abweichungen von der hypothetischen Norm fest. Prominente Körperpunkte wie z. B. Scheitel, Ohrläppchen, Akromion und Halsgrübchen dienen als Orientierungspunkte. Das Ergebnis ist der individuelle Status der Sitzhaltung mit seiner Problembeschreibung. Nach dieser differenzierten Analyse der Sitzhaltung kann ein Stuhl mit Hilfe seiner entsprechenden variablen Einstellmöglichkeiten optimal eingestellt werden. Dabei entscheiden die technischen Einstellmöglichkeiten eines Stuhls über den Erfolg der Einstellung durch den physiotherapeutischen Berater – und begrenzen ihn zugleich. Je größer die Einstellmöglichkeiten eines Stuhls sind und je größer deren Variabilität, umso besser gelingt die Unterstützung einer entspannten Sitzhaltung und Entlastung der Schulter-Nacken-Muskulatur.

4.2.2 KÖRPERLÄNGSACHSE

Für die Sitzhaltung ist die Körperlängsachse eine entscheidende Beobachtungsachse. Die Achsen sind die Schnittlinien, die von den Ebenen gebildet werden, wenn diese senkrecht aufeinander stehen.

Die Körperlängsachse wird durch die Schnittlinie der mittleren Sagittalebene und der mittleren Frontalebene gebildet. Die Körperlängsachse ist eine virtuelle, gedachte Achse und die Wirbelsäule verläuft annähernd parallel zu ihr. Wenn die Wirbelsäule in Nullstellung steht, dann sind die Körperabschnitte Becken, Brustkorb und Kopf im Sitzen in die mittlere Frontalebene eingeordnet (28).

In dieser Studie wird die Fähigkeit, im Sitzen die Körperabschnitte in die Körperlängsachse einzuordnen, beobachtet. Erst nach dem Einstellen des Stuhls wird die Sitzhaltung beobachtet und beurteilt. Diese Einordnung der Körperabschnitte in die gedachte Körperlängsachse soll hier die Ideallhaltung/Referenzhaltung, insbesondere hinsichtlich des Kopfes sein. Die Koordinationsfähigkeit der Muskulatur ist in der Hals- und Schulter-Nackenmuskulatur wichtig, um den Kopf dynamisch zu stabilisieren, wenn es die Bewegungen des Armes und der Hand erforderlich machen. Dies ist für die Ausübung RMT entscheidend, um die Beanspruchung der Schulter-Nacken-Arm-Muskulatur gering zu halten. Je größer die Koordinationsfähigkeit der Muskulatur ist, umso größer ist die Stabilität der Haltung, immer unter der Voraussetzung einer gesunden Beweglichkeit.

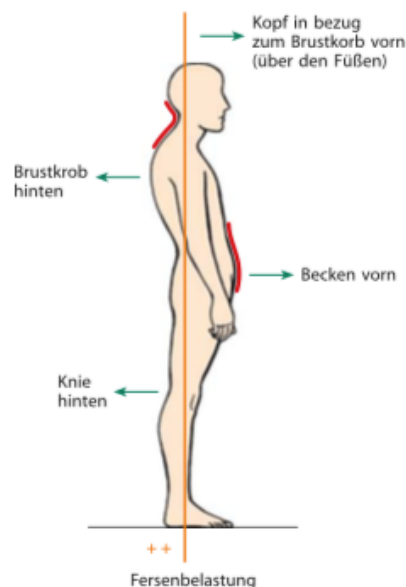


Abb. 3: Hyperaktivität der Schulter-Nacken-Muskulatur reaktiv auf das nach vorn geschobene Kopfgewicht (Suppé B., 2007, S. 84)

4.3 KONSTITUTION DES MENSCHEN NACH KLEIN-VOGELBACH

Klein-Vogelbach definiert den Einfluss, den die Längen, Tiefen, Breiten und Gewichtsverteilung auf das Bewegungsverhalten eines Menschen haben, als Konstitution (28). Sie geht von einer hypothetischen Norm aus, die schon von Kohlmann 1907 beschrieben wurde (15). Die Konstitution ist angeboren und ist eine unveränderbare Größe. „Die Konstitution eines Menschen hat somit Einfluss auf sein Bewegungsverhalten. Sie kann nicht verändert werden.“, (28).

Dementsprechend sind auch konstitutionelle Abweichungen von der hypothetischen Norm angeboren und beeinflussen das Bewegungsverhalten grundsätzlich. Konstitutionelle Abweichungen sind klinisch relevant, wenn sie durch statische Fehlhaltungen und durch Einschränkungen der Beweglichkeit zu einer biomechanischen Überbelastung des Muskelskelettsystems führen.

Arbeitsplätze und Arbeitsmittel werden grundsätzlich entsprechend dem 5. bzw. 95. Perzentil eingerichtet, orientieren sich also ausschließlich an der hypothetischen Norm. Die Abweichung von der hypothetischen Norm verlangt eine Anpassung der Arbeitsplätze an den individuellen Nutzer.

Diese Anpassung des Arbeitsplatzes an die individuelle Konstitution vorzunehmen, entspricht der Anpassung von therapeutischen Übungen an die Konstitution der Patienten und ist damit eine Aufgabe für Physiotherapeuten in der Ergonomie (28).

Wenn es allerdings zu einer Adaptation des Bewegungsverhaltens an die ungünstigen ergonomischen Bedingungen an Arbeitsplätzen kommt, dann sind die negativen Folgen in den Überbeanspruchungen der passiven und aktiven Strukturen zu finden.

Dies ist für die Betrachtung der konstitutionellen Abweichungen innerhalb eines Körperabschnitts bedeutend. Konstitutionelle Abweichungen betreffen nicht nur die Gesamtlänge, -breiten, -tiefen und Gewichte. So kann bei der Norm Oberarmlänge im Körperabschnitt Brustkorb die Oberkörperlänge über der Norm liegen. Die Abweichungen führen dann an Arbeitsplätzen zu scheinbaren Widersprüchen, wenn z. B. gleich lange Menschen an unterschiedlichen Arbeitshöhen aufgrund z. B. unterschiedlicher Längen des KA Brustkorb oder der Oberarme arbeiten.

4.4 EINSTELLEN EINER STUHLARMLEHNE

Spirgi-Gantert geht bei der Einstellung von Arbeitsmitteln von der individuellen Konstitution des Menschen aus (27). Die hypothetische Norm ist bei dieser Betrachtungsweise das Bezugsschema für den Beobachter und Berater am Arbeitsplatz und die Grundlage für die Analyse der Schnittstelle Mensch/Arbeitsmittel, hier: Armlehne/konstitutionelle Armlänge (20).

Als Richtwert zum Einstellen der Höhe der Armlehnen wird in dieser Studie die Oberarmlänge des individuellen Nutzers genommen. Ziel ist es, den Nutzer zu veranlassen, dass er das Eigengewicht des Armes auf die Armlehne ablegt bei einer Einordnung der Körperabschnitte, insbesondere des KA Brustkorb mit der dynamisch stabilisierten BWS, in die mittlere Frontalebene. Wenn das Eigengewicht nicht abgelegt wird, dann zieht das Gewicht des Armes den Humeruskopf nach ventral und caudal. Die Armlehne unterstützt im günstigsten Fall die Entlastung des Arm über die gesamte Unterarmlänge (34). Damit wird eine dezentrierte Gelenkstellung des Oberarmkopfes erschwert.

Für Armlehnen beziehen sich die Empfehlungen des BSO auf die Höheneinstellung, die Tiefe, die Breite und/oder den Winkel der Armlehnenverstellung (20). Die Vorteile einer Armlehnenverstellung in der Breite sind, laut diese Leitlinie von Quality Office, die optimale Entlastung des Schultergürtels unterschiedlicher Nutzer bei unterschiedlichen Arbeiten. Die DGUV gibt einen deutlichen Hinweis in Richtung Verstellbarkeit: „Eine bessere Anpassung ermöglichen Armauflagen, die in der Höhe und lichten Weite verstellbar sind“ (10).

5 METHODISCHES VORGEHEN

5.1 SUCHMETHODEN

Es konnte auf eine Auswahl von Studien, die mit Google Alert unter dem Stichwort „Sitzen“ durch Beat Göpfert gefunden wurden, zurückgegriffen werden. Außerdem wurde in Pub-Health: Cochrane Library nach den Begriffen: *Armlehnen, Arbeitsstuhl, Einstellen von Arbeitsmitteln, repetitive manuelle Tätigkeiten* gesucht. Für die Bewertung der Arbeitshaltung und der Beurteilung der Beanspruchung durch RMT bildete die Literatur FBL Functional Kinetics nach Susanne Klein-Vogelbach die Basis. Außerdem wurden die anerkannten Richtlinien der BAuA und der DGUV und die bekannten DIN-Normen zu den Arbeitsmitteln herangezogen.

5.2 STUDIENDESIGN UND AUFBAU

Das Studiendesign dieser Pilotstudie ist eine Querschnittstudie. Hierfür wurden in einem Unternehmen der Medizintechnik, B. Braun Melsungen AG Vascular Systems, rund 60 Mitarbeiter angefragt, an der Studie teilzunehmen. Es meldeten sich 14 Probanden zur Teilnahme. Zwei dieser Mitarbeiter fielen zum Zeitpunkt der Messungen aus.

Untersucht werden sollten die Auswirkungen einer optimalen ergonomischen Einstellung von Armlehnen auf die Muskulatur des Schulter-Nacken-Bereichs. Verglichen werden die individuellen Einstellungen der Stuhlarmlehnen durch den Nutzer mit einer optimalen ergonomischen Einstellung durch einen Experten (Gruppe 1). In Gruppe 2 werden die Auswirkungen fehlender Armlehnen mit optimal eingestellten Armlehnen verglichen. Es wird vermutet, dass fehlende oder nicht optimal eingestellte Armlehnen sich negativ auf die Schulter-Nacken-Muskulatur auswirken. Diese Auswirkungen sollen durch Wavelett-EMG-Messungen und die Beobachtung der Einstellung der KA Kopf und KA Brustkorb in die Körperlängsachse nachgewiesen werden.

5.2.1 BESCHREIBUNG DES VERSUCHSARBEITSPLATZES

Für die Studie wurde zur Vereinfachung des Messvorgangs ein Arbeitsplatz außerhalb des Reinraums in der Produktion erstellt. In einem für die Untersuchungen freigestellten Büroarbeitsraum wurde ein Arbeitsplatz mit einem Arbeitsstuhl, entsprechend dem Arbeitsstuhl in der Produktion, und einem elektrisch höhenstellbaren Arbeitstisch eingerichtet. Auf dem Arbeitstisch stand frontal vor dem Mitarbeiter das Stereomikroskop. Die Probanden stellten sich eine Petrischale mit ca. 50 Röntgenmarkern entsprechend ihrer Arbeitsgewohnheit entweder seitlich des Stereomikroskops auf, oder zwischen das Stereomikroskop und die vor ihnen liegende Tischkante.

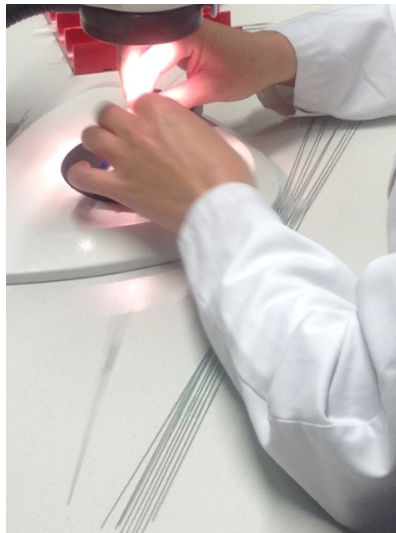


Abb. 4 und 5; Versuchsaufbau mit Mikroskop, Petrischale mit Röntgenmarkern, Pinzette, Katheterdrähten

5.2.2 BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHTEN REPETITIVEN MANUELLEN TÄTIGKEITEN

Die untersuchte RMT bestand aus dem Auffädeln von Röntgenmarkern auf einen Montage draht mit einem Durchmesser von 0,38 mm. Die Größe der Röntgenmarker liegt unter dem Bereich der für das Auge gut erkennbaren Möglichkeiten mit einer Länge von 1,3 mm und einem Durchmesser von 0,6 mm. Die Mitarbeiter erkennen ohne Stereomikroskop einen feinen Punkt. Zur deutlichen Erkennung des Röntgenmarkers benötigen die Mitarbeiter das Stereomikroskop, was frontal am Versuchsarbeitsplatzes aufgebaut ist. Der Mitarbeiter entnimmt der Petrischale den jeweiligen Röntgenmarker, den es gilt aufzufädeln. Der Mitarbeiter fädelt mit der rechten Hand unter einem Stereomikroskop den Röntgenmarker auf. Die linke Hand

fasst den Draht zwischen den Fingern entsprechend dem Pinzettengriff. Während des Untersuchungszeitraum von 5 Minuten schaffen die Mitarbeiter es bis zu 12 Röntgenmarkern aufzufädeln.

Die Mitarbeiter sitzen für diese Tätigkeit auf einem Stuhl. Sie stützen die Unterarme auf dem Tisch auf oder nutzen die dafür vorgesehenen Armlehnen des Arbeitsstuhls.

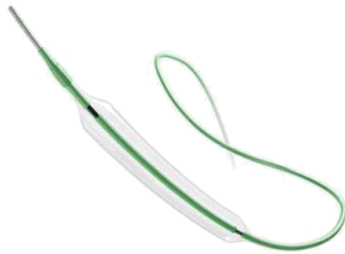


Abb.6; Herzkatheter Sequent NEO mit Röntgenmarkern (Quelle: Foto des Herstellers B.Braun Melsungen AG)

5.3 VORBEREITUNG DER STUDIE

5.3.1 FRAGEBOGEN

Vor der Durchführung der Messungen wurde an die Probanden ein Fragebogen ausgegeben mit jeweils einer Frage zu den fünf Aspekten: Sportfähigkeit, körperliche Beschwerden/Schmerzen in den letzten 12 Monaten, regelmäßige Einnahme von Medikamenten, Selbsteinschätzung des Trainingszustandes, Teilnahme am ErgonomieProgramm des Unternehmens.

Der Fragebogen befindet sich im Anhang.

5.3.2 ERHEBUNG DER EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN MITTELS FRAGEBOGEN

Am Tag der Erhebung der Messdaten waren 2 der 14 Probanden erkrankt und wurden somit ausgeschlossen.

Bei den Messungen wurden 12 Probanden untersucht. Mit einem Fragebogen wurden die Probanden befragt, um Ausschluss- und Einschlusskriterien aufzustellen. In Abb.7 sind die Ergebnisse des Fragebogens dargestellt. Es zählte als Einschlusskriterium die Sportfähigkeit, die mit der Arbeitsfähigkeit gleichgesetzt wurde, und die als einziges Kriterium alle Probanden erfüllten. Durch die Konstellation des Versuchs, die Messungen in einem Produktionsunternehmen und nicht im Labor durchzuführen, war die Auswahl der Probanden außer auf deren

Freiwilligkeit auch auf ihren Schichtplan und ihre manuellen, am Arbeitsplatz erworbenen Fähigkeiten angewiesen.

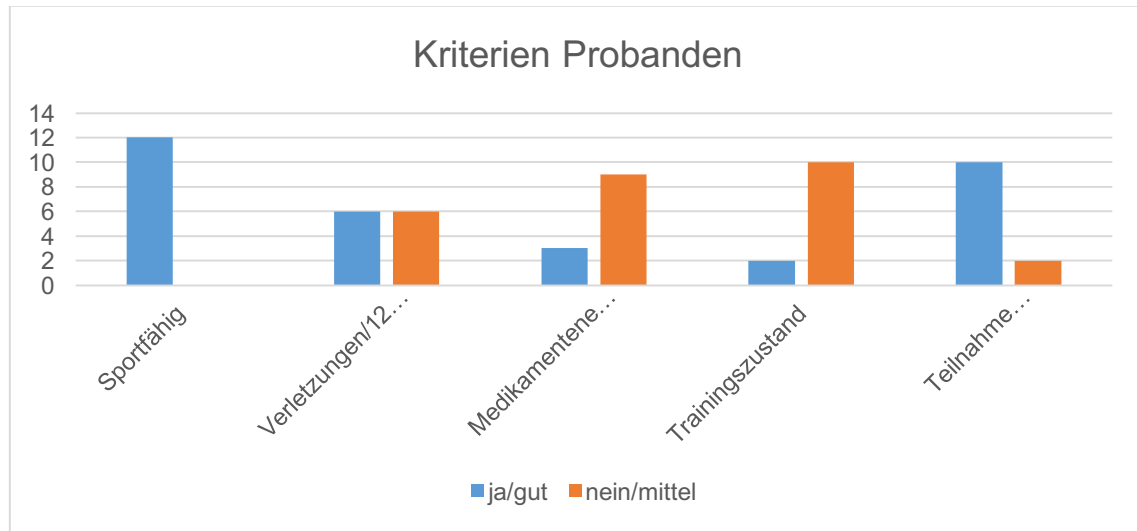


Abb. 7: Auswahlkriterien Probanden

5.3.3 EIN-/ AUSSCHLUSSKRITERIEN FÜR DIE PROBANDEN

Die Probanden sind alle Mitarbeiter eines Unternehmens der Medizintechnik. Sie sind alle weiblich und zwischen 40 und 59 Jahren alt. Die Probanden wurden durch die Untersucherin angesprochen und um Teilnahme an der Studie gebeten. Es wurden die Probanden ausgesucht, die das Ergonomie Programm mühelos und mit positiver Grundeinstellung durchlaufen hatten. Männliche Mitarbeiter wurden nicht angefragt. Die Einstellmöglichkeiten des Arbeitsstuhls waren den Probanden bekannt, da sie im Rahmen des Ergonomie Programms des Unternehmens durch die Untersucherin instruiert worden waren.

Einschlusskriterien für diese Studie:

- Weiblich
- Älter als 40 Jahre
- Sportfähig
- Keine Schmerzen zum Zeitpunkt der Erhebung
- Freiwillige Teilnahme
- Einweisung in die Funktionen und den Nutzen der Einstellmöglichkeiten des Stuhls und insbesondere der Armlehnen
- Alle 12 Probanden sind Rechtshänder

- Allen Probanden war die Tätigkeit des „Röntgenmarker-Auffädelns“ vertraut und sie hatten in der Vergangenheit eine Einweisung erhalten
- unterschriebene Einverständniserklärung (exemplarisch siehe Anhang)
- unterschriebene Probandeninformation
- gesund zum Zeitpunkt der Studie

Ausschlusskriterien für diese Studie:

- Medikamenteneinnahme zum Zeitpunkt der Studiendurchführung
- Neurologische Erkrankungen

5.3.4 EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG DER PROBANDEN

14 Probanden unterschrieben eine Einverständniserklärung (s. Anhang) und eine Probandeninformation zur Studie (s. Anhang). Von den ursprünglich 14 Probanden nahmen schließlich 12 Probanden an der Studie teil. Ihre Auswahl basierte auf der freiwilligen Teilnahme an der Studie. Die zur Verfügung gestellten Fotos wurden von den Probanden freigegeben.

5.4 AUFTEILUNG DER PROBANDEN IN 2 GRUPPEN

Die 12 Probanden wurden in zwei Gruppen geteilt. Krankheitsbedingt nahmen nur 12 von ursprünglich 14 Probanden an den Messungen teil.

Gruppe 1 entspricht den Probanden SM 02, 03, 04, 05, 06, 10.

Gruppe 2 entspricht den Probanden SM 01, 07, 11, 12, 13, 14.

Der Unterschied in den Konditionen der Gruppen lag in der Beschaffenheit des Messstuhls. Gruppe 1 hatte sowohl für das erste als auch für das zweite Messprotokoll den exakt gleichen Stuhl mit Armlehnen. Gruppe 2 hatte für das erste Messprotokoll einen Stuhl ohne Armlehnen.

	GRUPPE 1	GRUPPE 2
EINSTELLUNG 1	Selbst eingestellt Stuhl mit Armlehne	Selbst eingestellt Stuhl ohne Armlehne
EINSTELLUNG 2	durch Experten eingestellt Stuhl mit Armlehne	durch Experten eingestellt Stuhl mit Armlehne

Tabelle 1: Übersicht Studienaufbau

6 VERSUCHSAUFBAU

Die Studie wurde an 12 Mitarbeitern eines Unternehmens der Medizintechnik durchgeführt. Die Messungen fanden außerhalb der Produktion, in einem ausdrücklich für die Messung zur Verfügung gestellten Raum, statt. Der elektrisch höhenverstellbare Untersuchungstisch, der Untersuchungsstuhl mit Armlehnen und der identische Untersuchungsstuhl ohne Armlehnen standen dem Probanden zur Verfügung. Das Material und die Arbeitsmittel wie Mikroskop, Schale mit Röntgenmarkern und mehrere Katheter wurden auf dem Tisch in Greifraum 1 und 2 angeordnet. Alle Arbeitsmittel waren gut greifbar (21).



Abb. 8: Versuchsaufbau und Anbringung der Messelektroden

6.1 MESSVERFAHREN

Alle 12 Probanden wurden vor den Messungen nach den gleichen Methoden vorbereitet. Die Probanden waren mit Arbeitshosen, BH bzw. Bikinioberteil und Schuhen bekleidet. Der Oberkörper wurde bis auf den BH freigemacht. Die Probanden nahmen einzeln an den Messungen teil. Die Messungen fanden über einen Zeitraum von 2 Tagen statt. Es fanden jeweils 6 Messtermine pro Tag statt. Für jeden Probanden standen 60 Minuten pro Messung zur Verfügung.

Für die Messung der Muskelaktivitäten wurde ein 16-Kanal-Oberflächen-EMG (Biovision Verstärker 16 Kanal Kabelsystem mit Samplingrate: 2500 Hz) mit Einweg-Bipolar-Gelelektroden mit Silber/Silberchlorid-Gel (Dimension 21mm x 41mm, Modell F3010, FIAB SpA Vicchio-Firenze, Italien) verwendet.

Die Stellen für die OEMG-Elektroden wurden mit Alkohol gereinigt und die Elektroden angelegt. Die Anlagepunkte für die Elektroden wurden durch Tast- und Sichtbefund nach der Abbildung von Shewman 2008, Noraxon (2008) definiert, damit das Anlegen standardisiert war, siehe (16). Die Elektroden wurden flächig an den Stellen befestigt, an denen die Muskeln m. deltoideus pars posterior, m. deltoideus pars anterior, m. trapezius pars transversus, m. infraspinatus tastbar waren. Außerdem wurde für jede Elektrode der Signalverstärker aufgeklebt (siehe Abbildungen 2 und 8).

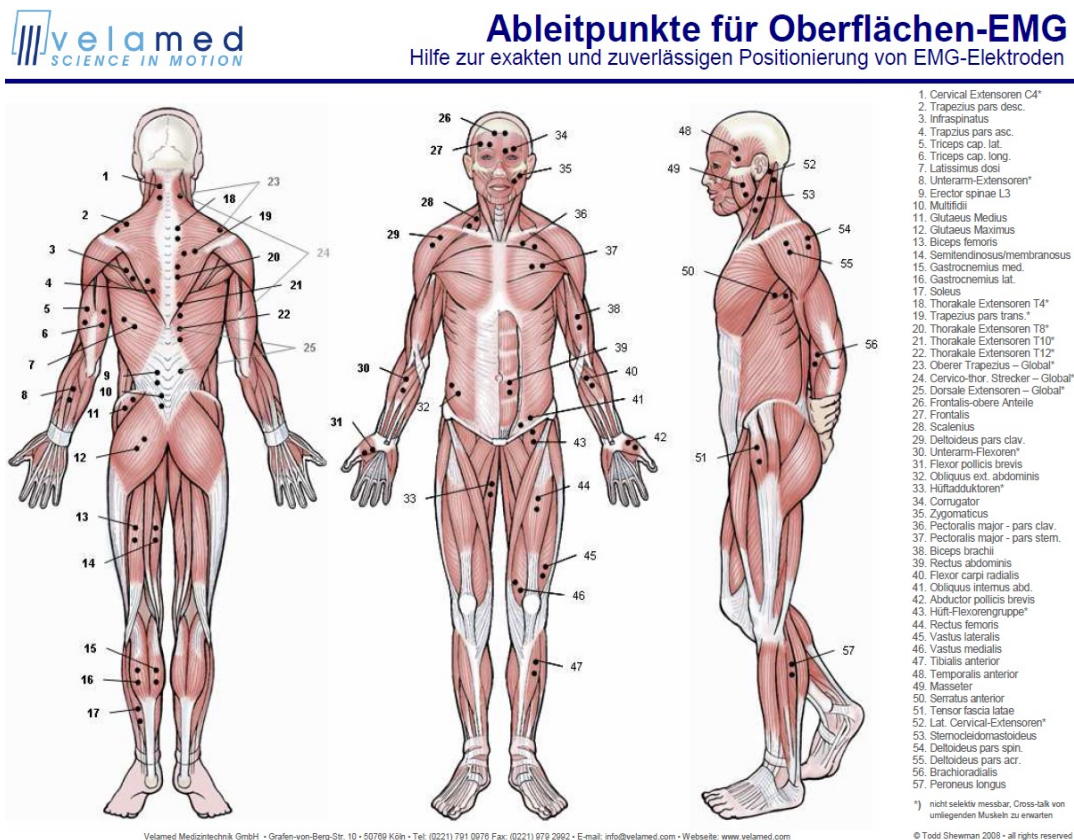


Abb. 9: Ableitpunkte für Oberflächen-EMG nach Seniam 2008

Es fanden 5 OEMG-Messungen über 10 Sekunden pro Zeitpunkt und Kondition mit jedem Probanden für die beiden Konditionen statt (Gruppe 1: Stuhl mit Armlehnen selbst eingestellt bzw. Stuhl mit Armlehnen optimal eingestellt; Gruppe 2: Stuhl ohne Armlehnen und Stuhl mit

Armlehnen optimal eingestellt). Dabei wurden in der ersten Minute pro Kondition (Anfang) und nach 5 Minuten Arbeit (Ende) wieder 5 Messungen à 10 Sekunden aufgezeichnet.

Die Auswertung erfolgte mittels Wavelet-Analyse nach v. Tscharnier jeweils pro Proband (31):

- Wavelettransformation pro Messung und Muskel
- Normierung auf 1000 Werte pro Messung
- Mittelwertbildung über die 5 Versuche pro Zeitpunkt
- Aufsummierung der Wavelets 1 bis 13 über die Messdauer zur Total-Energie des Signals pro Kondition und Muskel
- Normierung der Total-Energie pro Proband auf die jeweiligen Referenzkonditionen = 100 %

Die Messzeitpunkte waren für beide Gruppen identisch. Es gab zwei Messpunkte, zu Beginn und nach 5 Minuten, dem Ende der Messungen. Am ersten Messzeitpunkt nahmen die Probanden den Draht in die nicht dominante Hand. Die dominante Arbeitshand griff mit Hilfe einer Pinzette die Röntgenmarker einzeln aus einer Petrischale und fädelt sie auf den Draht. Die Probanden konnten zur Sichtgenauigkeit ein Mikroskop zur Hilfe nehmen. Alle Probanden waren Rechtshänder.

6.2 DER ARBEITSSTUHL

Der Arbeitsstuhl (Hersteller Dauphin HumanDesign® Group, Tec Profile Reinraumstuhl IS 20760 195) ist einstellbar in Sitzhöhe, -tiefe, Armlehnen in Höhe und Breite, Neigungswinkel des Sitzes. Die Probanden dieser Studie sitzen auf Stühlen mit Armlehnen im Reinraum mit Armlehnen der Reinraumklasse ISO-3. Die Bedingungen für die Einstellung der Armlehnen durch den Nutzer wie auch durch den Beobachter waren identisch.

6.3 DER ARBEITSTISCH

Der Arbeitstisch (Hersteller: FPS Pousto GmbH, Dieselstr. 4, 86356 Neusäß) ist elektrisch höheneinstellbar von 0,70 m bis 1,10 m. Im Fall der Selbsteinstellung der Armlehnen wurde die Tischhöhe vom Probanden auf die eigenen Körpermaße eingestellt. Im Fall der optimalen Einstellung der Armlehnen wurde die Tischhöhe vom Untersucher eingestellt. Das Tischplattenmaß von 2,00 m x 0,90 m ist ausreichend für die am Tisch ausgeübte Tätigkeit.

6.4 DIE EINSTELLUNG DER ARMLEHNEN

Die Armlehnen wurden entsprechend der Konstitution des Probanden und den Möglichkeiten des Stuhles durch einen Experten eingestellt. Die Kondition „optimal eingestellt“ heißt für die Messungen dieser Arbeit, dass zunächst die Stuhlhöhe auf einen Sitzwinkel von gleich bzw. etwas mehr als 90° eingestellt wurde, dann die Armlehnen entsprechend der konstitutionellen Oberarmlänge der Probanden und die Tischhöhe auf die konstitutionelle Oberarm- und Unterarmlänge eingestellt wurden. Es wurde darauf geachtet, dass das Mikroskop in Unterarmlänge vor dem Probanden stand. Die Probanden konnten durch diese Einstellung das Armgewicht an die Armlehne abgeben, während sie die Röntgenmarker auffädelten. Der Ellenbogen war dabei in die mittlere Frontalebene eingestellt.

6.5 BEOBACHTUNGSPROTOKOLL

Während der Messungen wurde in einem Protokoll die Einordnung der KA Brustkorb und Kopf in die Körperlängsachse und die Ablage des Unterarms auf die Armlehne festgehalten. Es wurde die Beobachterebene parallel zur mittleren Sagittalebene gewählt. Die Abweichungen nach vorn und hinten des KA Brustkorb und des KA Kopf wurden beobachtet und als Abweichungen aus der KLA dokumentiert. (Beobachtungsprotokoll im Anhang)

7 ERGEBNISSE

7.1 MESSBARE ERGEBNISSE

Es wurden die wavelettransformierten EMG Signale (Abk. WT-EMG-Signal) für den m. trapezius, den m. infraspinatus, den mm. delta posterior und anterior auf der rechten und linken Körperseite im Sitzen bei einer manuellen repetitiven Tätigkeit erstellt. Die OEMG-Rohdaten von 12 Probanden wurden mit der Hilfe der Wavelettransformation nach v. Tscharnier ausgewertet (31).

An den beiden Messtagen ergaben sich zwei Gruppen mit jeweils sechs Probanden. Beide Gruppen wurden nach demselben Messprofil untersucht und nach denselben Kriterien ausgewertet. Gruppe 1 hatte Armlehnen am Stuhl, während Gruppe 2 zunächst [vgl. Kap. 5.4] keine Armlehnen hatte und deshalb die Kondition „Einstellen der Armlehnen“ wegfiel.

Es werden die normierten Werte in % verglichen.

Die gemittelte gesamte Energie ($\text{mV}^2 \cdot \text{s}$) pro Muskel der 5 Messungen über die 10 sec. pro Messzeitpunkt wurde errechnet und für den Vergleich auf den jeweiligen Referenzwert normiert (%).

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wurden Balkendiagramme erstellt. Die Balkendiagramme zeigen für jeden WT-EMG-abgeleiteten Muskel vier Prozentwerte.

7.2 VERGLEICH DER BEIDEN GRUPPEN

Die Ergebnisse der beiden Gruppen lassen sich hinsichtlich der Auswirkungen *Stuhl mit Armlehnen* und *Stuhl ohne Armlehnen* gegenüberstellen. Die Gruppe 2 hatte für die erste Messung keine Armlehnen d.h. „selbst eingestellt ohne Armlehnen“.

Durch das Fehlen der Armlehnen ist für Gruppe 2 die Einstellmöglichkeit durch den Probanden nicht gegeben. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der beiden Gruppen zeigt die unterschiedlichen Auswirkungen zwischen der Einstellung eines Stuhles ohne Armlehnen und eines Stuhles mit Armlehnen, die optimal eingestellt wurden.

Für beide Gruppen siehe Graphik 1/Graphik 2 wurden für die Auswertung die Anfangswerte auf *selbst eingestellt mit Armlehnen* (Abk. Se mit AL) normiert. D.h. sämtliche Energiewerte wurden auf die Energiewerte der Messung *selbst eingestellt mit Armlehne* bezogen (=100%) und können somit mit dieser verglichen werden. Die Messung *selbst eingestellt* stellt unseren Normwert dar. Es wurden die Mittelwerte über alle Probanden der Gruppe für jeden Muskel und für jede Messung errechnet. Ein kleinerer Energiemesswert, im Vergleich zu den 100 % der Messung *selbst eingestellt*, bedeutet einen geringeren Energieverbrauch der beanspruchten Muskulatur. Somit bedeutet ein Wert größer als die 100 %, dass der Energieverbrauch im Vergleich zur Messung *selbst eingestellt* größer ist.

GRUPPE 1/ ABB. 10

VERGLEICH 1	Anfang selbst mit Ende selbst (blauer und roter Balken)
VERGLEICH 2	Anfang optimal mit Ende optimal (grauer und gelber Balken)
VERGLEICH 3	Anfang selbst mit Anfang optimal (blauer und grauer Balken)
VERGLEICH 4	Ende selbst mit Ende optimal (roter und gelber Balken)

Tab.2: Vergleich 1 – 4

7.3 HYPOTHESEN ZUR GRUPPE 1

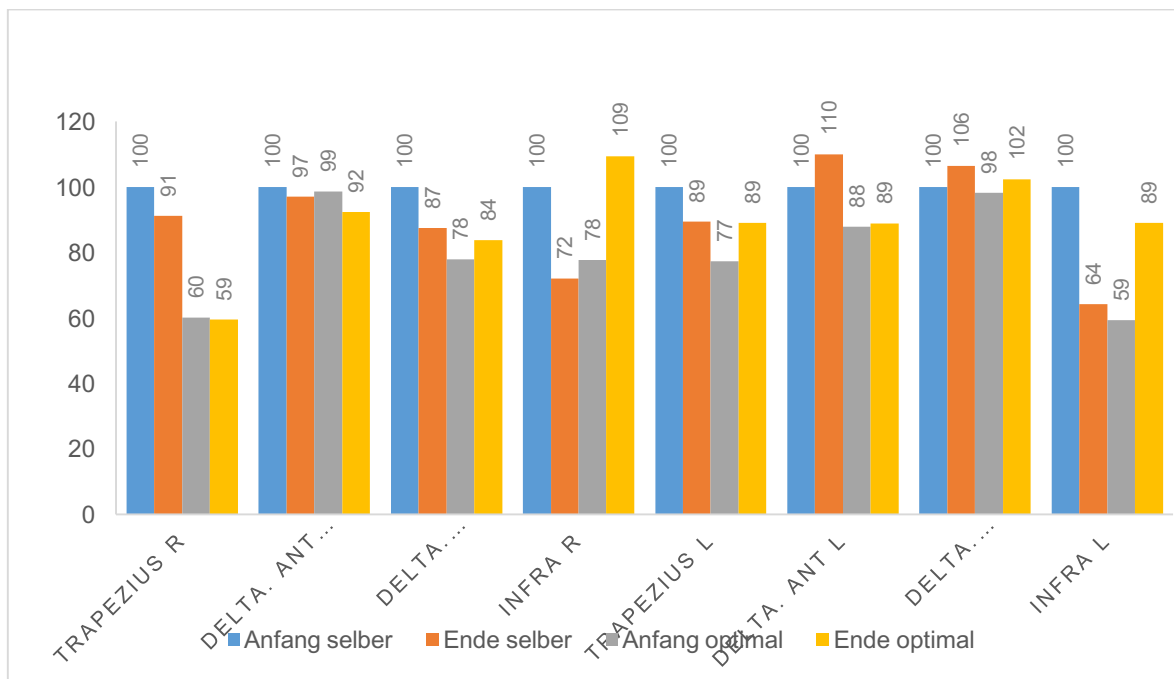


Abb. 10: Energiemesswerte der Gruppe 1, Stuhl mit Armlehnen (normiert auf Anfang selbst)

7.3.1 HYPOTHESE 1

Die Entlastung durch selbst eingestellte Armlehnen ist für die Arbeitshand, dominante Hand, erfolgreicher als für die Muskulatur der nicht dominanten Körperseite.

Diese Hypothese wird durch den ersten Vergleich (siehe Tab. 2, Vergleich 1) bestätigt. In diesem ersten Vergleich (Tab. 2, Vergleich 1) werden die Messwerte für den Anfangsmesswert *selbst eingestellt* (Messpunkt 1, Stuhleinstellung selbst) und den Endwert *selbst eingestellt* (Messpunkt 2, Stuhleinstellung selbst) miteinander verglichen.

In der Gruppe 1 (Abb.10) verhalten sich die gemessenen Energiewerte der rechten Seite (Arbeitshand) alle gleich, es kommt zu geringeren Energiewerten bei der Endmessung für die Kondition *selbst eingestellt*, d.h. die Probanden verbrauchen am Ende der Messung bei selbst eingestellten Armlehnen niedrigere Energiewerte. So sinkt z. B. der Energiewert des m. trapezius rechts von 100 % auf 91 %. Auf der linken Körperseite fällt der Energieverbrauch für den trapezius und den m. infraspinatus, und er steigt für den m. deltoideus anterior und posterior.

7.3.2 HYPOTHESE 2

Eine professionelle optimale Einstellung der Armlehnen erzeugt zunächst höhere Energiewerte.

Diese Hypothese wird bestätigt.

Für diese Hypothese wird der zweite Vergleich (siehe Tab. 2, Vergleich 2) gezogen. Es wurde die Differenz aus den Anfangswerten mit der Kondition *optimal eingestellt* (Messzeitpunkt 1, Stuhleinstellung optimal) und den Endmesswerten mit der Kondition *optimal eingestellt* (Messzeitpunkt 2, Stuhleinstellung optimal) betrachtet. In einem zweiten Vergleich waren für die Gruppe 1 (Tab. 2, Vergleich 2) mit den Konditionen *optimal eingestellt* und *Stuhl mit Armlehnen* die Energiemesswerte der Endmessung für die gemessenen Muskeln auf beiden Seiten höher als für die Anfangsmessung. Der m. trapezius rechts und der m. deltoideus anterior rechts verhalten sich entgegengesetzt und zeigen einen niedrigeren Energiemesswert am Ende der Messung.

Das Verlassen der Gewohnheitshaltung ist hierfür eine Erklärung. Die optimal eingestellten Armlehnen verändern die Sitz- und Arbeitshaltung. Der Mitarbeiter verlässt die gewohnte Sitz- und Arbeitsposition, und die Muskulatur muss sich auf diese Veränderung einstellen. Durch die Veränderung werden die untersuchten Muskeln anders angesprochen, die Gelenkstellungen im Schultergelenk werden verändert, und es ist denkbar, dass es dadurch zu der Muskeltonuserhöhung kommt. Den Zusammenhang zwischen Gelenkbelastung und individuellem Bewegungsverhaltens zeigt auch eine Untersuchung von Benno M. Nigg zu Schuheinlagen in Sportschuhen (23).

7.3.3 HYPOTHESE 3

Stuhlarmlehnen zeigen von Anfang an ihre entspannende und entlastende Wirkung.

Diese dritte Hypothese (Tab. 2, Vergleich 3) wird bestätigt. Es werden die Anfangsmesswerte mit den Konditionen für Gruppe 1, *Stuhl mit Armlehnen* und *selbst eingestellt*, mit den Anfangsmesswerten mit den Konditionen *Stuhl mit Armlehnen* und *optimal eingestellt* verglichen.

Für die Gruppe 1 (Abb.10) mit der Kondition *Stuhl mit Armlehnen* zeigen die Ergebnisse des Vergleichs der Anfangsmesswerte mit jeweils den Konditionen *selbst eingestellt* und *optimal eingestellt*, dass die Anfangsmesswerte für *optimal eingestellt* deutlich niedriger liegen. So sinkt z. B. der Energieverbrauch des m. trapezius rechts von 100 % auf ca. 60 %.

7.3.4 HYPOTHESE 4

Eine optimale Einstellung der Armlehnen führt auch am Ende der Messungen zu geringem Energieverbrauch.

Die Messergebnisse bestätigen: Wenn Armlehnen vorhanden sind und ergonomisch optimal eingestellt werden, ist die Energie, die von der untersuchten Muskulatur aufgebracht werden muss, bei der Endmessung tendenziell geringer als für eine Messung bei einem Stuhl ohne Armlehnen.

Für diese vierte Hypothese (Tab. 2, Vergleich 4) werden die Endmesswerte mit den Konditionen *Stuhl mit Armlehnen* und *selbst eingestellt* mit den Endmesswerten mit den Konditionen *Stuhl mit Armlehnen* und *optimal eingestellt* verglichen.

Es ergeben sich für die Gruppe 1 (Abb. 10) mit der Kondition *Stuhl mit Armlehnen* niedrigere Energiewerte für die Endmesswerte als mit der Kondition *selbst eingestellt*. Die Ausnahme bildet der m. infraspinatus rechts. Sowohl rechts als auch links weist der m. infraspinatus bei der Endmessung mit optimal eingestellten Armlehnen deutlich höhere Energiemesswerte auf. Für den m. infraspinatus rechts steigt der Energiewert von 72 % auf 109 %; für den m. infraspinatus links von 64 % auf 89 %.

7.4 HYPOTHESEN ZUR GRUPPE 2

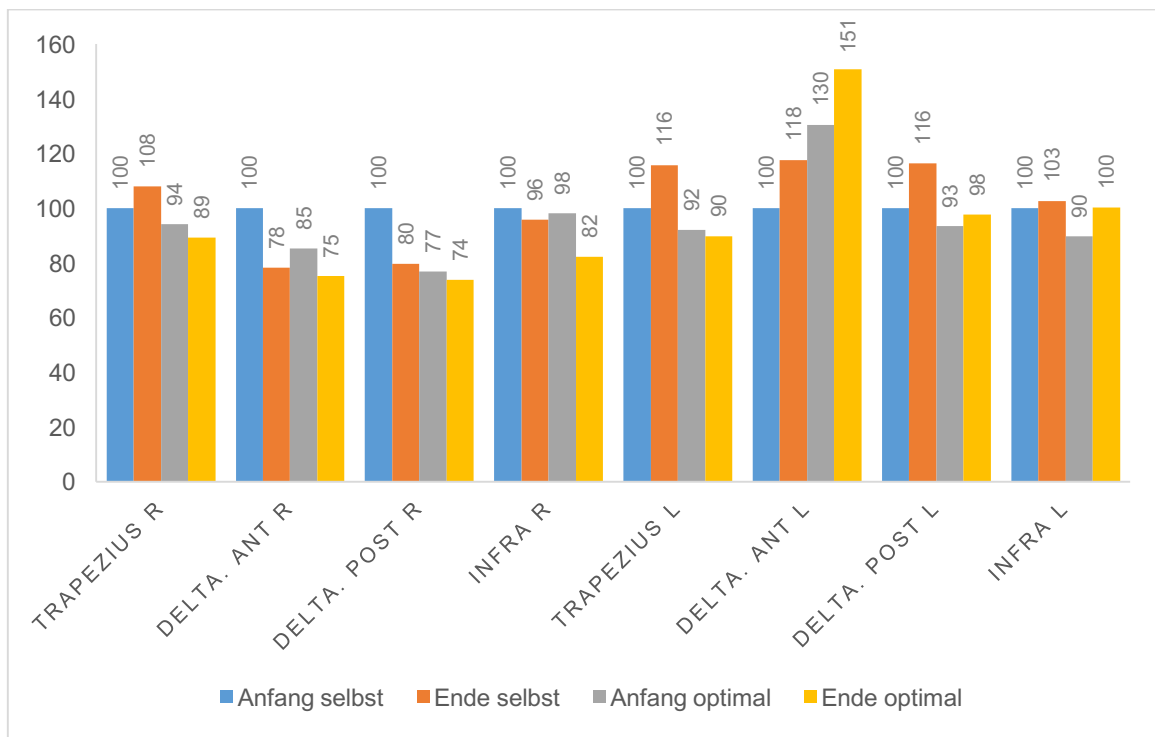


Abb. 11: Energiemesswerte Gruppe 2, Stuhl ohne Armlehnen (normiert auf Anfang selbst)

GRUPPE 2/ ABB. 11

VERGLEICH 1

Anfang selbst mit Ende selbst ohne Armlehne
(blauer und roter Balken)

VERGLEICH 2

Ende selbst mit Ende optimal (roter und gelber Balken)

Tabelle 3: Gruppe 2, Vergleich 1 und 2

7.4.1 HYPOTHESE 5

Arbeiten ohne Armlehnen ist auch für die nicht dominante Körperseite belastend wie die erhöhten Energiemesswerten der linken Körperseite (Abb.11) zeigen.

Bei einem Stuhl ohne Armlehnen kommt es bei einem Vergleich der Anfangs- und Endenergiemesswerte zu einer erhöhten Muskelspannung auf der linken nicht dominanten Körperseite, die den Draht hält. Vermutlich wird die rechte Hand als Arbeitshand auf dem Tisch abgelegt während sie die Röntgenmarker auffädelt und es kommt durch diese Gewichtsabgabe des Armgewichtes an den Tisch zu niedrigeren Energiemesswerten.

Diese fünfte Hypothese wird bestätigt durch die Ergebnisse des Vergleichs 1 (Tab. 3, Gruppe 2, Vergleich 1). Es wurde die Differenz aus den Anfangswerten mit der Kondition *selbst eingestellt ohne Armlehnen* und den Endmesswerten mit der Kondition *selbst eingestellt ohne Armlehnen* betrachtet. Dies bestätigt auch die Auswertung für die Gruppe 2 (Tab. 3, Gruppe 2, Vergleich 2). Hier sind die Energiemesswerte der Endmessung nur für den m. infraspinatus rechts, den m. deltoideus anterior rechts und den m. deltoideus posterior rechts niedriger sind als die Anfangsmesswerte. Die Energiemesswerte für die Muskulatur auf der linken Seite und für den m. trapezius rechts sind erhöht (um 8 %).

7.4.2 HYPOTHESE 6

Wenn die Armlehnen optimal ergonomisch eingestellt sind, dann kommt es zur Entlastung der zur Arbeit eingesetzten Muskulatur.

Diese sechste Hypothese (Tab. 3, Vergleich 2) kann bestätigt werden, wenn für die Gruppe 2 die Endmesswerte mit der Kondition *Stuhl ohne Armlehnen* mit den Endmesswerten für die Konditionen *Stuhl mit Armlehnen* und *optimal eingestellt* miteinander verglichen werden.

So liegen für die Gruppe 2 (Abb. 11) mit dem Vergleich zwischen den Konditionen *ohne Armlehnen* und *optimal eingestellten Armlehnen* die Energiemesswerte – außer für den m. deltoideus anterior links mit Armlehnen und einer optimalen Einstellung der Armlehnen – deutlich niedriger als für den Endwert für den Stuhl ohne Armlehnen. Hier haben wir für alle untersuchten Muskeln negative Werte, was gleichbedeutend mit einem geringeren Energieverbrauch ist, wenn die Armlehnen optimal eingestellt werden. (Abb.11)

7.5 HYPOTHESEN ZUM BEOBACHTUNGSPROTOKOLL

7.5.1 HYPOTHESE 7

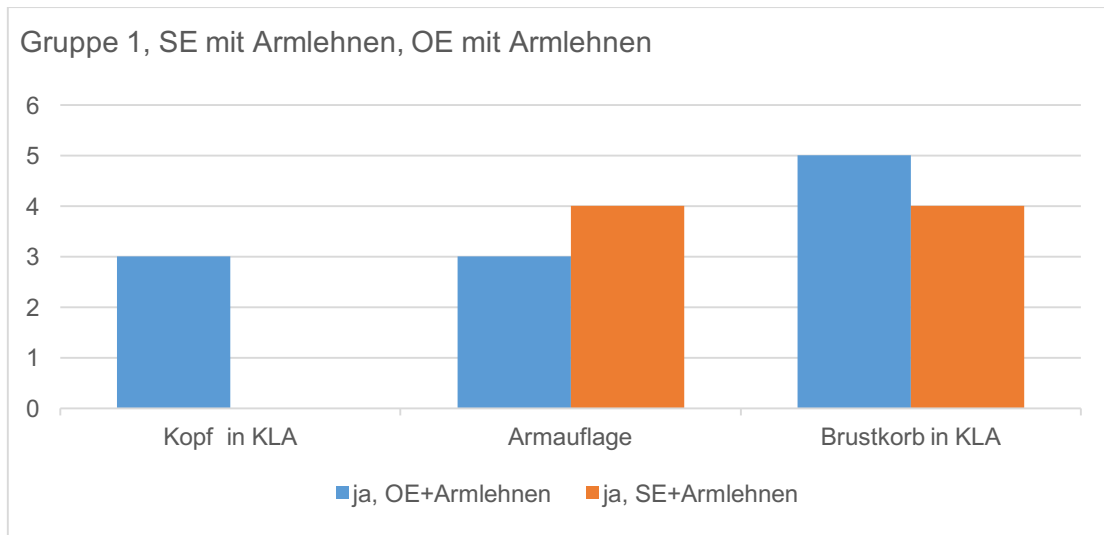


Abb. 12: Auswertung des Beobachtungsprotokolls; Einordnung der KA Kopf und Brustkorb in die KLA, OE = optimal eingestellt; SE = selbst eingestellt

Es wird die Hypothese aufgestellt, dass durch Armlehnen die statische Beanspruchung der Schulter-Nacken-Muskulatur reduziert wird. Dies zeigt die Auswertung des Beobachtungsprotokolls. Der KA Brustkorb wird von allen Probanden und der KA Kopf wird tendenziell von allen Probanden in die mittlere Frontalebene eingeordnet, wenn Armlehnen vorhanden sind und die Armlehnen optimal eingestellt werden. (Abb.12)

Wenn das Kopfgewicht in die KLA eingeordnet werden kann, dann ist die muskuläre Beanspruchung im Schulter-Nacken-Bereich geringer als bei der einer Ventralstellung des Kopfes. (Abb.12 und Abb. 3)

Im Fall der selbst eingestellten Armlehnen wird der KA Kopf nicht in die mittlere Frontalebene eingeordnet. (Abb.12)

7.5.2 HYPOTHESE 8 – NUTZERVERHALTEN

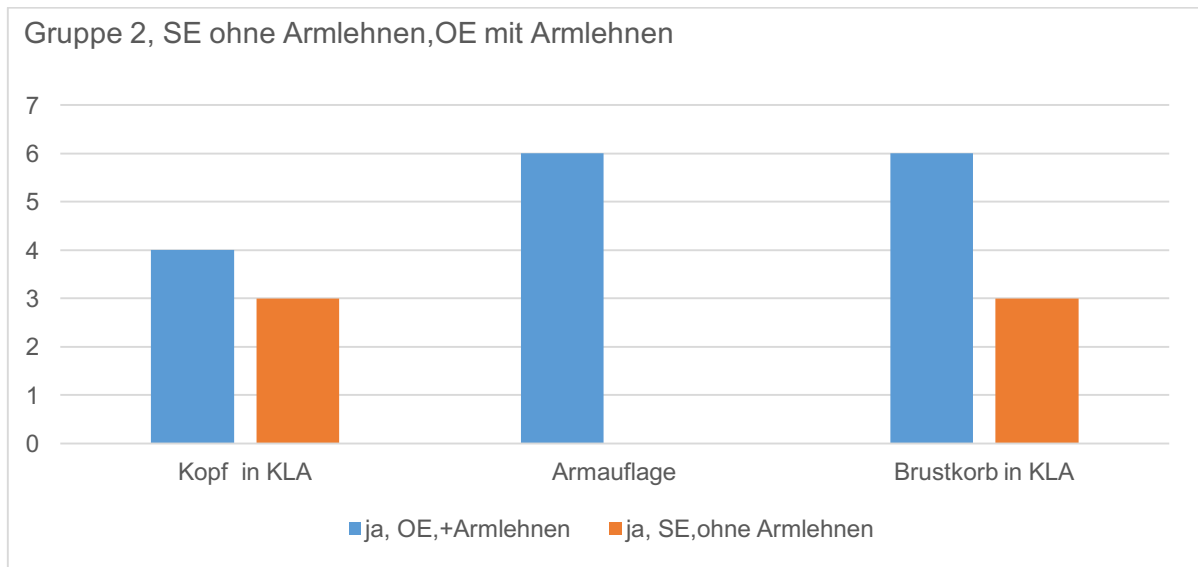


Abb. 13: Auswertung des Beobachtungsprotokoll; Armauflage, OE = optimal eingestellt; SE = selbst eingestellt

Wenn Armlehnen vorhanden sind, werden sie tendenziell immer genutzt (siehe Gruppe 2, Abb.13).

Die Hälfte der Probanden kann den KA Kopf und KA Brustkorb mit Armlehnen in die KLA einordnen. Damit wird das für die Muskulatur von Klein-Vogelbach postulierte ökonomische Prinzip erreicht (28).

7.6 DISKUSSION UND AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

In dieser Masterarbeit wurden die Muskelaktivitäten von 12 Probanden während der Ausführung repetitiver manueller Tätigkeiten auf einem Arbeitsstuhl mit ergonomisch einstellbaren Armlehnen untersucht. Es werden die Muskelaktivitäten auf einem Arbeitsstuhl, dessen Armlehnen die Probanden selbst eingestellt hatten, verglichen mit den Muskelaktivitäten auf einem Arbeitsstuhl, dessen Armlehnen ergonomisch optimal eingestellt waren. Die Autorin stellt die Hypothese auf, dass die Muskelaktivitäten auf einem Stuhl mit ergonomisch eingestellten Armlehnen geringer sind als auf einem Arbeitsstuhl mit selbst eingestellten Armlehnen.

Während der WT-EMG-Messungen wurden zwei unterschiedliche Gruppen gebildet. Die Gruppe 1 hatte im Gegensatz zu Gruppe 2 für beide Messungen einen Arbeitsstuhl mit Armlehnen. Die Gruppe 2 hatte statt der Selbsteinstellung der Armlehnen für die erste Messung einen Arbeitsstuhl ohne Armlehnen. Die Autorin ging davon aus, dass ein Arbeitsstuhl ohne Armlehnen den Unterschied der Muskelaktivitäten im Verhältnis zu den Muskelaktivitäten bei einem optimal eingestellten Arbeitsstuhl deutlicher macht.

7.6.1 DISKUSSION HYPOTHESE 1

Hypothese 1: Wenn der Arm sich auf einer Armlehne abstützen kann, dann ist die untersuchte Muskulatur des Schulter-Nacken-Bereichs auf dieser Seite deutlich entspannter als ohne die Möglichkeit des Abstützens bei einem Arbeitsstuhl ohne Armlehnen. Das bedeutet für die Arbeitshand eine entspannte Arbeitssituation. Das zeigt z. b. der Energiewert des m. trapezius rechts von 100 % auf 91 %. Auf der linken Körperseite fällt der Energieverbrauch für den trapezius links von 100 % auf 89 % und den m. infraspinatus links von 100 % auf 64 %. Er steigt dagegen für den m. deltoideus anterior links von 100 % auf 110 % und m. deltoideus posterior links von 100 % auf 106 %.

Die Muskulatur des Arbeitsarmes und der Arbeitshand ist bei RMT durch die kurzen Wiederholungen wie in Kapitel 3.1 beschrieben hoch intensiv beansprucht. Wie groß die Entlastung der Arbeitshand durch das Abstützen des Armes auf der Armlehne tatsächlich ist, sollte Thema weiterer Untersuchungen sein. Ein Vergleich mit Linkshändern, um dieses Ergebnis zu bestätigen, bietet sich zusätzlich an.

7.6.2 DISKUSSION HYPOTHESE 2

Hypothese 2: Die Ergebnisse in Kapitel 7.3.1 bekräftigen die Hypothese, dass die Muskulatur des Mitarbeiters, der auf einem Stuhl mit professionell optimal eingestellten Stuhlarmlehnen arbeitet, bereits am Anfang der Messung entspannter ist als bei dem Mitarbeiter, der auf einem Stuhl mit selbst eingestellten Armlehnen arbeitet. In weiteren Untersuchungen sollten die qualitativen Voraussetzungen für das optimale Einstellen von Armlehnen ermittelt werden, um Richtlinien zu entwickeln.

Die Resultate für den m. deltoideus anterior li / Gruppe 2 und den m. deltoideus anterior re / Gruppe 1, fallen mit ihren bereits hohen Anfangswerten (normiert auf *selbst eingestellt*) aus den übrigen Messdaten heraus und konnten daher nicht für einen Vergleich verwendet werden. Es ist anzunehmen, dass ein technisches Messproblem vorlag. Es wäre daher sinnvoll in einer weiteren Untersuchung zu überprüfen, ob der m. deltoideus anterior die Zentrierung des

Humeruskopfes im Schultergelenk zusammen mit der Rotatorenmanschette bei einer optimalen Einstellung der Armlehnen übernimmt und dadurch die vergleichsweise hohen Messwerte entstehen.

7.6.3 DISKUSSION HYPOTHESE 3

Der Vergleich zwischen den Konditionen *Stuhl ohne Armlehnen* und *Stuhl mit professionell ergonomisch eingestellten Armlehnen* bestätigen nach einer Dauer von 5 Minuten die Hypothese, dass die untersuchten Muskelgruppen entspannter sind, wenn Armlehnen vorhanden sind und außerdem ergonomisch professionell eingestellt wurden.

Es wäre interessant, diese Messungen nach einer längeren Arbeitsdauer vorzunehmen, um zu überprüfen, ob die Muskulatur sich tatsächlich entspannt oder ob die erste Entspannung, die nach 5 Minuten gemessen wurde, sich nach 30 Minuten bestätigt oder sich durch die Arbeitsbelastung mit hohen Durchführungsfrequenzen und hohem Kraftaufwand der Finger entsprechend der RMT erneut hohe Energie aufbaut.

7.6.4 DISKUSSION HYPOTHESE 4

Die Ergebnisse der Messungen für die linke Armseite zeigen einen höheren Muskeltonus als für die Arbeitshand der rechtshändigen Probanden. Eine Erklärung ist die Art der Arbeit, denn mit der linken Hand wird der Draht gehalten. Die Beanspruchung der Muskulatur führt durch die quasistationäre Arbeit zu einem hohen Muskeltonus. Eine weitere Untersuchung mit RMT sollte mit einer größeren Probandenzahl überprüfen, ob sich diese Annahme bestätigt. Es wäre interessant in weiteren Untersuchungen die Auswirkungen der RMT auf die nicht dominante Hand zu untersuchen und eventuell das Ergebnis zu bestätigen.

In einer weiteren Untersuchung kann z. B. durch den Vergleich von zwei unterschiedlichen RMT Arbeitsaufgaben, die sich in den Ausführungsmodalitäten hinsichtlich des Bewegungsmaßes voneinander unterscheiden, geprüft werden, ob die quasistationäre Arbeitsaufgabe durch die RMT die Messwerte auf der nicht dominanten Seite heraufsetzt.

7.6.5 DISKUSSION HYPOTHESE 5

Die Beanspruchung der Muskulatur, d.h. deren Energieverbrauch, ist bei einem Stuhl ohne Armlehnen, insbesondere für den m. trapezius rechts, hoch.

Dies Ergebnis spricht für eine Entlastung durch Armlehnen und zeigt deutlich den Vorteil gegenüber Arbeitsstühlen ohne Armlehnen.

7.6.6 DISKUSSION HYPOTHESE 6

Wenn Armlehnen vorhanden sind und körpergerecht optimal ergonomisch eingestellt werden, dann entspannt sich die Muskulatur sowohl für die Arbeitshand als auch für die nicht dominante Seite.

Nur der m. deltoideus anterior links verhält sich auch hier abweichend. Der m. deltoideus anterior links weist deutlich höhere Endmesswerte für den Energieverbrauch auf. Dies zeigt die Berechnung der Differenz aus den Mittelwerten *Ende selbst eingestellt* und *Ende optimal eingestellt* normiert auf den Anfangswert *selbst eingestellt*. Eine Erklärung liefert Hochschild (siehe 3.3), die den m. deltoideus als den Muskel beschreibt, der den Humeruskopf zentriert und damit während RMT eine wesentliche Aufgabe erfüllt (12).

7.6.7 DISKUSSION HYPOTHESE 7

Bei einer Einordnung des KA Kopf und des KA Brustkorb im Sitzen kommt es bei RMT zu einer Entlastung der Wirbelsäule.

Die Resultate aus dem Beobachtungsprotokoll zeigen, dass ein Arbeitsstuhl mit Armlehnen die Einordnung des Brustkorbs in die KLA deutlich besser ermöglicht als ein Arbeitsstuhl ohne Armlehnen. Das gilt auch zu 50 % für den KA Kopf. Die Autorin geht von einer Entlastung der Schulter-Nacken-Muskulatur aus, wenn der KA Kopf in die KLA eingeordnet ist und das Kopfgewicht abgenommen wird. Die Einordnung des KA Kopf in die KLA wird verbessert und ermöglicht, wenn zusätzlich noch der KA Brustkorb in die KLA eingeordnet ist.

Der reaktive Hypertonus der Schulter-Nacken-Muskulatur auf das Kopfgewicht kann so vermieden werden.

7.6.8 DISKUSSION HYPOTHESE 8

Wenn ein Arbeitsstuhl Armlehnen hat, dann werden diese genutzt. Daher sind an einem Arbeitsstuhl Armlehnen sowohl erforderlich als auch deren optimale nutzergerechte Einstellungen notwendig. Dies zeigen die Ergebnisse aus dem Beobachtungsprotokoll und bestätigen damit die Hypothese 1, Hypothese 2 und Hypothese 6. Wenn Armlehnen vorhanden sind, werden sie genutzt und es kommt durch die Einordnung des KA Kopfes und des KA Brustkorb in die KLA zu einer Entlastung der Schulter-Nacken-Muskulatur im Sinne des von Klein-Vogelbach geforderten ökonomischen Prinzips (28). Um diese Aussage zu bekräftigen, ist eine Untersuchung mit einer repräsentativen Probandengruppe notwendig. Das Beobachtungsprotokoll ist dann zu überprüfen und gegebenenfalls zu ergänzen.

8 FAZIT

Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit Hilfe des OEMG der Spannungszustand der Schulter-Nacken-Muskulatur bei RMT messen lässt und der Spannungszustand der Schulter-Nacken-Muskulatur durch die Ablage des Armes auf Armlehnen deutlich niedriger ist als auf einem Stuhl ohne Armlehnen.

Ein wesentlicher Faktor für die Entstehung eines hohen Spannungszustands der Schulter-Nacken-Muskulatur scheint die Einordnung des KA Kopf in die KLA zu sein. Auf welche Weise und unter welchen Bedingungen der KA Kopf in die KLA eingeordnet werden kann, sollte in weiteren Studien untersucht werden. Insbesondere ist zu erforschen, inwieweit das Sitzverhalten die Einordnung des KA Kopf in die KLA beeinflusst.

Das Beobachtungsprotokoll mit den Beobachtungskriterien aus der FBL Functional Kinetics Klein-Vogelbach sollte ergänzt, überprüft und überarbeitet werden, damit es als Instrument zur Bewertung von muskulärer Beanspruchung durch Belastungen an Arbeitsplätzen in der Praxis angewandt werden kann. Bei RMT im Sitzen sollten für die Zentrierung des Schultergelenkes und die Einordnung des Kopfes Beobachtungskriterien nach funktionellen Kriterien entwickelt und in einer Studie überprüft werden. Eine präzisere Analyse des Schultergelenkes an Arbeitsplätzen und eine präzisere Instruktion von Verhaltensweisen hinsichtlich einer Entlastung des Schultergelenkes wären durch Beobachtungskriterien, wie es die Functional Kinetics nach Klein-Vogelbach aufgestellt haben, vereinfacht.

Die Stuhlhersteller sollten über die Gewichtsabnahme des Armes hinaus die Einstellmöglichkeiten der Stühle verbessern, indem die Armlehnen eine konstitutionelle Anpassung in allen drei Ebenen ermöglichen. Das bedeutet, dass die Armlehnen sich sowohl in der Höhe auf die Oberarmlänge als auch in der Tiefe auf die Unterarmlänge und schließlich auch in der Breite auf den frontotransversalen Brustkorbdurchmesser des Nutzers in Höhe seiner Ellenbogen einstellen lassen. Zur Diskussion sollte die Beschaffenheit von Armlehnen in der Produktion stehen. Hier sollten die Rahmenbedingungen, die durch die Art der jeweiligen Tätigkeit vorgegeben sind, berücksichtigt werden.

Diese Studie sollte mit einer großen Zahl von Probanden an Arbeitsplätzen mit RMT, aber auch an anderen Arbeitsplätzen erneut durchgeführt und überprüft werden. Als Variablen bieten sich an: ergonomische Gestaltung der Armlehnen, Einstellmöglichkeiten zur Breite durch unterschiedliche Befestigungen am Stuhl, Varianz der Tätigkeiten, betriebliche Untersuchungsbereiche und ein Vergleich zwischen unterschiedlichen Beobachtern.

Diese Studie zeigt im Ansatz, dass die Verhaltensergonomie der richtige Weg und eventuell sogar der Schlüssel zur erfolgreichen Prävention ist. Verhaltensergonomie und Verhältnisergonomie werden in dieser Studie miteinander verknüpft. Es wird gezeigt, dass Armlehnen den Mitarbeiter bei der Ausführung seiner Tätigkeiten unterstützen. Die Studie kann nachweisen, dass letzten Endes die optimale Einstellung der Armlehnen auf die Konstitution des Mitarbeiters, seinen Arbeitsablauf und seine Tagesform über die Entlastung der Muskulatur und den Erfolg von Armlehnen entscheidet.

Diese Arbeit trägt mit ihrem Ergebnis dazu bei, eine quantitative Verringerung der AU-Tage durch die Verbindung von Verhaltens- und Verhältnisprävention nachzuweisen. Ein Kausalzusammenhang zwischen der Reduzierung des Krankenstandes durch MSE und sinkender AU-Tage liegt nahe. Es wird die Aufgabe späterer Forschung sein, diesen Ansatz weiter zu untersuchen.

Damit ist möglicherweise ein Ansatz für Interventionen in dem BGM gefunden, um dem hohen Krankenstand durch MSE im Schulter-Nacken-Bereich zu begegnen. Der FBL-Physiotherapeut als Experte in Haltung und Bewegung am Arbeitsplatz findet hier ein breites Aufgabenfeld vor. Die Beobachtungskriterien nach FBL Functional Kinetics Klein-Vogelbach sind vorhanden. Die FBL Functional Kinetics ist gefordert, diese auf Arbeitssituationen zu übertragen und als Analysebogen entsprechend dem Status nach Klein-Vogelbach zu systematisieren. Damit wäre Evaluation von verhaltensergonomischen Maßnahmen in das betriebliche Gesundheitsmanagement möglich. Die Wirtschaftlichkeit der Verhaltensergonomie ergibt sich aus dem Nachweis erfolgreicher Studien, wie am Beispiel dieser Arbeit gezeigt.

Erfolgreiche Prävention von MSE würde zukünftig bedeuten, die Verhältnisse technisch und ergonomisch innovativ prozessorientiert anzupassen und gleichzeitig die Mitarbeiter zu schulen, damit diese die Veränderungen akzeptieren und für ihre Gesundheit nutzen.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Badura, Bernhard et al. (1999): *Betriebliches Gesundheitsmanagement – ein Leitfaden für die Praxis*. Forschung aus der Hans-Böckler-Stiftung, Arbeit, Beschäftigung, Bildung, Bd. 17. Berlin: Edition Sigma Rainer Bohn Verlag.
- 2 Badura, Bernhard et al. (2011): *Fehlzeiten-Report 2011: Führung und Gesundheit*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag .
- 3 BAuA (Hrsg.) (2014): *Bekanntmachungen von Arbeitsmedizinischen Regeln (AMR 13.2)*. GMBI Nr. 76-77, 23. Dezember 2014, S. 1571 (2.3).
- 4 BAuA (Hrsg.) (2016): *Ergonomische Anforderungen an den Bürodrehstuhl*. http://www.baua.de/cln_135/de/Themen-von-A-Z/Bueroarbeit/Ergonomische-Anforderungen.html#doc677348bodyText3 (Zugriff 22.04.2016).
- 5 Beuth Verlag, DIN e.V. (2014): *Industrie work chair, Norm DIN 68877-1:2014-10* (neu seit 05/2016: DIN-68877-1:2016-05): Beuth Verlag.
- 6 BG ETEM Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (02/2013): *Stühle für den Industriearbeitsplatz*. BG-Infoblatt Best.-Nr. 319.
- 7 BMAS / BAuA (Hrsg.) (2007): *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2005. Unfallverhütungsbericht Arbeit*. Dortmund Berlin Dresden: BAuA. <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Suga-2005.html> (Zugriff 22.04.2016).
- 8 BMAS / BAuA (2013): *Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2012. Unfallverhütungsbericht Arbeit*. Dortmund Berlin Dresden: BAuA. <http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Suga-2012.html> (Zugriff 22.04.2016).
- 9 Bürge, Elisabeth / Spirgi-Gantert, Irene (2013): *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics. Ballübungen, Instruktion und Analyse*. 5., vollst. überarb. Aufl. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- 10 DGUV (Juli 2009): *Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 46 „Belastungen des Muskel- und Skelettsystems einschließlich Vibrationen“*. DGUV Information 240-460.
- 11 Gebhardt, Hansjürgen / Klußmann, André et al. (2006): *Beschwerden und Erkrankungen der oberen Extremitäten an Bildschirmarbeitsplätzen*. F1082: Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- 12 Hochschild, Jutta (Hrsg.) (2005): *Strukturen und Funktionen begreifen, Band 1: Grundlagen zur Wirbelsäule, HWS und Schädel, BWS und Brustkorb, Obere Extremität*. 3., unveränderte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag.

- 13 Jaeger, Corinna (2013): *Leistungsfähig sein und bleiben – Hinweise für Unternehmen und Beschäftigte*. In: Betriebspraxis und Arbeitsforschung. Ausgabe 216, S. 16-23.
https://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/Downloads/Leistungsfahig_sein_und_bleiben_-_Hinweise_fuer_Unternehmen_und_Beschaeftigte.pdf (Zugriff 22.4.2016)
- 14 Klein-Vogelbach, Susanne (Hrsg.) (1984): *Funktionelle Bewegungslehre*. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer-Verlag.
- 15 Klein-Vogelbach, Susanne / Lahme, Albrecht / Spirgi-Gantert, Irene (2000): *Musikinstrument und Körperhaltung*. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.
- 16 Konrad, Peter (2005): *EMG-Fibel. Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie*. Velamed Medizintechnik GmbH Eigenverlag.
- 17 Kugler, Michaela / Bierwirth, Max / Schaub, Karlheinz / Sinn-Behrendt, Andrea / Feith, Alexandra / Ghezal-Ahmadi, Kazem / Bruder, Ralph (2010): *KoBRA. Ergonomie in der Industrie – aber wie? Handlungshilfe für den schrittweisen Aufbau eines einfachen Ergonomiemanagements*. Institut für Arbeitswissenschaften der TU Darmstadt. Darmstadt.
<http://www.kobra-projekt.de/page/handlungshilfe> (Zugriff 22.4.2016)
- 18 Landau, Kurt / Pressel, Gerhard (Hrsg.) (2009): *Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen*. 2., vollständig neubearbeitete Auflage: Gentner Verlag.
- 19 Lange, Wolfgang / Windel, Armin (2003): *Kleine Ergonomische Datensammlung*. 9. überarbeitete Auflage. BAuA (Hrsg.): TÜV-Verlag GmbH.
- 20 Leitlinie Quality Office. (L-Q2010). <http://quality-office.org/de/leitlinie/> (Zugriff 22.4.2016)
- 21 Merkel, Torsten / Schmauder, Martin (2012): *Ergonomisch und normgerecht konstruieren. Handlungsleitfaden zur Anwendung von Richtlinien und Normen in der ergonomischen Produktgestaltung*. DIN e.V. (Hrsg). Berlin Wien Zürich: Beuth Verlag GmbH.
- 22 Möglich, Dorothee / Sinn-Behrendt, Andrea / Bruder, Ralph (2015): *Requirements to assess physical work-ability of production workers in the manufacturing industry*. Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, 09.-14.08.2015, Melbourne (Australien).
- 23 Nigg, Benno M. (2010): *Biomechanics of Sport Shoes*. University of Calgary, Alberta: Topline Printing Inc.

- 24 Präventionsgesetz (PrävG) vom 17. Juli 2015: Bundesgesetzblatt 2015 Teil I Nr. 31 vom 24.07.2015.
http://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBI&jumpTo=bgbl115s1368.pdf#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl115s1368.pdf%27%5D__1466528987509 (Zugriff 22.04.2016).
- 25 Radunz, Vicky / Kretschmer, Verena (2011): *Gesundheitsmanagement und krankheitsbedingte Fehlzeiten in der Bundesverwaltung*. In: Badura et al. (2011), s.d., S. 393-403.
- 26 Sorgatz, Harido (2002): *Repetitive strain injuries*. In: Der Orthopäde (10), 2002, S. 1006.
- 27 Spirgi-Gantert, Irene (2012): *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics. Therapeutische Übungen*. 6. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- 28 Suppé, Barbara (2007): *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics: Die Grundlagen. Bewegungsanalyse, Untersuchung, Behandlung*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- 29 Suppé, Barbara / Bongartz, Matthias (Hrsg.) (2013): *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics praktisch angewandt: Brustkorb, Arme und Kopf untersuchen und behandeln*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- 30 Sust, Charlotte A. / Lorenz, Dieter / Völker, Katy (2010): *Bildschirmarbeitsplätze in der Produktion*. Dortmund Berlin Dresden: BAuA (Hrsg.), S. 18.
- 31 Tschärner, Vinzenz von (2000): *Intensity analysis in time-frequency space of surface myoelectric signals by wavelets of specified resolution*. In: Journal of Electromyography and Kinesiology 10 (2000), S. 433-445.
- 32 VBG (2015): *Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung*. DGUV Information 215-410 (bisher BGI/GUV-I 650). Berlin: DGUV (Hrsg.), S. 57.
- 33 Vos, Gordon A. / Congleton, Jerome J. / Moore, J. Steven / Amendola, Alfred A. / Ringer, Larry (2006): *Postural versus chair design impacts upon interface pressure*. In: Applied Ergonomics 37 (5), 2006, S. 619-628.
- 34 Windel, Armin (2011): *Sitzlust statt Sitzfrust*. Dortmund: BAuA (Hrsg.).
- 35 Zemp, Roland / Taylor, William R. / Lorenzetti, Silvio (2016): *Seat pan and backrest pressure distribution while sitting in office chairs*. In: ELSEVIER Applied Ergonomics (53) 2016, S. 1-9.

ANHANG A

Fragebogen zur Studie

Sind Sie zur Zeit sportfähig?

- ☐ Nein
- ☐ Ja

Gab es bei Ihnen in den letzten 12 Monaten irgendwelche körperlichen Beschwerden (Erkrankungen / Verletzungen im Oberkörper)?

- ☐ Nein
- ☐ Ja

Welcher Art? _____

Nehmen Sie irgendwelche Medikamente ein?

- ☐ Nein
- ☐ Ja

Ich schätze meinen Trainingszustand ein als:

- ☐ gut
- ☐ mittel
- ☐ schlecht

Haben Sie am ErgonomieProgramm Fit@b.braun teilgenommen?

- ☐ Nein
- ☐ ja

Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

> Erfolgchancen des individuellen Anpassens ergonomischer Arbeitsmittel an Industriearbeitsplätzen mit repetitiven manuellen Tätigkeiten<

Der Einfluss individueller Anpassung von ergonomischen Armlehnen und Steh-Sitz-Arbeitstischen auf die Beanspruchung der Schulter-Nacken-Muskulatur von Mitarbeitern in Industrieunternehmen.

Proband: _____

Geburtsdatum: _____

Probandennummer: _____

Vermerke zum Aufklärungsgespräch:

Schriftliche Einwilligung

1. Alle Fragen zu dieser vorgesehenen Studie wurden von der Studienleiterin, Frau Ulrike Lübbert, zu meiner Zufriedenheit beantwortet.
2. Ich bin über Wesen, Bedeutung und Dauer dieser Studie aufgeklärt worden, habe die Probendenaufklärung vollständig gelesen und verstanden und hatte genügend Zeit für meine Entscheidung.
3. Ich bin damit einverstanden, dass meine Daten, die im Rahmen der Studie erhoben werden, in anonymisierter Form aufgezeichnet und zur wissenschaftlichen Auswertung verwandt werden. Ich bin weiter damit einverstanden, dass erfolgte Aufzeichnungen von Daten anonymisiert weiter gegeben werden dürfen.
4. Ich bin darauf hingewiesen worden, dass alle Daten der ärztlichen und therapeutischen Schweigepflicht unterliegen und die wissenschaftliche Auswertung anonym erfolgt.

Hiermit gebe ich mein Einverständnis für die Teilnahme an dieser Studie unter dem Vorbehalt, jederzeit – auch ohne Angaben von Gründen – zurücktreten zu können.

Eine Kopie der Probandeninformation und Einverständniserklärung ist mir ausgehändigt worden.

Ort, Datum und Unterschrift
der Studienleiterin

Ort, Datum und Unterschrift
des Studienteilnehmers

SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Die Unterzeichnende erklärt hiermit, die vorliegende Arbeit selbstständig und auf der Grundlage des eigenen Gedankengutes verfasst zu haben. Die Angaben der Quellen sind nach bestem Wissen vollständig. Textzitate sind wörtlich und als solche gekennzeichnet.

Die Unterzeichnende ist sich bewusst, dass ein Verstoß gegen die Eigenständigkeitserklärung ein schwerer Verstoß gegen die akademischen Regeln darstellt. Die Unterzeichnende weiß, dass die Abgabe eines Plagiats in der Wissenschaft schwer geahndet wird bis hin zum nachträglichen Entzug des akademischen Titels.

Titel der Arbeit:

Nachhaltige Verhaltensergonomie am Beispiel des Arbeitsstuhls –

Erfolgschancen des individuellen Anpassens ergonomischer Arbeitsmittel an Industriearbeitsplätzen mit repetitiven manuellen Tätigkeiten

Verfasserin: Ulrike Lübbert

Berlin, 7.7.2016

