



3 Ergebnisse

3.1 Untersuchte Tätigkeiten in den beteiligten Unternehmen (Ist-Zustand)

Die in den einzelnen Unternehmen untersuchten Tätigkeiten werden anhand von Abbildungen und kurzen Beschreibungen einzelner Arbeitsvorgänge vorgestellt. Die geschilderten Tätigkeiten sind als typisch für die dort untersuchten Arbeitsinhalte anzusehen, die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Einen ersten Überblick über die Nähtätigkeiten und die Bedingungen, unter denen die Mitarbeiterinnen gearbeitet haben, gibt Tabelle 7.

Tabelle 7:
Untersuchte Nähtätigkeiten in den acht am Projekt beteiligten Unternehmen

Unternehmen	Körperhaltung bei Nähtätigkeit	Eingesetzte Nähmaschine	Teilegröße/ Gewicht	Bearbeitetes Teil	Seh- abstand in mm	Zykluslänge produkt- bezogen in min
Berger	Sitzen	Flachbett	Sehr groß	Zelt	300 bis 400	52 bis 76
Gabor	Sitzen Stehen	Flachbett, Säule	Klein	Schuhteil	260 bis 350	0,4 bis 0,5
Klotz	Sitzen	Freiarm, Flachbett, Säule	Groß	Sakko	250 bis 340	0,5 bis 2
Lowa	Sitzen	Säule	Klein	Wanderschuhteil	250	1,0 bis 4,0
MEWA	Stehen	Flachbett, Freiarm	Mittel/Groß	Arbeitskleidung	400	2 bis 5
RECARO	Sitzen	Flachbett, Säule	Groß/ Mittel	Sitzbezug/ Kopfstütze	300 bis 400	3,5 bis 21
Steiff	Sitzen	Flachbett	Sehr klein	Plüschtier	320 bis 450	10 bis 15
Triumph	Sitzen	Block, Flachbett	Mittel/Klein	Trikot/BH	320 bis 400	0,4 bis 0,6



Sowohl sitzende als auch stehende Nähtätigkeit wurde untersucht; überwiegend waren Flachbettmaschinen im Einsatz, aber auch auf Säulen-, Freiarm- und Blockmaschinen wurde genäht.

Das Produktspektrum reichte von Produkten wie Vorzelten, die sehr groß (ca. 6 x 4 m) und schwer (12 kg) waren, bis zu Teilen von Stofftieren, die sehr klein (30 x 20 mm) und sehr leicht (< 20 g) waren. Der bei der Tätigkeit eingenommene Sehabstand (Auge zu Nadel) variierte zwischen 250 und 450 mm.

Die Zyklusdauer, also die Zeit, die zur Herstellung eines bearbeiteten Teils benötigt wurde, unterliegt sehr großen Variationen. Relativ kurzzyklischen Tätigkeiten in der Schuhindustrie standen langzyklische Tätigkeiten beim Bearbeiten großer Teile (Sitzbezüge, Zelte) gegenüber. Die Zyklusdauer wird bestimmt durch die Arbeitsteiligkeit der Herstellung. Hier wurden in den untersuchten Unternehmen unterschiedliche Produktionskonzepte vorgefunden. Hohe Arbeitsteiligkeit lag vor bei der Bearbeitung von Schuhen und Wäscheteilen, etwas geringere Arbeitsteilung fand sich bei der Herstellung von Herrenoberbekleidung, geringere Arbeitsteilung bei der Reparatur von Berufskleidung, dem Nähen von Stofftieren, Sitzbezügen und Kopfstützen sowie Zelten.

Einen Einblick in die bei der Fa. Berger ausgeführte Tätigkeit gibt Abbildung 14 (siehe Seite 59). Das aufwändige und belastende Handling der großen und schweren Planen, aus denen die Zelte genäht werden, ist gut zu erkennen. Die Tätigkeitsausführung erfolgt trotz der erforderlichen langen Bewegungswege beim Erzeugen der langen Nähte und der kraftaufwändigen Schiebe- und Ziehvorgänge an der Plane überwiegend in sitzender Körperhaltung. Lediglich die Vorbereitung der Teile, das Zusammenlegen der Zelte und der Transport des fertig bearbeiteten Zeltes werden in stehender Körperhaltung ausgeführt.

Die bei der Fa. Berger durchgeführte Nähtätigkeit beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Plane auslegen (vorbereiten)

- Plane nähen



- Aufstehen und Plane vorschieben
- Band vorbereiten (im Stehen)
- Band annähen
- Aufstehen und Zelt zusammenlegen
- Zelt wegtransportieren (ca. 15 m)
- Faden abschneiden, einfädeln, kleine Störungen beseitigen.

Abbildung 14:
Nähen von Zelten bei der Fa. Berger in sitzender Körperhaltung,
Ausführung von Nebentätigkeiten in stehender Körperhaltung



Abbildung 15 (siehe Seite 60) zeigt zwei bei der Fa. Gabor untersuchte Nähtätigkeiten an Sitz- und Steharbeitsplätzen. Der Sitzarbeitsplatz ist mit einer Flachbettmaschine ausgestattet, an der kleine Schuhteile miteinander vernäht werden. Kritisch ist an diesem Arbeitsplatz die aufgrund der Arbeitsplatzgestaltung eingenommene ungünstige Körperhaltung mit starker Rückenbeugung. Der untersuchte Steharbeitsplatz



ermöglicht eine günstige Haltung der Wirbelsäule, beinhaltet aber hohe Anteile an statischer Haltungs- und Haltearbeit, da die Hände frei im Raum bewegt und gehalten werden müssen. Die an der Säulenmaschine ausgeführten Nähaufgaben ermöglichen die Nahtbildung an dreidimensionalen Arbeitsobjekten.

Abbildung 15:
Nähen von Schuhteilen bei der Fa. Gabor in sitzender und stehender Körperhaltung



Die bei der Fa. Gabor untersuchten Nähtätigkeiten beinhalten folgende Arbeitsschritte:

Flachbettmaschine im Sitzen:

- Teil 1 von Ablage rechts holen und mittig zur Nadel positionieren
- Teil 2 von Ablage links holen und über Teil 1 positionieren
- beide Teile miteinander halbrund vernähen
- vernähtes Teil ablegen
- paarweise (6 oder 12) bündeln
- Partienummer und Arbeitsplannummer notieren.



Säulenmaschine im Stehen:

- Teil von Ablage links aufnehmen
- Teil unter Nadel legen
- Nähvorgang starten durch Drücken auf das Fußpedal
- Teil vernähen, dabei mit Schere korrigieren
- Naht verriegeln durch Drehen des Fußpedals
- Teil ablegen
- Faden mit Schere abschneiden.

Die bei der Fa. Klotz untersuchte Nähtätigkeit an Sitzarbeitsplätzen ist in Abbildung 16 (siehe Seite 62) dargestellt. Die Herstellung von Herrensakkos ist arbeitsteilig organisiert. Jede Näherin verrichtet Teilvorgänge bei der Herstellung eines Bekleidungsstücks ausschließlich im Sitzen an Flachbettmaschinen. Besonders hohe Belastungen treten beim Ab- und Aufhängen des Sakkos von der Transportstange in sitzender Körperhaltung auf. Die durch die Gestaltung des Arbeitstischs und der Fußauslösung vorgegebene gebeugte Körperhaltung ist charakteristisch für die Tätigkeit.

Die bei der Fa. Klotz untersuchte Nähtätigkeit beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Sakko vom Bügel holen und wenden
- Sakko auf Arbeitstisch ablegen
- mit Schere einschneiden
- Sakko nähen (Klebspunkte unterschieben)
- Sakko wenden und weglegen
- Sakko auf Kleiderbügel aufspannen
- Sakko aufhängen.



Abbildung 16:
Nähen von Herrenoberbekleidung bei der Fa. Klotz in sitzender Körperhaltung,
rechts die gefertigten Produkte



Bei der Fa. Lowa werden an Sitzarbeitsplätzen Wanderschuhe genäht. Die räumlichen Nähte werden mit Säulenmaschinen erzeugt, Gewicht und Größe der Teile variiert in Abhängigkeit vom Bearbeitungsstand. Die Belastungen sind mit denen bei der Fa. Gabor am dort untersuchten Steharbeitsplatz vergleichbar; sie beinhalten höhere Anteile an statischer Haltungs- und Haltearbeit, da die Hände frei im Raum bewegt und gehalten werden müssen. Da die Tätigkeit aber ausschließlich in sitzender Körperhaltung ausgeführt wird, finden sich hier zusätzlich die sitzarbeitsplatztypischen Probleme der Rückenbeugung und ungünstigen Sitzhaltung (Abbildung 17, siehe Seite 63).

Die bei der Fa. Lowa untersuchte Nähtätigkeit von Wanderschuhen beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Teil aufnehmen
- Zungenteile zusammensteppen
- Teil ablegen
- Teil aufnehmen



- Beutelzunge einsteppen
- zweite Naht einsteppen
- Schaffteil ansteppen
- Teil ablegen.

Abbildung 17:
Nähen von Wanderschuhen bei der Fa. Lowa in sitzender Körperhaltung



Die bei der Fa. MEWA untersuchte Nähtätigkeit beinhaltet die Reparatur von Berufskleidung (Abbildung 18, siehe Seite 64). Diese Tätigkeit, die je nach Arbeitsumfang auf einer Flachbett- oder Freiarmmaschine ausgeführt wurde, wird grundsätzlich in stehender Körperhaltung verrichtet. Durch die verschiedenen Arbeitsstellen an den beiden Maschinen, an dem zwischen den Maschinen befindlichen Arbeitstisch und an der Fördertechnik kommt es zu einem häufigen Wechsel, wodurch kurzzeitige statische Belastungen der Fuß-, Bein- und Rumpfmuskulatur von dynamischen Belastungen abgelöst werden. Eine vergleichsweise bewegungsintensive Tätigkeitsausübung wurde in keinem anderen Nähbetrieb der Untersuchungsreihe aufgefunden.



Abbildung 18:
Reparaturnähen von Berufskleidung bei der Fa. MEWA in stehender Körperhaltung



Die bei der Fa. MEWA untersuchte Nähtätigkeit (Reparatur von Berufskleidungsstücken) beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Kleidungsstück vom Transportmittel entnehmen und ablegen (Tätigkeitsbeginn)
- Kleidungsstück kontrollieren und auslegen
- Nähte auftrennen
- defekte Nähte am Kleidungsstück nähen auf Freiarm-/Flachbettmaschine
- Flicken aussuchen und zuschneiden
- Flicker aufsetzen und aufnähen
- Teile codieren und ablegen (Tätigkeitsende).



Bei der Fa. RECARO wurde Nähtätigkeit an Sitzarbeitsplätzen bei der Fertigung von Sitzbezügen und Kopfstützen untersucht (Abbildung 19). Dabei kamen Flachbett- und Säulenmaschinen zum Einsatz. Charakteristisch für die hier ausgeübten Nähtätigkeiten sind Belastungen aufgrund von Teilegröße, -gewicht und Steife der bearbeiteten Teile. Bei der Bearbeitung der Sitzbezüge an Flachbettmaschinen sind ausladende Bewegungen erforderlich, die Handhabung der Teile erfordert wegen der wenig nachgebenden Materialien höhere Kräfte, die eher dynamisch aufgebracht werden. Die Bearbeitung der Kopfstützenteile an der Säulenmaschine führt durch die fehlende Abstützmöglichkeit zu höheren statischen Belastungen im Schulter-Arm-Bereich.

Abbildung 19:
Nähen von Sitzbezügen (links) und Kopfstützen (rechts) bei der Fa. RECARO in sitzender Körperhaltung



Die bei der Fa. RECARO untersuchte Nähtätigkeit (Sitzbezug) beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Rückenteil entnehmen und positionieren
- Sitz entnehmen und positionieren
- Sitzfläche einnähen



- erstes Band um Sitzfläche nähen
- Band abschneiden
- zweites Band um Sitzfläche nähen
- Band abschneiden
- fertigen Sitzbezug ablegen.

Charakteristisch für die bei der Fa. Steiff untersuchten Nähtätigkeiten sind die geringe Teilegröße und hohen Genauigkeitsanforderungen, die an die Arbeitsausführung gestellt werden. Diese hohen Anforderungen lassen sich nur erfüllen, wenn eine weitgehend stabilisierte Körperhaltung eingenommen wird. Das bedingt hohe statische Belastungen der Rumpf-, Rücken- Schulter- und Armmuskulatur. Die Dynamik beschränkt sich bei der Kürze der Nähte und der zum Einstreifen der Plüschfasern erforderlichen Arbeitsvorgänge weitgehend auf Bewegungen der Hand und der Finger sowie der zur Steuerung der Nähmaschine erforderlichen Fußbewegungen. Eine stark gebeugte Rückenhaltung (Abbildung 20, siehe Seite 67) ist charakteristisch für diese Tätigkeit. Die insgesamt ungünstige Anpassmöglichkeit des Arbeitsplatzes an eine normalgroße Arbeitsperson lassen sich in Abbildung 20 gut erkennen.

Die bei der Fa. Steiff untersuchte Nähtätigkeit (Stofftier) beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Teile bereitlegen
- Zusammennähen Schuhstulpen in Kette
- Trennen Schuhstulpen
- Zusammennähen Schuhteile, annähen Stulpen, zunähen Schuh und Stulpe
- Einnähen Sohle von Öffnung bis Öffnung, Sichtkontrolle
- Randnähen Körperteile



- Nähen Einnähteil für Schützetikett
- Annähen Schnauzteile an Bauchteile, Zunähen Schnauze, Annähen Stirnteil
- Annähen Einnähteil, Zunähen Hinterkopf
- Randnähen Bein
- Einnähen Bauchteil
- Ein- und Zunähen Bein
- Zunähen Bauch von Schnauze bis Wendeöffnung, Sichtkontrolle.

Abbildung 20:

Nähen von Stofftieren bei der Fa. Steiff in sitzender Körperhaltung



Bei der Fa. Triumph werden Wäscheteile hergestellt. Die Nähtätigkeiten werden an Sitzarbeitsplätzen ausgeführt. Auch bei Triumph treten die typischen Probleme auf, die Nähtätigkeit in sitzender Körperhaltung an nicht individuell anpassbaren Arbeits-



plätzen charakterisiert. Dies sind starke Rückenbeugung, eingeschränkter Fußraum mit den entsprechend eingenommenen Zwangshaltungen und teilweise hohe einseitig dynamische Belastungen der Hand-Arm-Muskulatur aufgrund von großen Bewegungshäufigkeiten (Abbildung 21). Aufgrund der geringen Teilegröße und -gewichte sind kurze bis mittlere Bewegungswege und geringe Kräfte vorhanden.

Abbildung 21:

Nähen von Wäscheteilen bei der Fa. Triumph in sitzender Körperhaltung (links: Blockmaschine, rechts: Flachbettmaschine)



Die bei der Fa. Triumph untersuchte Nähtätigkeit an der Flachbettmaschine (Büstenhalter) beinhaltet folgende Arbeitsschritte:

- Teile vorrichten
- Rückenausschnitt, Armausschnitt und Träger einfassen
- am Trägeransatz hinten herausnähen, hinteren Drückerfuß schneiden und wieder hereinnähen, beim Kette trennen Teile am vorderen Trägeransatz zusammenlegen und in der Mitte durchschneiden, am hinteren Trägeransatz 1 cm Band stehen lassen, Rückenende bündig schneiden



- über Träger und inneren Brustrand einfassen, Teile an Kette nähen, zwischen den Teilen ungenau schneiden
- Teil ablegen.

3.2 Ergebnisse der CUELA-Belastungsmessungen (Ist-Zustands-Analyse)

Im Rahmen der Ist-Zustands-Analyse wurden zunächst in sechs Nähbetrieben 19 Belastungsmessungen mit dem CUELA-Messsystem an Näharbeitsplätzen durchgeführt.

Nach Beendigung der Ist-Zustands-Analyse und während der späteren Soll-Zustands-Analyse sind zwei weitere Betriebe (Fa. Klotz und Fa. Lowa) in die Untersuchung mit einbezogen worden. Hier wurden ebenfalls die Ist-Zustände mit jeweils zwei CUELA-Belastungsmessungen erfasst, sodass insgesamt 23 Belastungsmessungen von Ist-Zuständen an den jeweiligen Näharbeitsplätzen vorliegen. In Tabelle 8 sind die CUELA-Messungen der Ist-Zustands-Analyse zusammengestellt.

Tabelle 8:
Übersicht der beteiligten Nähbetriebe und der Messungen mit dem CUELA-System im Rahmen der Ist-Zustands-Analyse

Firma	Abkürzung des Firmennamens	Anzahl der Messungen	Produkte	Steh-arbeits-plätze	Sitz-arbeits-plätze
Berger	B	3	Zelte	nein	ja
Gabor	G	5	Schuhe	ja	ja
Klotz	K	2	Herren-oberbekleidung	nein	ja
Lowa	L	2	Wanderschuhe	nein	ja
MEWA	M	2	Berufskleidung (Reparatur)	ja	nein
RECARO	R	2	Autositze	nein	ja
Steiff	S	4	Stofftiere	nein	ja
Triumph	T	3	Bekleidung	nein	ja



In jedem Betrieb wurden ein bis zwei typische Näharbeitsplätze ausgesucht und pro Betrieb nahmen ein bis zwei Näherinnen als freiwillige Probandinnen an der Untersuchung teil. Wie bereits in Abschnitt 3.1, Tabelle 7, beschrieben, waren die Betriebe so ausgewählt, dass sehr verschiedenartige Nähgüter verarbeitet und unterschiedliche Nähmaschinentypen eingesetzt wurden. In der Regel wurde im Sitzen gearbeitet. Nur in zwei Betrieben waren auch Steharbeitsplätze eingerichtet.

Da die Belastungsmessungen den Ist-Zustand widerspiegeln sollten, wurden die Messungen ohne Eingriff oder Veränderung in die vorgefundenen Arbeitsbedingungen, wie Tischhöhe oder -neigung, Maschinen- oder Nähgutpositionierung durchgeführt. Die Probandinnen gingen während der Messungen ihrer gewohnten Tätigkeit an ihren jeweiligen Arbeitsplätzen nach und in den Arbeitsablauf wurde durch die Messungen nicht eingegriffen.

3.2.1 Ergebnisse der Körperwinkelmessungen (Ist-Zustands-Analyse)

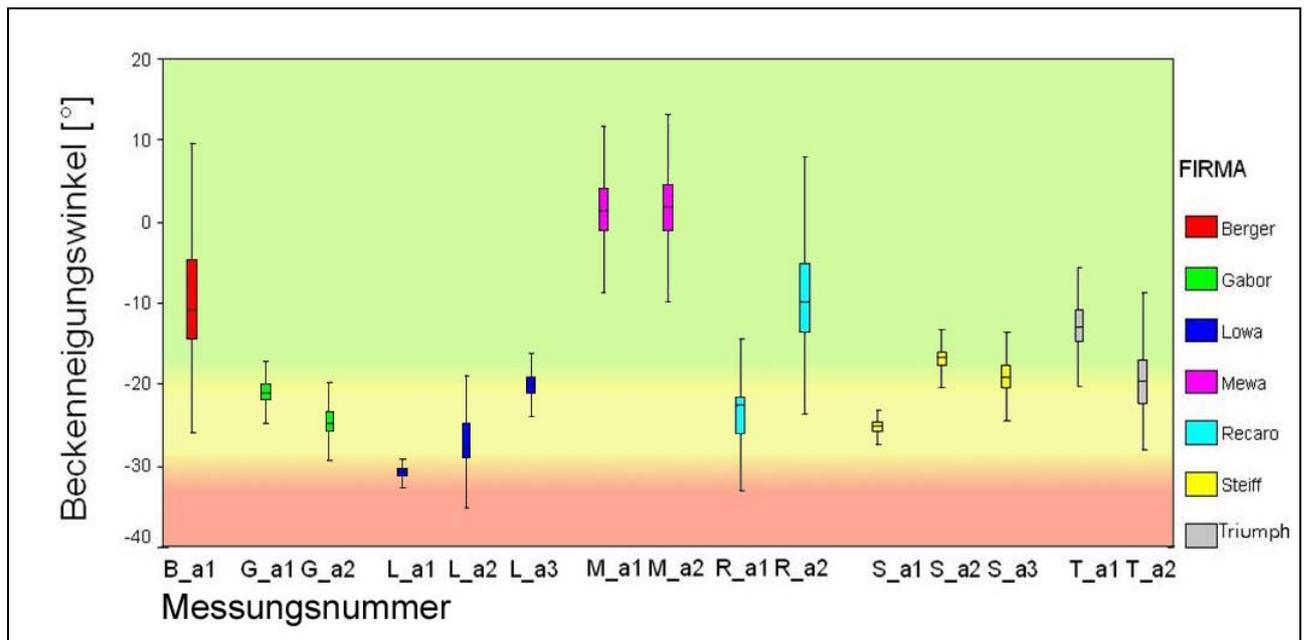
Im Folgenden werden die Ergebnisse der CUELA-Messungen für ausgewählte Körperwinkel präsentiert. Zur Darstellung der während der mehrstündigen Messungen eingenommenen Körperwinkel werden Boxplot-Darstellungen verwendet. Im Boxplot wird die einzelne Wertegruppe durch eine innere Box dargestellt, deren Grenzen vom 25. und 75. Perzentil der gemessenen Körperwinkelverteilung gebildet werden. Dies bedeutet, dass eine Box die inneren 50 Prozent der Körperwinkelverteilung einer mehrstündigen Messung enthält. In der Box wird als Zentralwert der Median (50. Perzentilwert) der Verteilung angegeben. Die Eckwerte der verbliebenen und zur Wertegruppe gehörigen Einzelwerte – bereinigt um die Extremwerte – sind im Boxplot durch „Whiskers“ gekennzeichnet.

In Abbildung 22 (siehe Seite 71) sind die gemessenen Beckenneigungswinkel für die an der Ist-Zustands-Analyse teilnehmenden Betriebe in einem Boxplot-Diagramm zusammenfassend dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind in der Abbildung nicht alle Einzelmessungen der Ist-Zustands-Analyse enthalten. Vielmehr wurde eine



repräsentative Auswahl getroffen. Jede Box stellt die Beckenneigungswinkel-Verteilung einer mehrstündigen Messung in dem jeweiligen Nähbetrieb dar.

Abbildung 22:
Boxplot-Darstellung der eingenommenen Beckenneigungswinkel-Verteilung der Ist-Zustands-Analyse

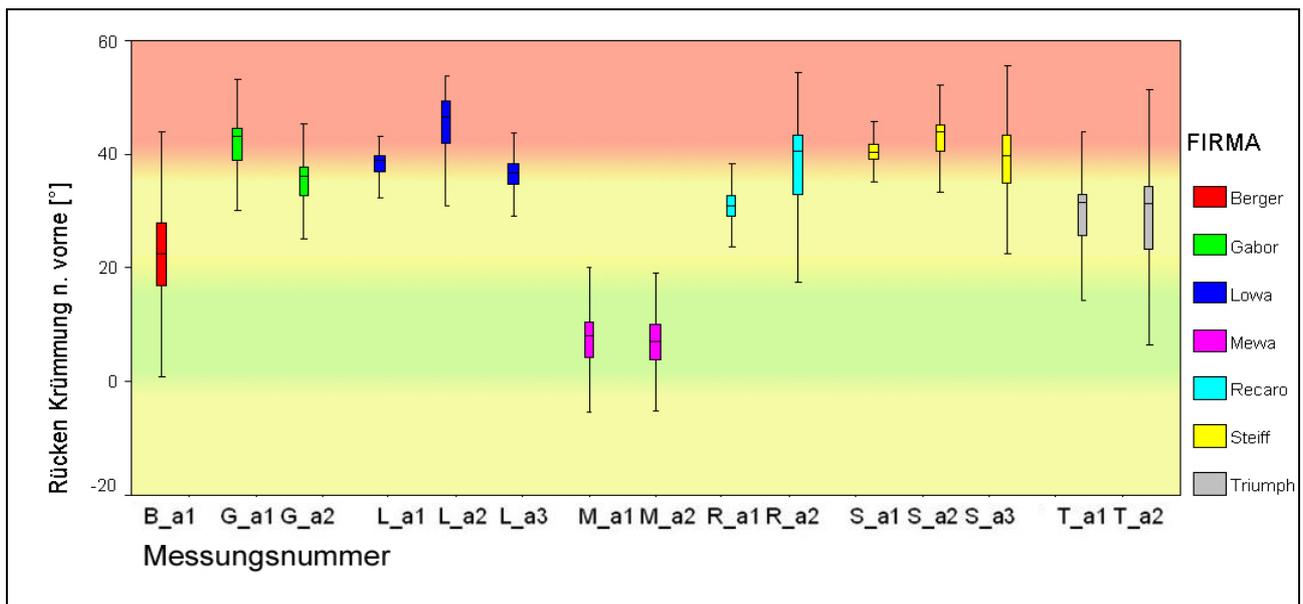


In Abbildung 22 wird deutlich, dass die Beckenneigungswinkel-Verteilungen bei fast allen Messungen in den unterschiedlichen Nähbetrieben im gelben (-20° bis -30°) oder zum Teil sogar an den Grenzen zum roten Bereich (< -30°) liegen. Ausnahmen stellen lediglich die Messungen bei der Fa. MEWA (Steharbeitsplätze) sowie einzelne Messungen bei der Fa. RECARO und der Fa. Berger dar. Bei Näharbeitsplätzen, an denen kleine Nähgüter verarbeitet werden, ist der Bewegungsraum zumeist gering und die Haltungen sind damit sehr statisch (Beispiele: Fa. Steiff, Fa. Gabor, Fa. Lowa). Durch Sitzhaltungen in Beckenneigungen rückenwärts geht die Lendenwirbelsäule in eine einseitige unphysiologische Kyphosehaltung, was insbesondere bei lang andauernden Sitzhaltungen einen wesentlichen Belastungsfaktor darstellt.



Eine ähnliche Belastungssituation ergibt sich bei der Betrachtung der Messergebnisse der Rückenkrümmungswinkel der Ist-Zustands-Analyse, die in Abbildung 23 dargestellt sind.

Abbildung 23:
Boxplot-Darstellung der Rückenkrümmungswinkel der Ist-Zustands-Analyse



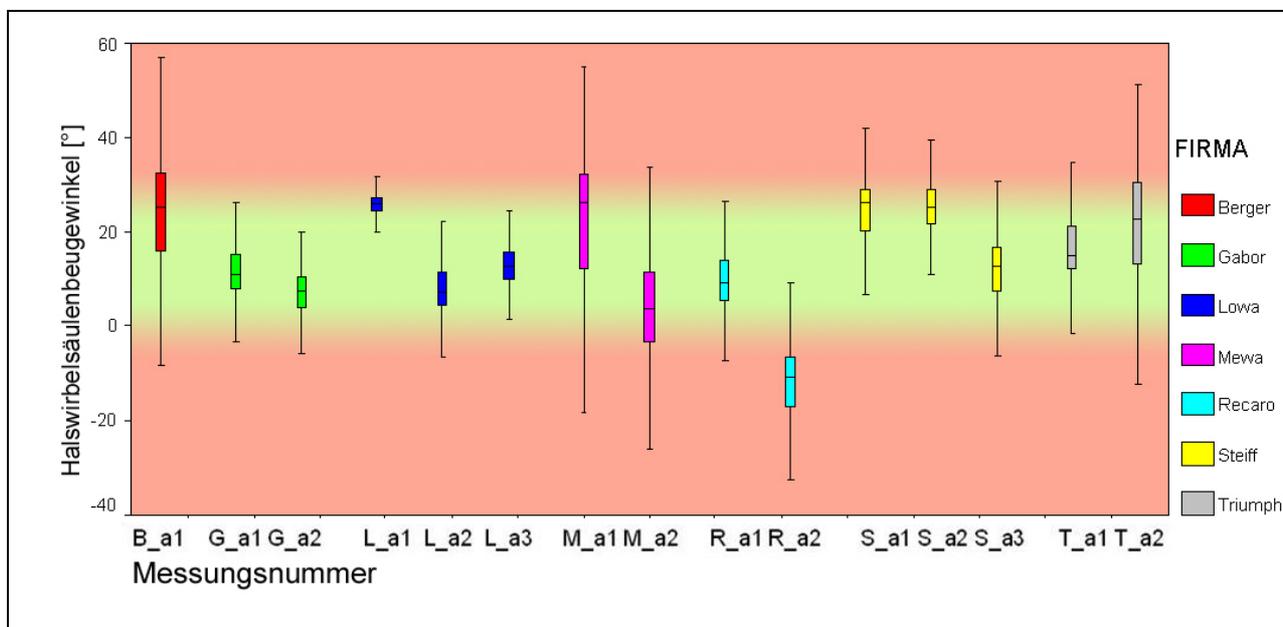
Der überwiegende Teil der Winkelverteilungen liegt im oberen Teil des gelben Bereiches (20° bis 40°) oder im roten Bereich ($> 40^\circ$). Ausnahmen bilden wiederum die beiden Steharbeitsplätze bei der Fa. MEWA, an denen die natürliche S-Form der Wirbelsäule (ca. 0° Krümmungswinkel) während der Nähtätigkeit annähernd erhalten bleibt. Starke Rückenkrümmungen führen zu einer einseitigen Druckbelastung der Bandscheiben und stellen daher einen Belastungsindikator dar. Die gemessenen starken Rückenkrümmungen korrespondieren gut mit den in den Nähbetrieben immer wieder beobachteten Rundrückenhaltungen der Näherinnen bei ihrer Tätigkeit in sitzender Körperhaltung.

Aus den Verteilungen der Halswirbelsäulenbeugewinkel (Abbildung 24, siehe Seite 73) wird eine weitere Belastungssituation an Näh-arbeitsplätzen ersichtlich. Aufgrund der zumeist hohen Sehanforderungen und der Arbeitsplatzmaße – insbesondere des



Abstandes zwischen Näheebene und den Augen – lagen die Verteilungen der Halswirbelsäulen-Beugewinkel an einigen Näharbeitsplätzen an der Grenze zum roten Bereich ($> 25^\circ$). In Abhängigkeit von den Genauigkeitsanforderung an die Nähte wurden eher statische Haltungen (präzise Nähte, z. B. bei der Fa. Steiff und Lowa) oder dynamischere Halswirbelsäulenbewegungen (weniger präzise Nähte, z. B. bei der Fa. Berger und MEWA) gemessen.

Abbildung 24:
Boxplot-Darstellung der Halswirbelsäulen-Beugewinkel der Ist-Zustands-Analyse

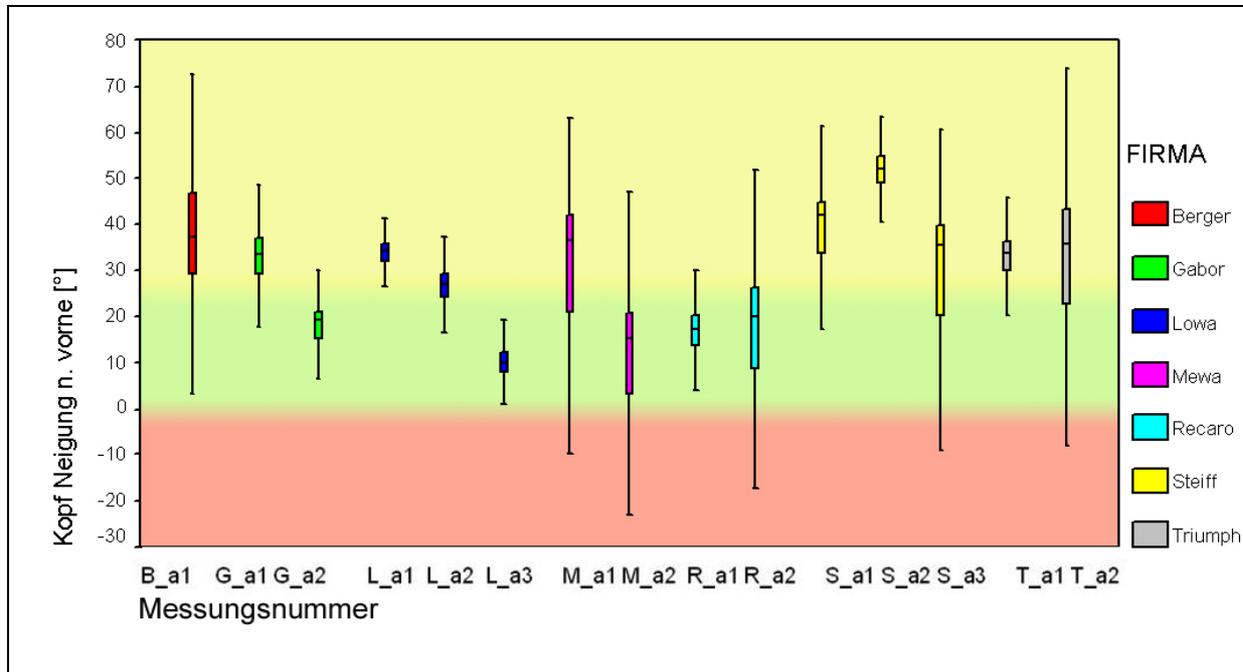


Ein ähnliches Belastungsprofil findet man bei der Analyse der Verteilungen der Kopfneigungswinkel (Abbildung 25, siehe Seite 74). Von einigen Ausnahmen abgesehen, befinden sich die Verteilungen für die Kopfneigungswinkel im gelben Bereich (25° bis 85°). Die Gründe liegen – wie beim Halswirbelsäulen-Beugewinkel – an den bei vielen Firmen geforderten präzisen Nähaufgaben mit hohen Sehanforderungen und häufig ergonomisch ungünstigen Arbeitsplatzgestaltungen (Sehwinkel/-abstand, Einsehbarkeit und schlechte Sitzhaltung).

Bei der Fa. MEWA waren die Arbeitstischhöhen der Steharbeitsplätze individuell auf die Beschäftigten eingestellt.



Abbildung 25:
Boxplot-Darstellung der Kopfneigungswinkel der Ist-Zustands-Analyse



Für den Schulter-Arm-Hand-Bereich werden im Folgenden die für die Nüchternheit charakteristischsten Gelenkwinkelverteilungen der Schultergelenk-Flexionswinkel (rechter und linker Arm) sowie der Unterarm-Pronation-/Supinationsbewegung näher betrachtet. In den Abbildungen 26 und 27 (siehe Seite 75) sind zunächst die Verteilungen der Schultergelenk-Flexionswinkel dargestellt.

Aus den Abbildungen 26 und 27 wird ersichtlich, dass die Verteilungen der Schultergelenk-Flexionswinkel für den rechten und den linken Arm weitestgehend im gelben (20° bis 60°) oder zum Teil sogar an der Grenze zum roten (> 60°) Bereich liegen. Lang andauerndes Arbeiten in mittleren oder extremen Schultergelenk-Flexionswinkeln ohne Unterstützung der Arme stellt aufgrund der hiermit verbundenen schnelleren Muskelermüdung einen Belastungsindikator dar. Die Beschäftigten klagen dazu korrespondierend häufig über Beschwerden im Schulter-Arm-Bereich (siehe Abschnitt 3.4). Als ein wichtiger Gestaltungsansatz des neu zu konzipierenden ergonomischen Nährbeitsplatzes ist daher eine Unterstützungsmöglichkeit der Arme empfehlenswert.



Abbildung 26:
Boxplot-Darstellung der Schultergelenk-Flexionswinkel (rechter Arm)
der Ist-Zustands-Analyse

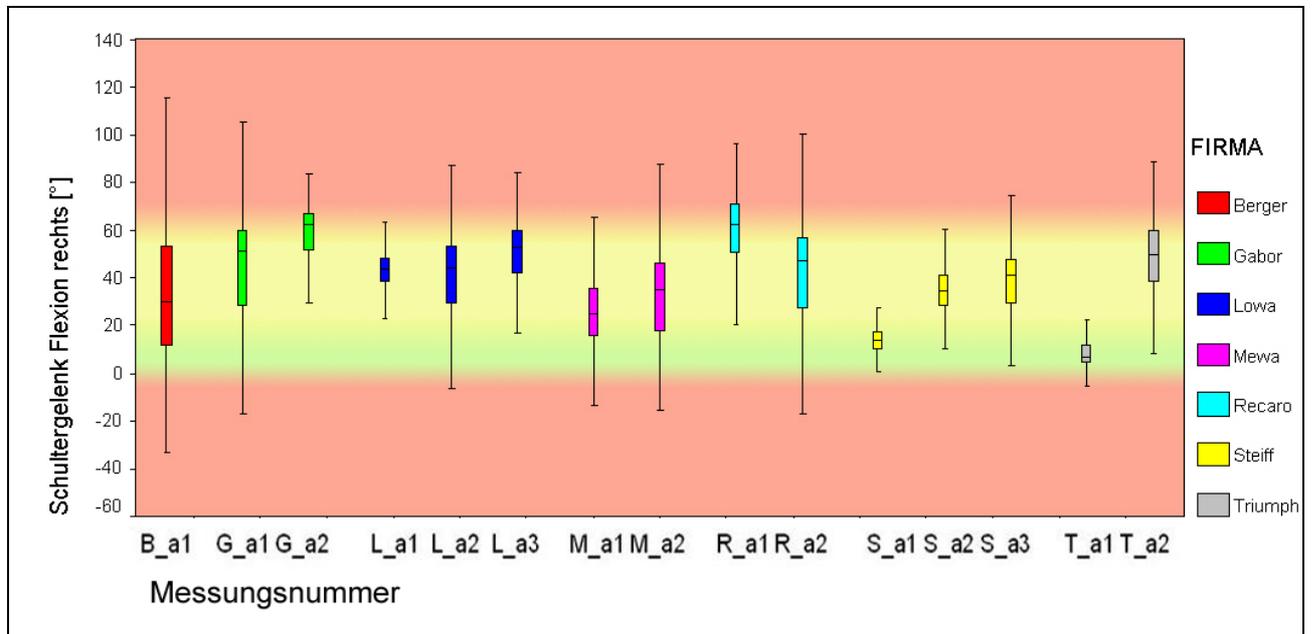
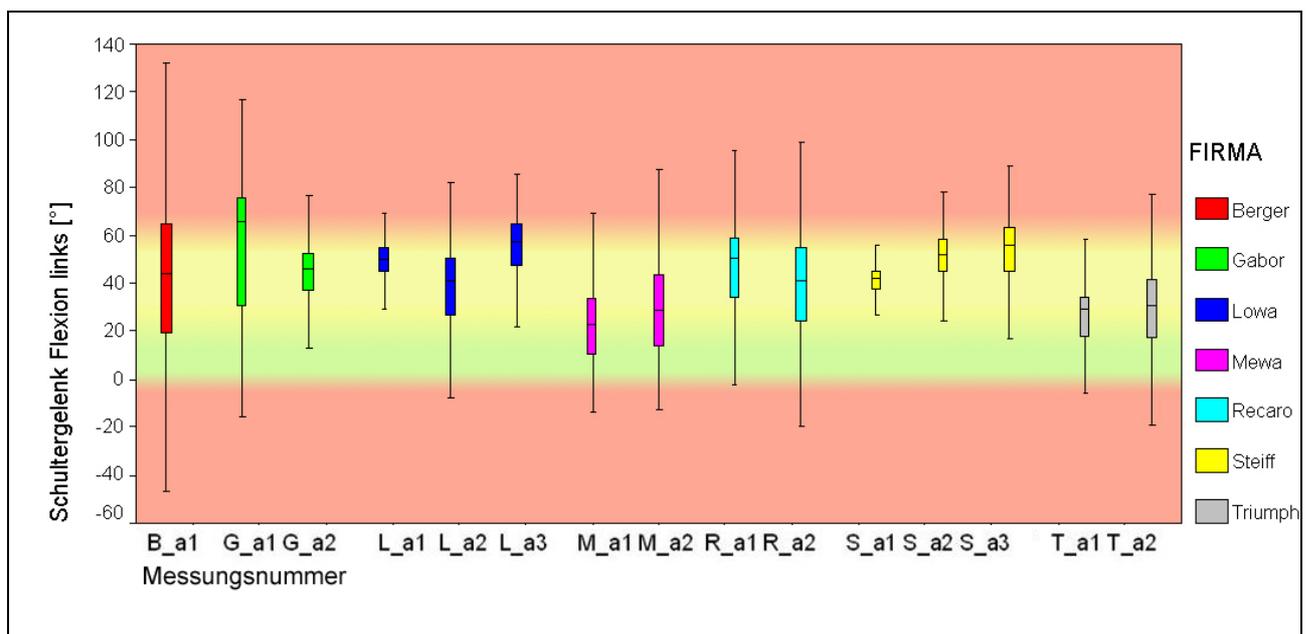


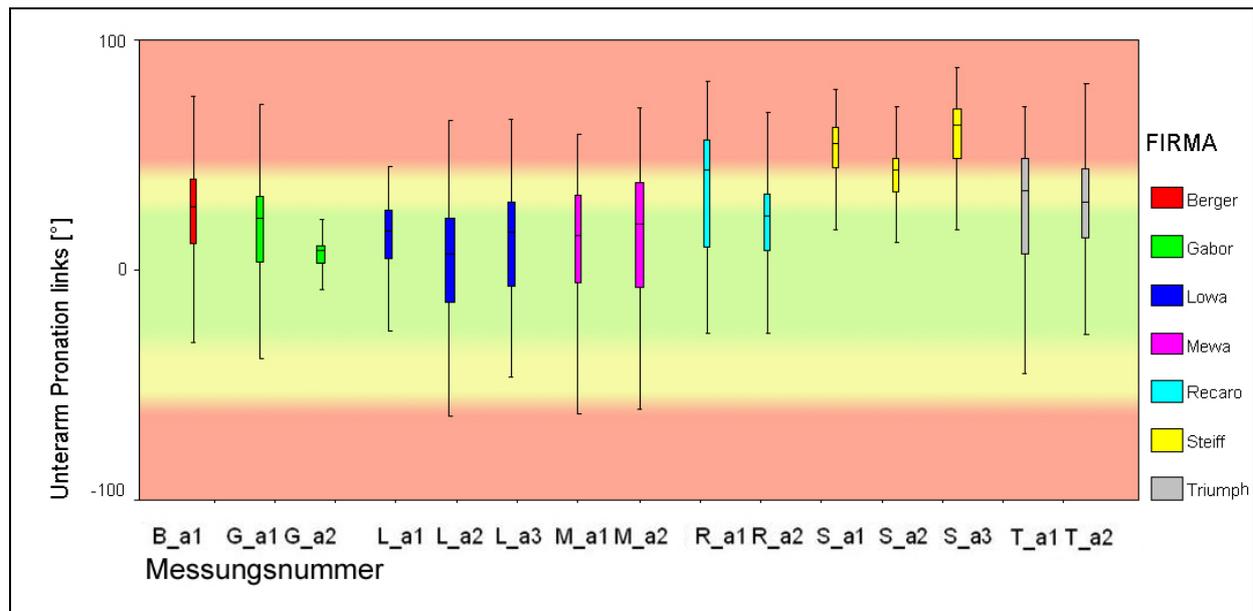
Abbildung 27:
Boxplot-Darstellung der Schultergelenk-Flexionswinkel (linker Arm)
der Ist-Zustands-Analyse





In Abbildung 28 sind die Verteilungen der Unterarm-Pronations-/Supinationswinkel beispielhaft für den linken Arm, mit dem das Nähgut geführt wird, dargestellt.

Abbildung 28:
Boxplot-Darstellung der Unterarm-Pronations-/Supinationswinkel (linker Arm)
der Ist-Zustands-Analyse



Die Verteilungen verdeutlichen, dass insbesondere die Unterarm-Innenrotationsbewegung (Pronation) an allen Näharbeitsplätzen eine Rolle spielt. Die Verteilungen liegen oft im gelben (20° bis 40°) und zum Teil auch im roten (> 40°) Winkelbereich. Fast alle Verteilungen decken einen größeren Winkelbereich ab und lassen daher auf eine hohe Dynamik bei der Unterarm-Innenrotationsbewegung schließen. Insbesondere an Näharbeitsplätzen, an denen Flachbettmaschinen eingesetzt werden, finden die Näharbeiten in extrem pronierten Unterarmstellungen statt (z. B. Fa. Steiff). Für die Bewegungen des rechten Armes ergab sich ein ähnliches Belastungsprofil.

3.2.2 Ergebnisse der Bewertung von statischen Körperhaltungen (Ist-Zustands-Analyse)

Die Auswertung von statischen Körperhaltungen für die Ist-Zustands-Analyse erfolgte nur an den Näharbeitsplätzen, die im Rahmen der Soll-Zustands-Analyse später



ergonomisch optimiert wurden (Firmen Lowa, Steiff, Klotz und Berger). Hierzu wurde die Software WIDAAN genutzt, mit der alle gemessenen Gelenkwinkelwerte einer Statikanalyse unterzogen werden können. Diese ermittelt für jeden gemessenen Gelenkwinkel Situationen, in denen sich das Gelenk für länger als vier Sekunden ohne oder nur mit sehr geringer Veränderung außerhalb seiner Neutralstellung (im gelben oder roten Winkelbereich) befand. Als Ergebnis erhält man somit für jedes Gelenk die mittlere Anzahl von statischenhaltungen in nicht neutraler Gelenkwinkelstellung pro Stunde (Arbeitszeit). Bei der Bewertung von Näharbeitsplätzen stellte sich heraus, dass solche statischenhaltungen insbesondere an der Wirbelsäule und im Schultergelenk zu finden sind.

In Tabelle 9 (siehe Seite 78) ist die so ermittelte mittlere Anzahl von statischen Körper-/Gelenkhaltungen pro Stunde Messzeit für die Messungen in den Firmen Lowa, Steiff, Klotz und Berger zusammengestellt. Dabei beziehen sich die Angaben der statischenhaltungen des Schultergelenks auf die Summe der statischen Adduktions-/Abduktions- und der Flexions-/Extensionshaltungen des Schultergelenks.

Aus Tabelle 9 wird ersichtlich, dass die Näharbeit an allen Arbeitsplätzen mit länger andauernden Zwangshaltungen der Wirbelsäule (starke Rückenkrümmung und nach hinten verkipptes Becken) verbunden ist. Diese statische Belastung ist umso stärker ausgeprägt je kleiner das Nähgut und je präziser die Nähaufgabe ist: Bei den Firmen Steiff und Lowa wurde ein entsprechend höherer Anteil an statischen Wirbelsäulenhaltungen gemessen als bei den Firmen Berger und Klotz.

Für das Schultergelenk (Flexions-/Extensions- und Adduktions-/Abduktionsbewegungen) ist der Anteil an statischenhaltungen im mittleren (gelben) und extremen (roten) Bereich verhältnismäßig gering (Ausnahme: Fa. Klotz). Bei extrem unhandlichen Nähgütern (Zelte, Fa. Berger) treten kaum statischehaltungen im Schultergelenk auf.



Tabelle 9:
Übersicht der statischen Haltungen im Rahmen der Ist-Zustands-Analyse

Körper-/ Gelenkwinkel	Mittlere Anzahl statischer Haltungen (> 4 s) pro Stunde			
	Lowa	Steiff	Klotz	Berger
Rückenkrümmung	gelber Winkelbereich			
	6	33	82	20
	roter Winkelbereich:			
	138	166	0	0
Beckenneigung	gelber Winkelbereich			
	157	5	7	18
	roter Winkelbereich:			
	3	0	0	0
Schultergelenk (rechts)	gelber Winkelbereich			
	6	3	0	0
	roter Winkelbereich			
	1	1	27	1
Schultergelenk (links)	gelber Winkelbereich			
	1	2	0	3
	roter Winkelbereich			
	6	1	2	2



3.2.3 Ergebnisse der Bewertung von repetitiven Bewegungen (Ist-Zustands-Analyse)

Wie bei der Auswertung der statischen Körperhaltungen erfolgte die Auswertung von repetitiven Bewegungen des Schulter-Arm-Hand-Systems nur an den Näharbeitsplätzen, die im Rahmen der Soll-Zustands-Analyse später ergonomisch optimiert wurden. Die Erklärung der Vorgehensweise bei der Auswertung soll beispielhaft an den Messungen in der Fa. Lowa (Wanderschuhproduktion) erfolgen.

Im ersten Schritt der Auswertung wurden zunächst Arbeitszyklen festgelegt, die sich bei der Nähtätigkeit gleichförmig wiederholen und die Kriterien nach *Silverstein* [34] erfüllen (siehe Abschnitt 2.5.4). Als sinnvolle Einteilung eignete sich hier ein Fertigungsvorgang eines Werkstückes, wie beispielsweise die Bearbeitung des Leder-schaftes eines Stiefels, in den jeweils zwei Seitenteile eingenäht werden (Fa. Lowa). Solche Sequenzen konnten einfach anhand der synchronisierten Videoaufnahmen identifiziert werden. Der Vergleich der Gelenkwinkel-Zeit-Grafen – jeweils für die Sensorengruppen beider Arme getrennt – ließ in ähnlicher Weise wiederholende Bewegungsabläufe erkennen (Abbildung 13 in Abschnitt 2.5.4). Bei einer durchschnittlichen Zyklusdauer von 95 Sekunden ergaben sich in der Stunde etwa 37 solcher Zyklen. Anhand der typischen Bewegung des linken Unterarmes beim Führen des Nähgutes und bei der wiederholten Kontrolle, ob die Teile noch regelrecht übereinander liegen, konnte diese Aktion im Gelenkwinkel-Zeit-Grafen als die grundlegende Bewegung des Zyklus ausgemacht werden. Gleichzeitig wurde deutlich, dass diese Bewegung einen über 50%igen Zeitanteil an der Zyklusdauer hatte und damit das geforderte Silverstein-Kriterium für repetitive Zyklen erfüllte.

Im zweiten Schritt wurde in diesen so ermittelten Sequenzen für jede Gelenkregion einzeln die Zahl der Bewegungen bestimmt. Dazu wurde der Gelenkwinkel-Mittelwert ermittelt und als Linie in das Gelenkwinkel-Zeit-Diagramm eingetragen. Anschließend wurden die Schnittpunkte zwischen der Gelenkwinkel-Mittelwert-Linie und dem Gelenkwinkel-Zeit-Grafen gezählt und eine mittlere Anzahl von Gelenkbewegungen pro Minute berechnet.



In Tabelle 10 sind die so ermittelten mittleren Bewegungen des Schulter-Arm-Hand-Systems pro Minute für die Messungen in den Firmen Lowa, Steiff, Klotz und Berger zusammengestellt. Dabei sind in Tabelle 10 solche Werte, die unterhalb der von *Kilbom* [35] angegebenen Richtwerte (siehe Abschnitt 2.5.4) liegen, in der Farbe grün angegeben. Werden die Kilbom-Richtwerte überschritten, erfolgt die Darstellung in der Farbe rot.

Tabelle 10:
Übersicht der repetitiven Bewegungen des Schulter-Arm-Hand-Systems
im Rahmen der Ist-Zustands-Analyse

Gelenk, Körper- region/Bewegung	Mittlere Bewegungsanzahl/min			
	Lowa	Steiff	Klotz	Berger
Handgelenk/ Flexion, Extension	17 rot	21 rot	41 rot	40 rot
Handgelenk/ Radial-, Ulnarduktion	17 rot	24 rot	45 rot	36 rot
Unterarm/ Pronation, Supination	30 rot	31 rot	13 rot	34 rot
Ellbogen/ Flexion, Extension	8 grün	10 rot	28 rot	21 rot
Schultergelenk/ Adduktion, Abduktion	6 rot	8 rot	25 rot	13 rot
Schultergelenk/ Flexion, Extension	10 rot	11 rot	23 rot	16 rot
Schultergelenk/ Innenrotation	9 rot	4 rot	17 rot	25 rot
Schultergürtel/ Elevation, Depression	0 grün	3 rot	7 rot	9 rot



Tabelle 10 verdeutlicht, dass die Kilbom-Richtwerte für repetitive Bewegungen für fast alle Gelenke des Schulter-Arm-Hand-Bereiches bei den verschiedenen Nähtätigkeiten überschritten werden. Am deutlichsten fallen die Überschreitungen für die Handgelenk- und Unterarmbewegungen aus (Richtwert *Kilbom*: Repetitivität bei mehr als 10 Bewegungen pro Minute). Bei Bewegungen der Schulter- bzw. des Oberarmes/ Ellenbogens werden die Kilbom-Richtwerte – für die Schulter mehr als 2,5 Bewegungen pro Minute und für den Oberarm/ Ellenbogen mehr als 10 Bewegungen pro Minute – besonders deutlich bei großen Nähgütern überschritten (Fa. Klotz und Berger).

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Näharbeiten eine für das Schulter-Arm-Hand-System hoch repetitive Tätigkeit darstellen. Insbesondere bei großen unhandlichen Nähgütern sollten für diese ausreichende Ablageflächen zur Verfügung gestellt werden, um ein ständig wiederholtes Handhaben zu vermeiden.

3.3 Ergebnisse der Beanspruchungsmessungen (Ist-Zustands-Analyse)

Die vergleichende Betrachtung der Beanspruchung kann auf unterschiedlichen Ebenen vorgenommen werden. Eine mögliche Betrachtungsebene ist der firmenbezogene Vergleich der Ergebnisse aller Untersuchungen miteinander. Bei dieser Vorgehensweise ist zu berücksichtigen, dass neben den unterschiedlichen Arbeitsbedingungen in den verschiedenen Unternehmen auch individuelle Eigenschaften, Fähigkeiten und Fertigkeiten der Arbeitspersonen ihren Einfluss auf die messtechnisch ermittelten Beanspruchungskennwerte haben. Damit können Streuungen hervorrufen werden, die die Klarheit und Eindeutigkeit der Ergebnisse ggf. beeinflussen. Bei der Auswertung der Daten der Ist-Zustands-Analyse werden die interindividuellen Streuungen nur insofern berücksichtigt, als bereits bei der Auswahl der Messgrößen entsprechende Normierungen vorgenommen wurden (siehe Abschnitt 2.4). Die Arbeitsbedingungen bei den untersuchten Nähtätigkeit weisen, über alle Branchen hinweg, doch in vieler Hinsicht Gemeinsamkeiten auf. In Tabelle 11 (siehe Seite 82) ist eine entsprechende Übersicht der durchgeführten Beanspruchungsmessungen dargestellt.



Tabelle 11:
Übersicht der beteiligten Nähbetriebe und Beanspruchungsmessungen
(Ist-Zustands-Analyse)

Firma	Abkürzung des Firmen- namens	Anzahl der Messungen	Produkte	Steh- arbeits- plätze	Sitz- arbeits- plätze
Berger	B	3	Zelte	nein	ja
Gabor	G	2	Schuhe	ja	ja
Klotz	K	7	Herren- oberbekleidung	nein	ja
Lowa	L	2	Wanderschuhe	nein	ja
MEWA	M	2	Berufskleidung (Reparatur)	ja	nein
RECARO	R	4	Autositze	nein	ja
Steiff	S	6	Stofftiere	nein	ja
Triumph	T	4	Bekleidung	nein	ja

3.3.1 Messergebnisse im Firmenvergleich

Ausgehend von der Hypothese, dass die unterschiedlichen Arbeits- und Versuchsbedingungen in den Unternehmen einen Einfluss auf die Höhe der Beanspruchung der Versuchspersonen haben werden, wurden die Ergebnisse aller Ist-Zustands-Versuchsreihen vergleichend gegenübergestellt. Aus 30 unterschiedlichen Versuchsreihen ergaben sich für die Herz-Kreislauf-Beanspruchung die in Abbildung 29 (siehe Seite 83) dargestellten Ergebnisse.

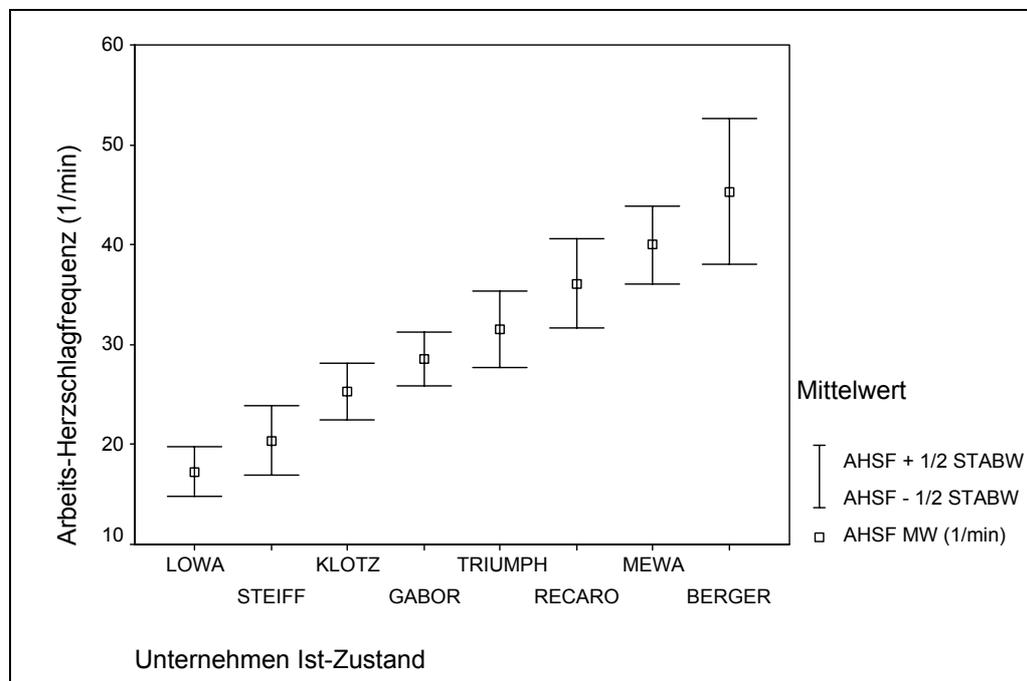
Dass die in der Fa. Berger ausgeführten Tätigkeiten im Vergleich aller Untersuchungen zu denen mit der höchsten Beanspruchung geführt haben, ist nicht überraschend. Die bei dieser Nähtätigkeit bewegten schweren Teile mit langen Nähten und langen Bewegungswegen sowie die hoch belastenden Nebentätigkeiten (z. B. Zusammenlegen



und Transportieren der bis zu 12 kg schweren Zelte in stehender Körperhaltung) führen zu einer hohen Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems. Mit einer mittleren Arbeits-Herzschlagfrequenz von 45,3 Schlägen/min werden Dauerleistungs-Grenzwerte nach *Stegemann* [36] mit hoher Wahrscheinlichkeit überschritten. Auch die Streuung der Werte (Standardabweichung) liegt bei diesen Untersuchungen am höchsten.

Abbildung 29:

Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) geordnet nach der Beanspruchungshöhe



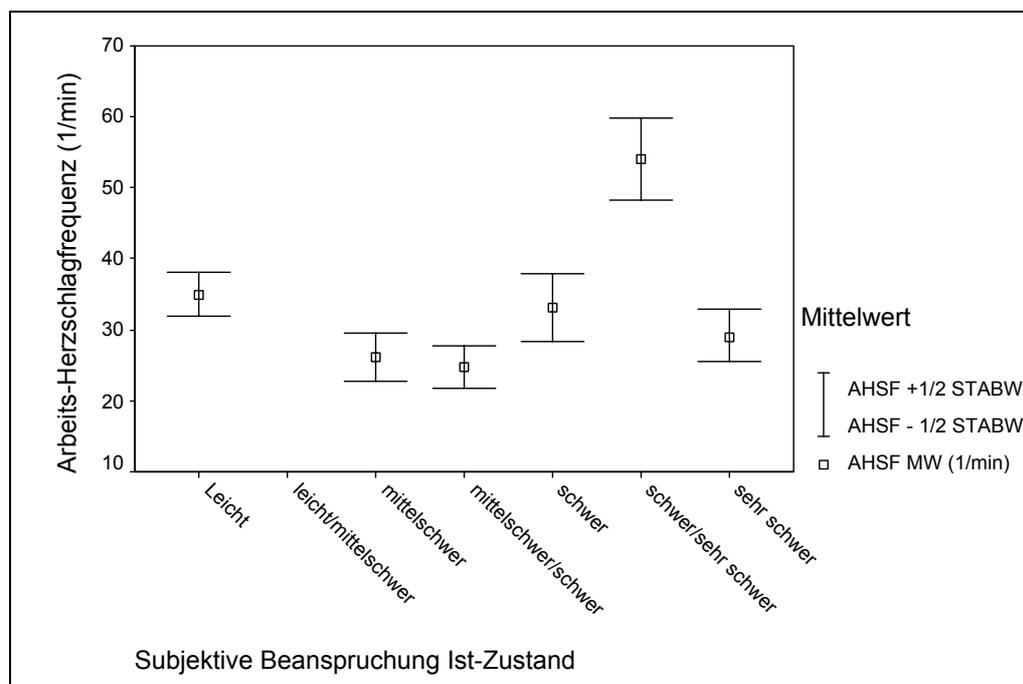
Die Herz-Kreislauf-Beanspruchung bei der Fa. MEWA wird wie bei Berger stark von der stehenden Körperhaltung und den auszuführenden Nebentätigkeiten (Arbeitsplatzwechsel, Teile von Fördermittel abnehmen) beeinflusst. Bei der dritthöchsten durchschnittlichen Herz-Kreislauf-Beanspruchung in der Fa. RECARO zeigt sich die beanspruchungserhöhende Wirkung großer nicht einfach zu handhabender Teile. Mit abnehmender Teilegröße reduzieren sich die zu bewegenden Gewichte und die Bewegungslängen. Hohe Bewegungsgeschwindigkeiten bei der Fa. Triumph erklären die im Vergleich zu Gabor, Klotz und Steiff höhere Beanspruchung. Die untersuchten



Tätigkeiten bei Klotz beinhalten größere dynamische Bewegungsumfänge, als die bei Steiff und Lowa. Lowa ist das untersuchte Unternehmen, in dem sehr niedrige Handbeschleunigungen gemessen wurden.

Die ausgewertete Herz-Kreislauf-Beanspruchung wurde der von den Beschäftigten subjektiv empfundenen Beanspruchung gegenübergestellt. Wie in Abbildung 30 zu erkennen ist, besteht kein direkter linearer Zusammenhang zwischen beiden Größen. Die als „leicht“ und als „sehr schwer“ eingestuft Tätigkeiten weisen nicht, wie zu erwarten, die niedrigsten bzw. höchsten Herz-Kreislauf-Beanspruchungen auf. Mögliche Erklärungen für diese Unterschiede können mit dem individuellen Gesundheitszustand, aber auch mit Belastungen zu tun haben, die weniger aus körperlichen als vielmehr aus psychischen und sozialen Ursachen resultieren. Bei den Fällen bzw. in den Firmen, in denen die Einstufung „sehr schwer“ angegeben wurde, ist letztere Ursache aus Sicht der Forschungsnehmer sehr wahrscheinlich.

Abbildung 30:
Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) als Funktion der subjektiv empfundenen Beanspruchung (MW = Mittelwert, STABW = Standardabweichung)

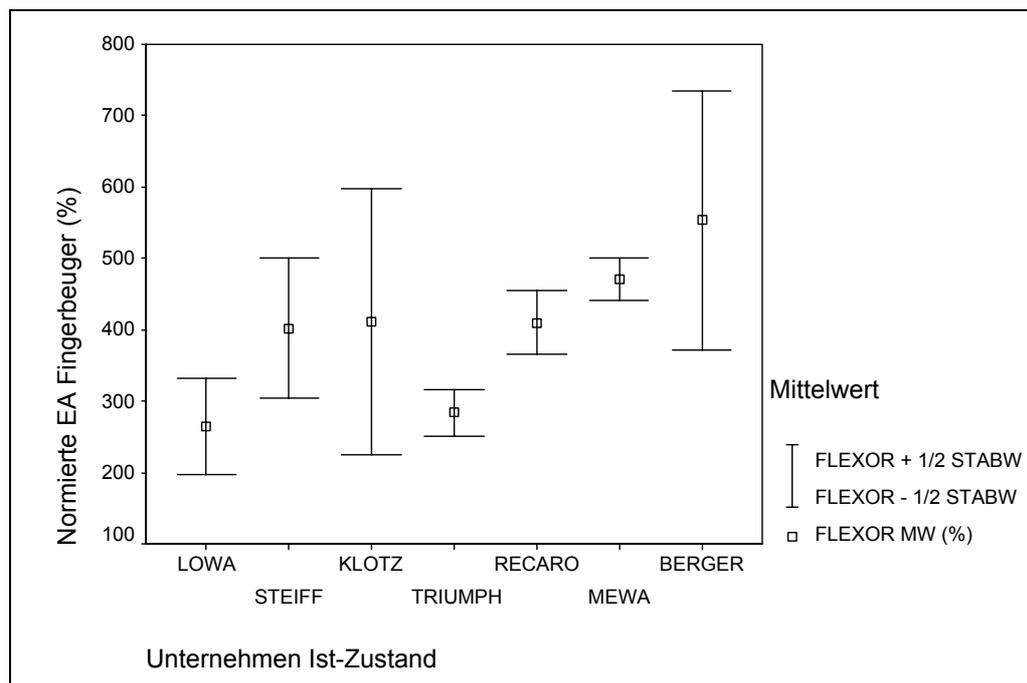




Beim Vergleich der Beanspruchung der untersuchten Muskulatur zeigt sich, dass bei der Fa. Berger fast alle untersuchten Muskeln die höchste Beanspruchung aufweisen. Eine Ausnahme ist die Beanspruchung im vorderen Teil des Armhebers (Abbildung 34, siehe Seite 87), der bei der Fa. Klotz noch höher beansprucht wird.

Die Beanspruchung der Fingerbeugemuskulatur (*M. flexor digitorum*) in Abbildung 31 liegt bei den Tätigkeiten in den Firmen Steiff, Klotz, RECARO und MEWA etwa auf gleicher Höhe, unterscheidet sich dort allerdings deutlich bezüglich der Streuung der Messwerte. Bei Triumph und Lowa ist ein deutlich geringerer Einsatz dieser Muskelgruppe zu erkennen.

Abbildung 31:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeugers

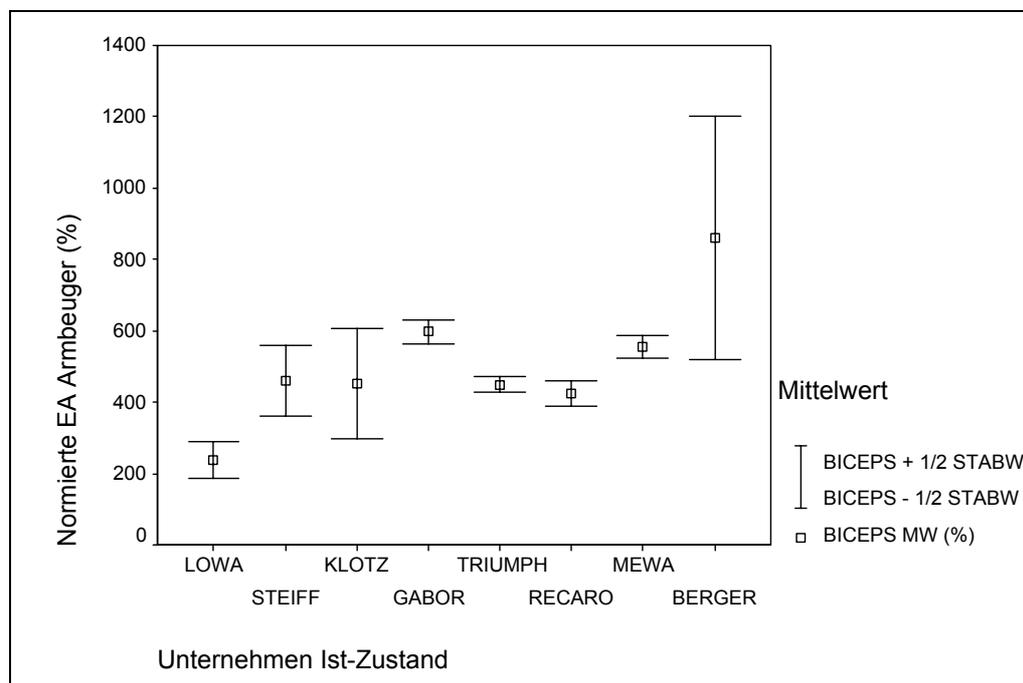


Die mittlere Beanspruchung des Armbeugers (*M. biceps brachii*) ist in Abbildung 32 (siehe Seite 86) dargestellt. Die zweithöchste Beanspruchung trat hier bei den Untersuchungen in der Fa. Gabor auf, bei denen teilweise in stehender Körperhaltung an einer Säulenmaschine ohne Abstützmöglichkeit für den Arm gearbeitet wurde.



Bis auf die in der Fa. Lowa vergleichsweise geringen Beanspruchungen und die maximalen Beanspruchungen bei Berger sind die Niveauunterschiede allerdings recht gering. Die niedrigen Beanspruchungen bei Lowa korrelieren mit den dort gemessenen geringen Bewegungsgeschwindigkeiten des Handgelenks.

Abbildung 32:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeugers



Die Ergebnisse der nicht in allen Unternehmen erfassten Beanspruchung der Armstreckmuskulatur (*M. triceps brachii*) sind in Abbildung 33 (siehe Seite 37) dargestellt. Bis auf die bei der Fa. Triumph ermittelten Werte zeigt sich eine mit den Ergebnissen der Herzschlagfrequenz vergleichbare Beanspruchungshierarchie. Die Beanspruchung der Armheber (Abbildung 34, siehe Seite 37) im vorderen Teil (*M. deltoideus p. clavicularis*) verhält sich bei den Untersuchungen bei Lowa, Steiff, Gabor und RECARO analog zur Arbeits-Herzschlagfrequenz. Die vergleichsweise geringe (dritthöchste) Beanspruchung dieses Muskels bei Berger kann dadurch erklärt werden, dass bei einigen Nebentätigkeiten im Stehen der Oberarm nicht nach vorne angehoben werden muss.



Abbildung 33:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armstreckers

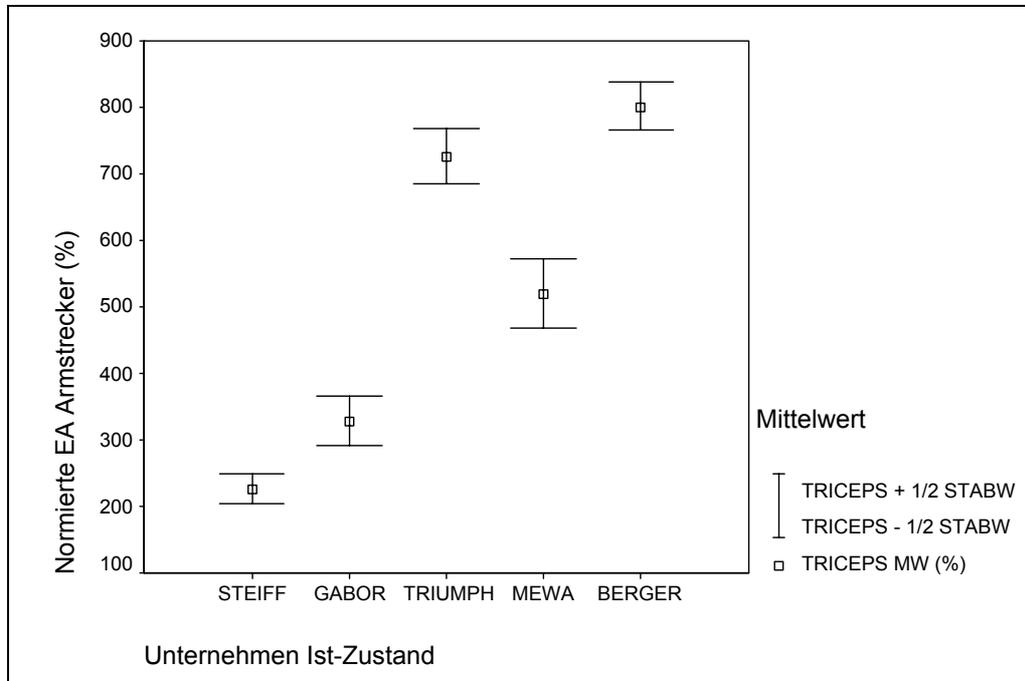
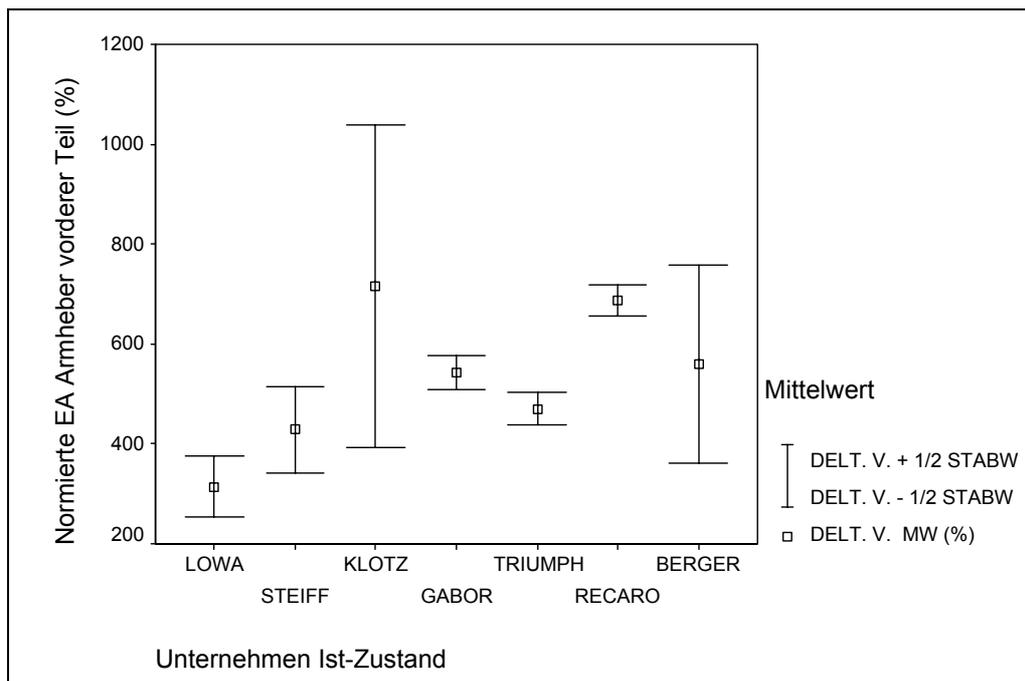


Abbildung 34:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers vorderer Teil

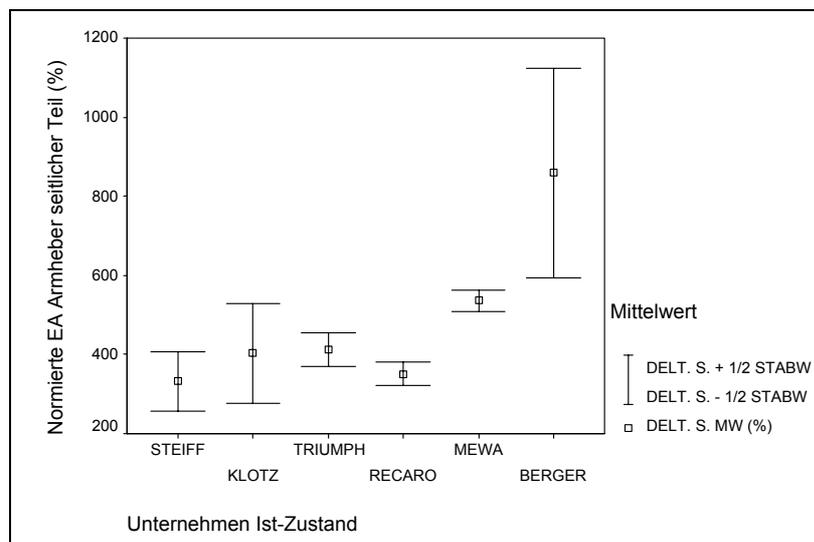




Die bei der Fa. Klotz gefundene maximale Beanspruchung des Armhebers hängt direkt mit der auszuführenden Tätigkeit zusammen. Das Abnehmen und Aufhängen der Sakkos in recht großer Entfernung vom Arbeitsplatz beansprucht die Oberarmmuskulatur im Vergleich zu allen anderen untersuchten Tätigkeiten deutlich höher. Vergleichsweise hohe Gewichte und lange Wege zeigen die erwartete beanspruchungserhöhende Wirkung. Bei der Fa. Triumph wurde diese Muskelgruppe eher niedriger beansprucht. Die hier überwiegenden geringen Teilegewichte und kurzen Bewegungswege erklären dieses Verhalten.

Die muskulären Beanspruchungen des seitlichen Teils der Armheber (*M. deltoideus p. acromialis*) zeigt Abbildung 35. Infolge einer technischen Störung konnten die Werte in der FA. Lowa nicht aufgezeichnet und ausgewertet werden. Bis auf die Werte in der Fa. RECARO ergibt sich die gleiche Beanspruchungshierarchie wie bei der Auswertung der Herzschlagfrequenz. Die vergleichsweise großen Werkstücke, die in der Fa. RECARO verarbeitet werden, lassen einen größeren Sehabstand zu und erfordern daher in das statische Anheben des Oberarms nach außen geringeren Umfang, was in der vergleichsweise verringerten Muskelbeanspruchung deutlich wird.

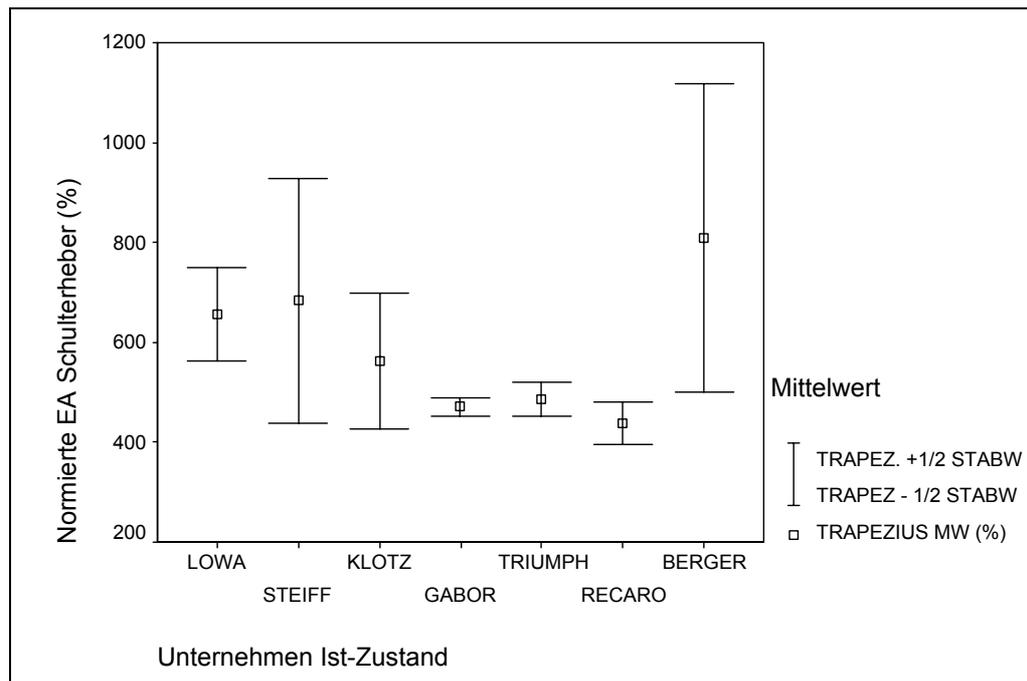
Abbildung 35:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armheber seitlicher Teil





Deutlich verändert zeigt sich die Beanspruchung der Schulterhebemuskulatur (*M. trapezius p. descendens*) in Abbildung 36.

Abbildung 36:
Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers



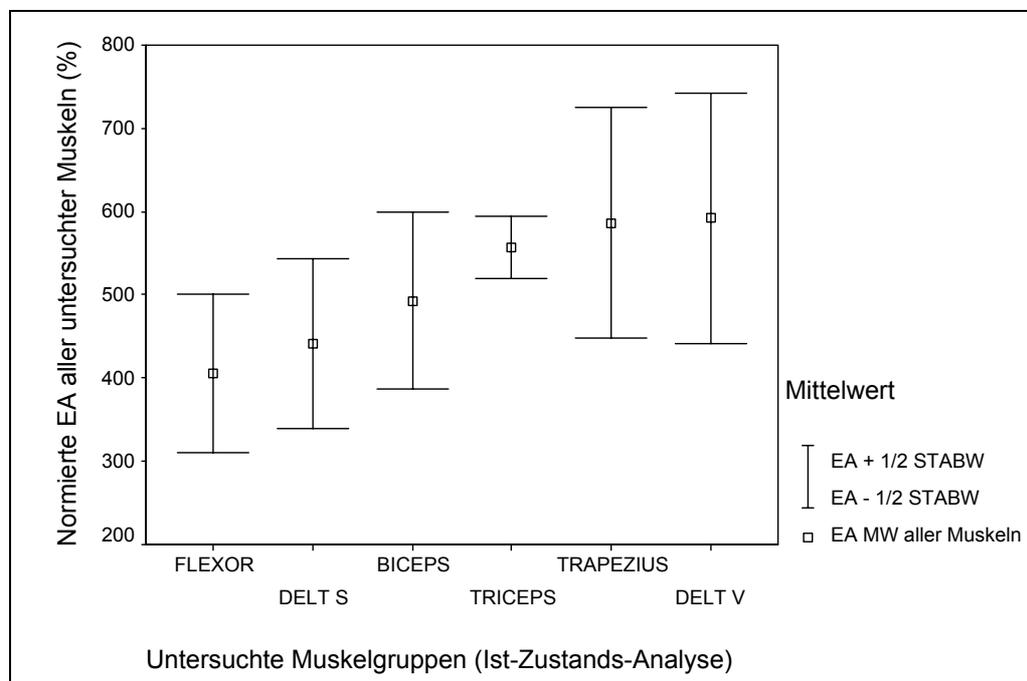
Während der maximale Wert erwartungsgemäß bei der Fa. Berger auftritt, ist die zweithöchste Beanspruchung dieses Muskels bei der Fa. Steiff zu erkennen. Die Ursachen liegen wahrscheinlich in der speziellen, vergleichsweise anders gearteten Tätigkeit. Hohe Genauigkeit bei sehr kleinen Bewegungen fordern eine aufwändige Fixierung des Oberkörpers, also hohe Anteile an statischer Halte- und Haltungsarbeit. Auch der Armbeuger zeigt bei Steiff eine vergleichsweise hohe Aktivität. Bei der Fa. Lowa, deren Tätigkeiten durchaus mit Steiff verwandte Inhalte haben, ist diese Muskelgruppe ähnlich hoch beansprucht. Eine Erklärung für die niedrigsten Mittelwerte bei der Fa. RECARO können die dort verwendeten individuell höhenstellbaren Arbeitstische liefern, durch die sich hohe Belastungen im Bereich der Schultermuskulatur trotz relativ großer und unhandlicher Teile offenbar vermeiden lassen. Die auch an den



Stearbeitsplätzen in der Fa. Gabor vorhandenen individuellen Verstellmöglichkeiten der Arbeitshöhe haben offenbar ähnliche Effekte. Auch an diesen Arbeitsplätzen zeigt die Schulterhebemuskulatur vergleichsweise geringe Beanspruchungen mit der niedrigsten Streuung im Vergleich mit allen anderen Messdaten. Trotz fehlender individuell anpassbarer Höhenverstellung wird die Schulterhebemuskulatur auch bei der Fa. Triumph geringer beansprucht als bei Berger, Steiff, Klotz und Lowa. Eine Erklärung dafür könnte in der höheren Dynamik und in dem vergleichsweise geringen Kraft-einsatz liegen, der dort bei der Bearbeitung der kleinen und leichten Produkte zum Tragen kommt.

Vergleicht man die Beanspruchung der Muskulatur aller Untersuchungen miteinander, so zeigt sich der in Abbildung 37 dargestellte Zusammenhang.

Abbildung 37:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) aller untersuchten Muskeln



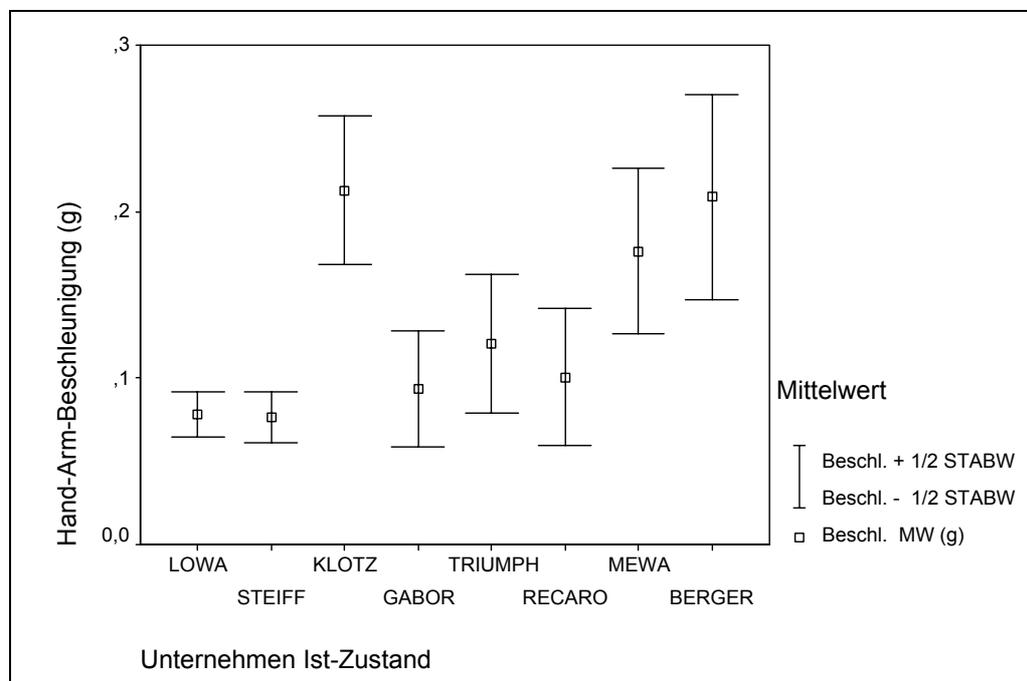
Am höchsten beansprucht werden die Muskeln im Bereich der Armhebemuskulatur im vorderen Teil. Fast gleich hoch ist die Beanspruchung der Schultermuskulatur. Auch



der Armstrecker wird vergleichsweise hoch beansprucht bei der geringsten Streuung im Vergleich mit den anderen Messgrößen. Geringere Beanspruchungen finden sich beim Armbeuger und dem seitlichen Armheber, die niedrigste Beanspruchung zeigt die Fingerbeugemuskulatur.

Die mittlere am Handgelenk gemessene Beschleunigung in Krafrichtung Zug/Schub ist in Abbildung 38 dargestellt. Bis auf die Versuche bei Klotz und RECARO verhält sich die Belastungsgröße Armbeschleunigung nahezu analog zur Beanspruchungskenngröße Herzschlagfrequenz. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Höhe der Beanspruchung des Herz-Kreislauf-Systems bei den Untersuchungen in den Firmen Lowa, Steiff, Gabor, Triumph, MEWA und Berger zu einem wesentlichen Anteil von der Hand-Arm-Beschleunigung abhängt.

Abbildung 38:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Beschleunigung Handgelenk in Krafrichtung Zug/Schub



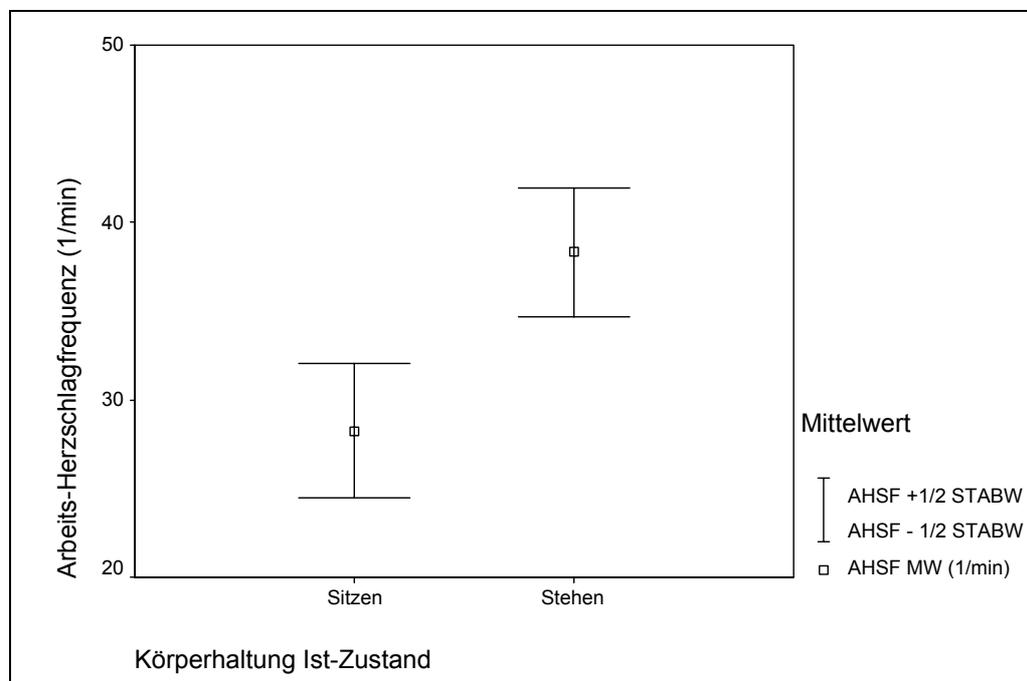
Die Tatsache, dass bei Klotz vergleichsweise hohe Hand-Arm-Beschleunigungen recht geringen Herz-Kreislauf-Beanspruchungen gegenüberstehen, kann damit erklärt



werden, dass beide obere Extremitäten (Arme) unterschiedlich hohe Anteile an dynamischer Arbeit leisten. Da die dynamische Komponente nur an dem höher belasteten Arm erfasst wurde, kann bei ungleicher Verteilung der Zusammenhang zwischen Hand-Arm-Beschleunigung und Herz-Kreislauf-Beanspruchung durchaus in dem beschriebenen Umfang streuen.

Aus dieser Auswertung wird erkennbar, in welchem Umfang die jeweiligen tätigkeits- und firmenspezifischen Randbedingungen die Beanspruchungsreaktionen der untersuchten Personen beeinflussen. Bei den Ist-Zustands-Untersuchungen wurde in der überwiegenden Zahl der Fälle (27 von 30) Nähtätigkeit in sitzender Körperhaltung betrachtet. Ein körperhaltungsbezogener Vergleich der Herz-Kreislauf-Beanspruchung ist in Abbildung 39 dargestellt.

Abbildung 39:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) in sitzender und stehender Körperhaltung



Wie deutlich erkennbar wird, hat die Körperhaltung einen großen Einfluss auf die Beanspruchung der arbeitenden Mitarbeiterinnen. Die stehende Körperhaltung



verursacht eine Erhöhung der durchschnittlichen Arbeits-Herzschlagfrequenz um 10,1 Schläge/min. Der Unterschied ist statistisch signifikant. Die Beanspruchungsunterschiede resultieren aus dem unterschiedlich hohen Aufwand, den die Muskulatur bei stehender Körperhaltung leisten muss. Fuß-, Bein- und Rumpfmuskulatur sind in stehender Körperhaltung wesentlich höher beansprucht als beim Sitzen. Die Beanspruchung ist gerade beim üblichen Näharbeitsplatz überwiegend statischer Art, weil infolge der durch Hand- und Fußbetätigung und durch die Sehaufgabe stark fixierten Körperhaltung kaum entlastende Körperbewegungen ausgeführt werden können.

Der Vergleich der muskulären Beanspruchung an den in die Ist-Zustands-Untersuchungen einbezogenen Sitz- und Steharbeitsplätzen zeigt bei den eher dynamisch eingesetzten Muskeln Fingerbeuger, Armbeuger und Armheber höhere Beanspruchungen bei stehender Körperhaltung (Abbildungen 40 bis 42, siehe Seite 94).

Abbildung 40:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeugers in sitzender und stehender Körperhaltung

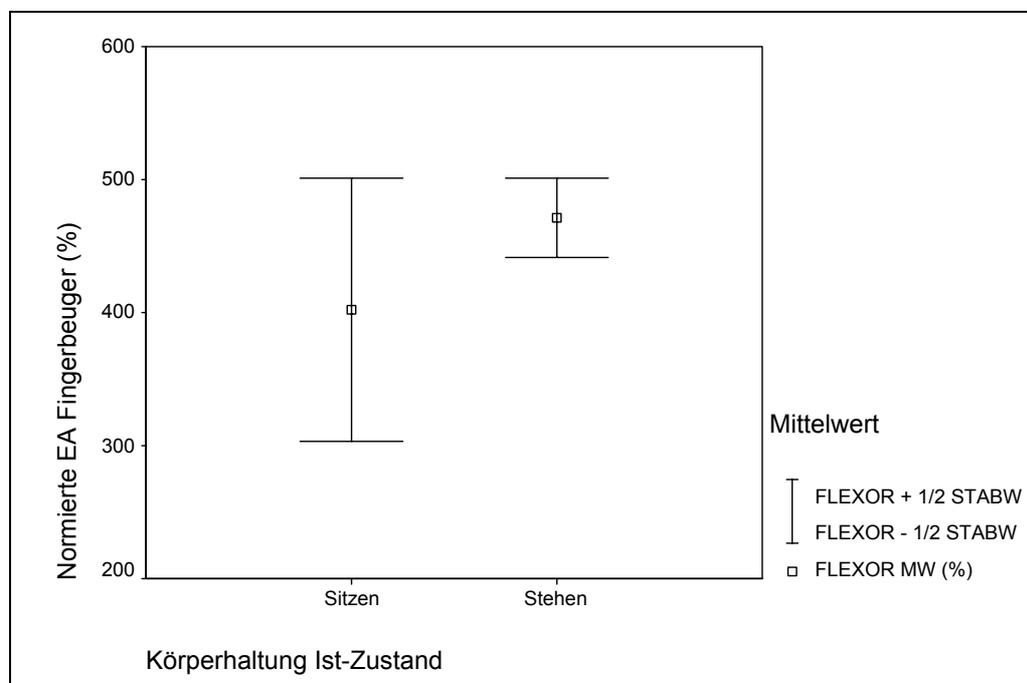




Abbildung 41:

Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeuger in sitzender und stehender Körperhaltung

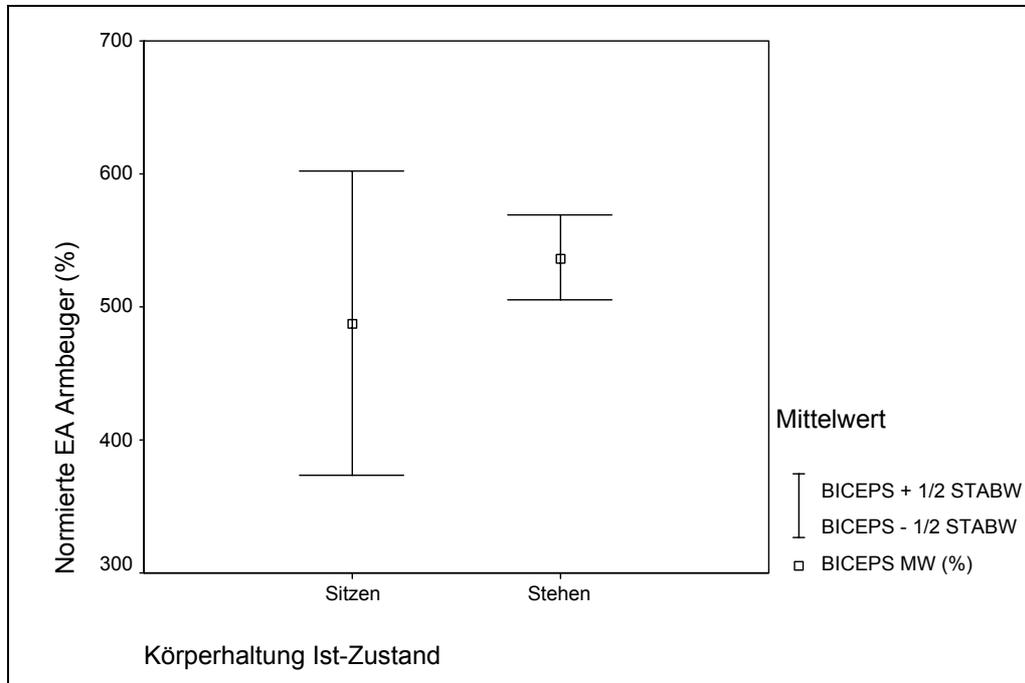
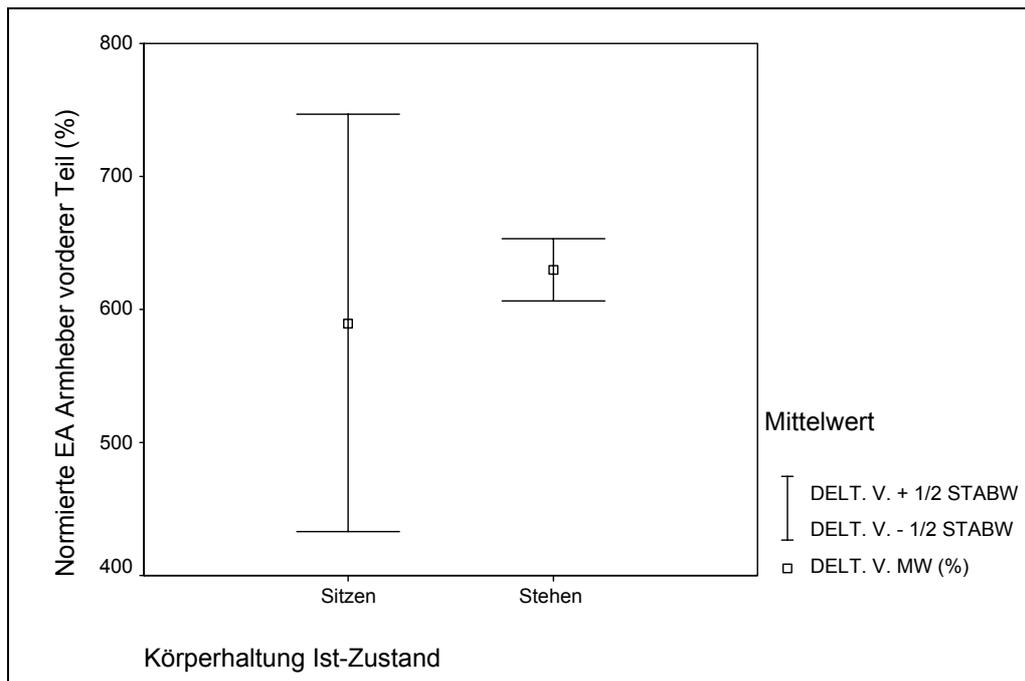


Abbildung 42:

Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armheber (vorderer Teil) in sitzender und stehender Körperhaltung

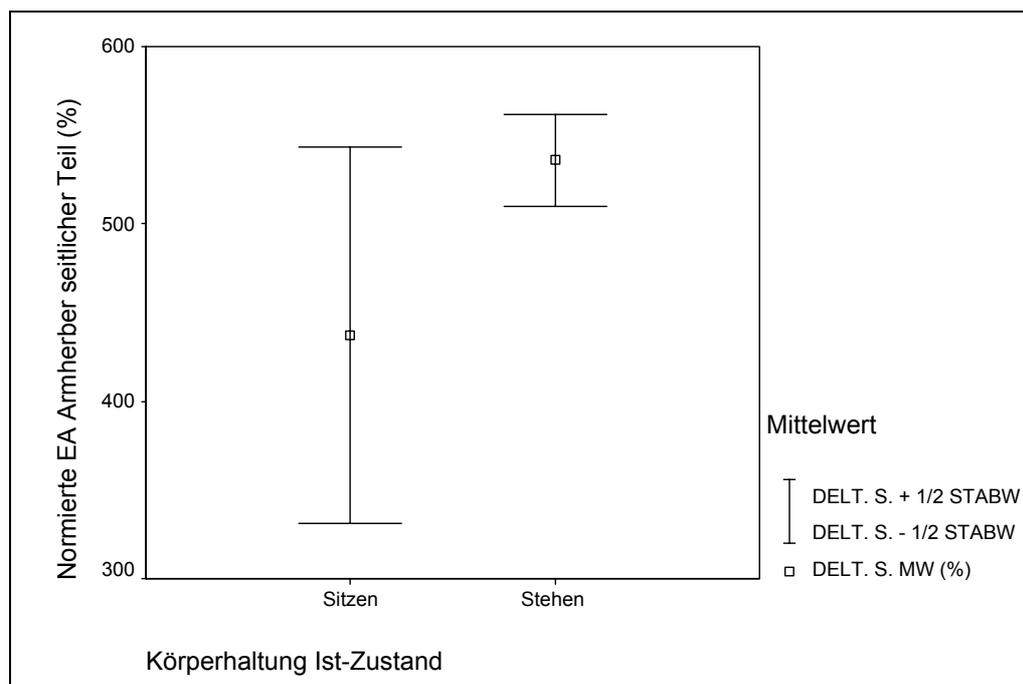




Die geringeren Streuungen der Messwerte in stehender Körperhaltung resultieren aus der geringeren Zahl von Fällen, die in dieser Körperhaltung untersucht werden konnten.

Dass gerade die Armhebemuskulatur in stehender Körperhaltung im Mittel stärker aktiviert wurde als in sitzender Körperhaltung, ist auch durch die in stehender Körperhaltung geringeren Möglichkeiten der Abstützung der Arme auf dem Arbeitstisch zu erklären (Abbildung 43).

Abbildung 43:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) in sitzender und stehender Körperhaltung



Eine Umkehrung der oben dargestellten Tendenz lässt sich beim Vergleich der Beanspruchung der Armstreck- und Schulterhebemuskulatur (zum Vorwärtsbewegen des Armes) erkennen (Abbildungen 44 und 45, siehe Seite 96). Sie zeigt eine in stehender Körperhaltung deutlich geringere Beanspruchung als in der sitzenden Körperhaltung.



Abbildung 44:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armstreckers in sitzender und stehender Körperhaltung

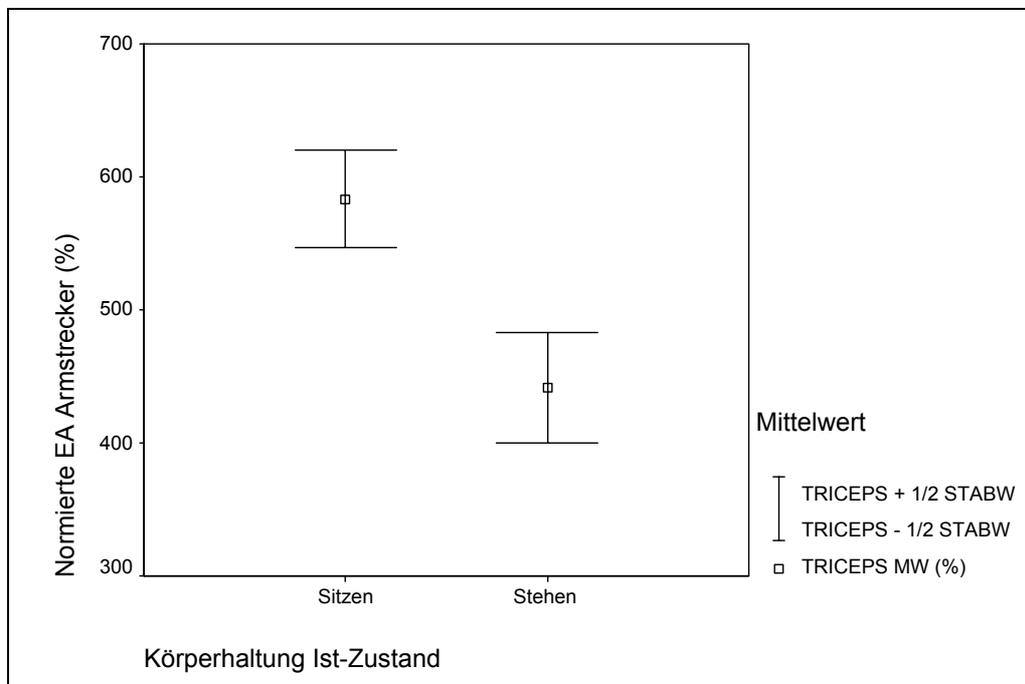
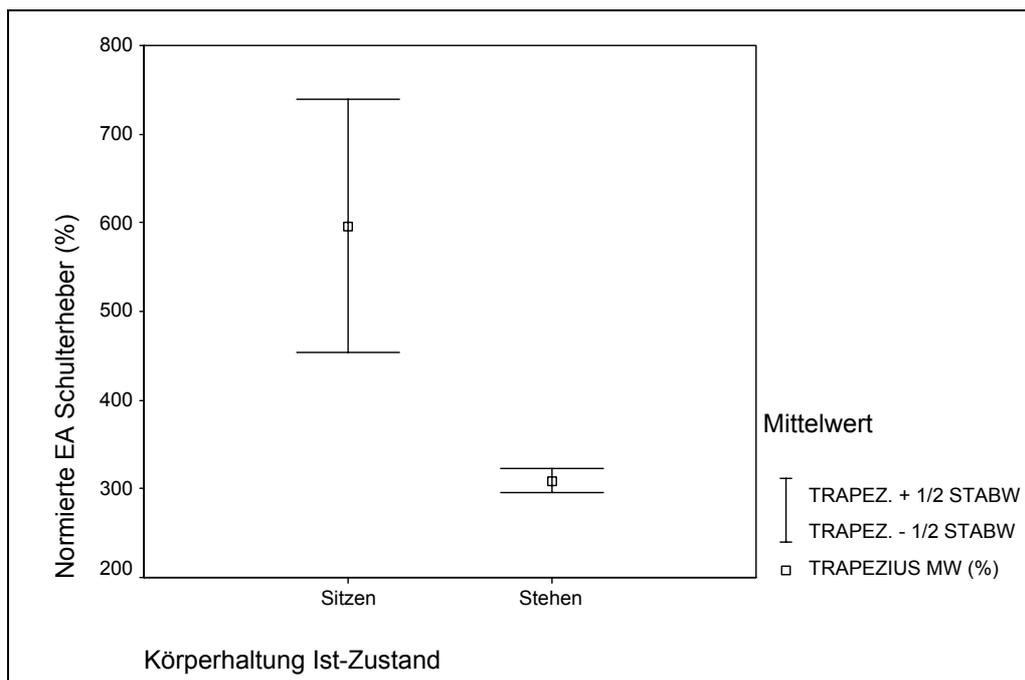


Abbildung 45:
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrische Aktivität (EA) des Schulterhebers in sitzender und stehender Körperhaltung





Die geringere Beanspruchung der Armstreckmuskulatur kann damit zusammenhängen, dass die Bewegungsabläufe beim Vorbewegen des Unterarms in stehender Körperhaltung weniger durch die im Sitzen gebeugte Körperhaltung beeinflusst werden und somit zu einer verringerten Beanspruchung dieser Muskelgruppe führen.

Die geringere Beanspruchung der Schulterhebemuskulatur im Stehen kann mit der Tatsache zusammenhängen, dass der Arbeitstisch an allen untersuchten Steharbeitsplätzen durch eine Höhenverstellvorrichtung an die individuellen Körpermaße angepasst werden konnte. Diese Möglichkeit war an den meisten Sitzarbeitsplätzen nicht gegeben. Zudem verursacht die ungünstige Position des Fußpedals im Sitzen eine stärkere Rückenbeugung, wodurch auch ungünstige Schulter-Arm-Haltungen entstehen können.

3.4 Ergebnisse der Mitarbeiterbefragung und arbeitsmedizinischen Beurteilung (Ist-Zustands-Analyse)

Zur Erfassung der von den Beschäftigten subjektiv empfundenen Beanspruchungen diente bei der Zustandsanalyse ein zweiseitiger Fragebogen (Abschnitt 2.4.7 und Anhang I). Darin wurden persönliche Daten (Größe, Alter, Gewicht, Näharbeitsdauer gesamt, Sehhilfe) der Probanden dokumentiert, die in Abbildung 46 (siehe Seite 98) dargestellt sind.

In dieser Befragung wurden Art und Dauer der Nähtätigkeit, der subjektiv empfundene Beanspruchungsgrad (vier Skalen zwischen „leicht“ und „sehr schwer“) und auch Verbesserungsvorschläge erhoben. Zusätzlich wurden ein Beschwerde-Score (mit den drei Abstufungen „keine“, „manchmal“, „häufig“) im Bereich Ober- und Unterkörper sowie Kopf wie auch sonstige Beschwerden abgefragt.

Die zusammenfassende Auswertung der Angaben aus dem Fragebogen 1 zeigt Abbildung 47 (siehe Seite 99).

Die erfassten 17 Merkmale als Beschwerden an verschiedenen Körperlokalisationen bzw. allgemeine Befindlichkeitsstörungen bilden ab, dass zu den Körperregionen



Unterkörper und Kopf sowie zum allgemeinen Befinden kaum subjektive Beschwerden angegeben wurden. Die Kategorie „manchmal Beschwerden“ gaben ca. ein Viertel der befragten Personen speziell an der oberen und unteren Wirbelsäule sowie im Schulter-Nacken-Bereich an. Die Angabe von „häufigen Beschwerden“ war den Regionen Nacken, Schulter sowie Arme, Finger und Hände zuzuordnen.

Abbildung 46:
Erfasste Daten der befragten 21 Näherinnen

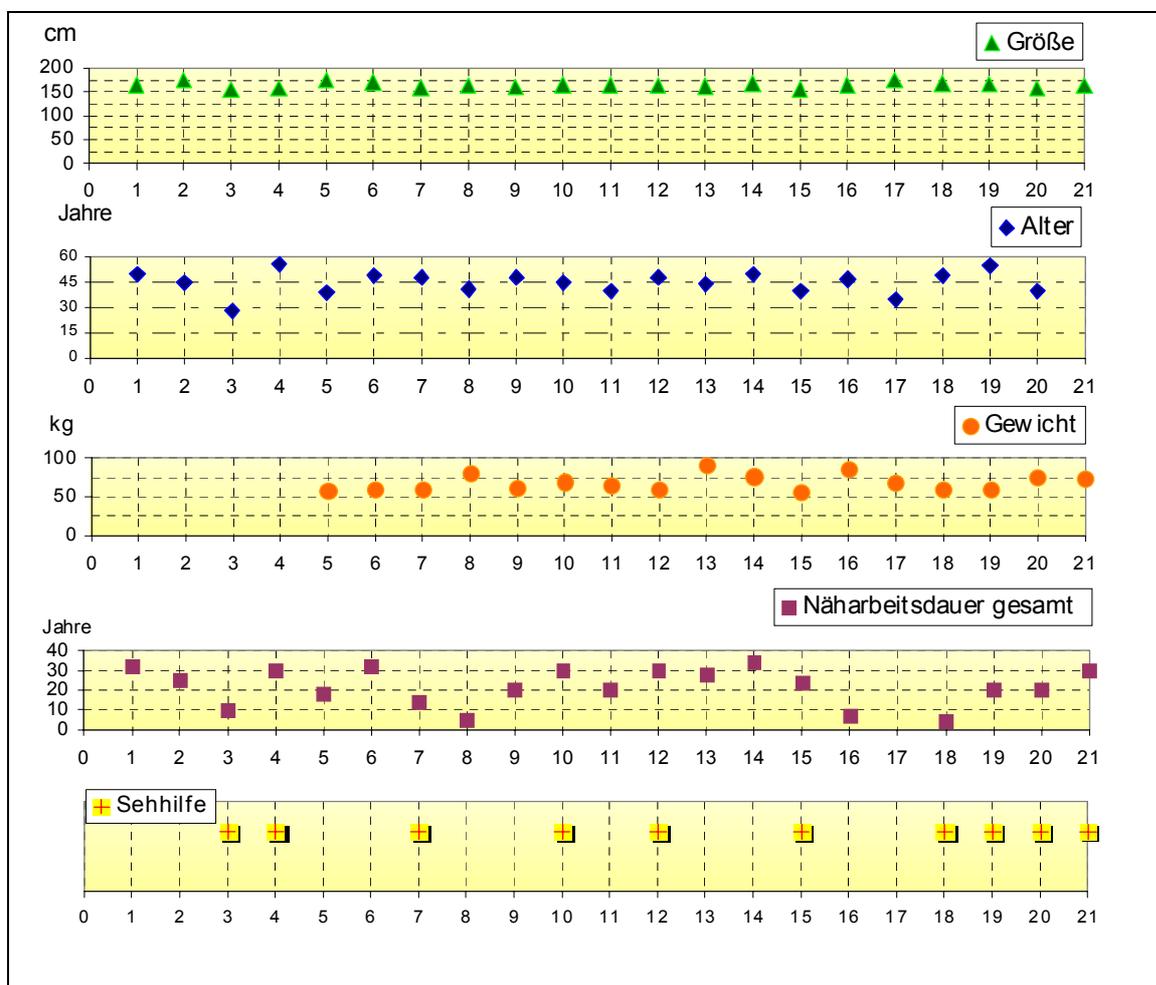
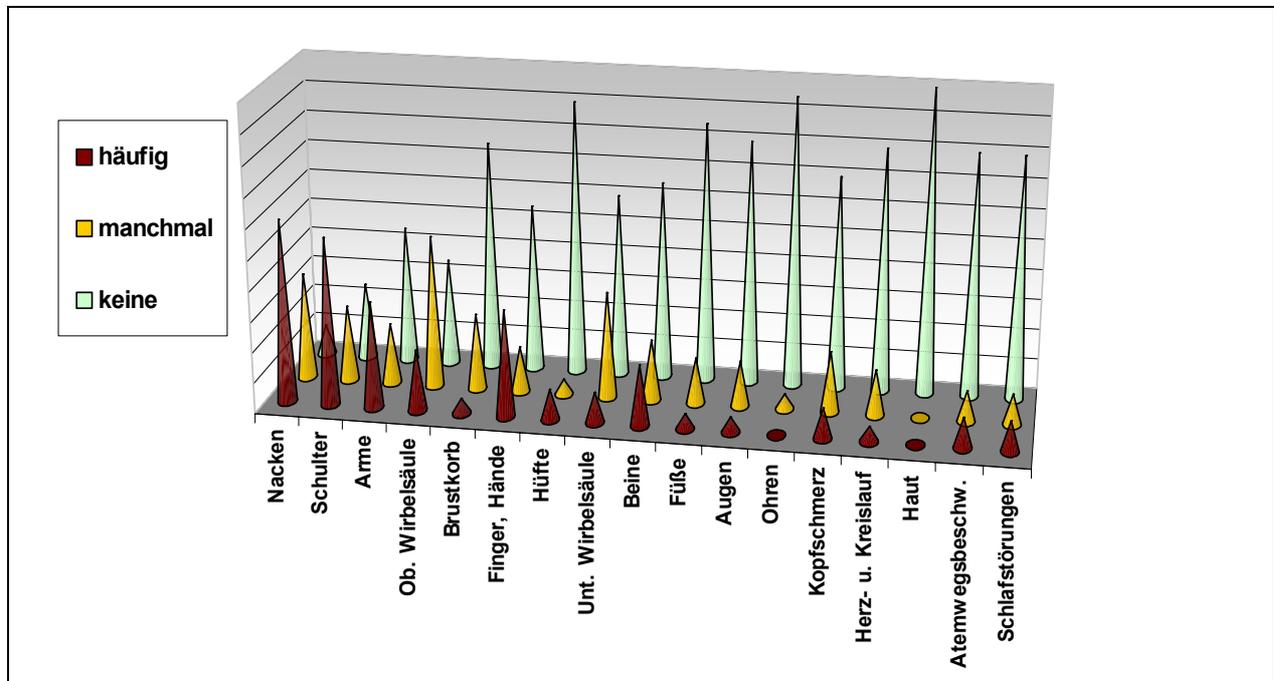




Abbildung 47:
Fragebogenauswertung „Beschwerden bei Nähtätigkeit“,
Lokalisation nach den Angaben von 21 Näherinnen



Aus dem Beschwerde-Score aller 21 befragten Mitarbeiterinnen der in Phase 1 des Forschungsprojektes teilnehmenden Firmen ist zusammenfassend abzuleiten, dass Beschwerden an den oberen Gliedmaßen im Vordergrund stehen.

Dieses Ergebnis deckt sich mit den in der internationalen Literatur angeführten Muskel-Skelett-Beschwerden von Beschäftigten in der Bekleidungsherstellung. Diese sind multifaktorielle, teilweise arbeitsbedingte Schädigungen mit der Folge von Muskel-Skelett-Funktionsstörungen (MSD, Musculoskeletal Disorders). Sie werden konkret an den oberen Gliedmaßen als „Work Related Upper Limb Disorders“ (WRULD) bezeichnet. Eine Auflistung von 37 Fachartikeln über Belastungen, MSD, Ergonomie und andere Aspekte der Arbeit in der Bekleidungsfertigung einschließlich Näharbeit findet sich im Berichtsband „Musculoskeletal Disorders (MSD) and Work Organisation in the European Clothing Industry“ [25]. In diesen Arbeiten werden als Diagnosen Beeinträchtigungen von Sehnen-, Binde- und Gleitgewebe angegeben, z. B. Tendosynovitis (Sehnenscheidenentzündung), Tendinitis (Entzündung des eigentlichen Sehngewebes



mit eventuell degenerativen Veränderungen der Sehnenfasern), Epicondylitis (entzündlicher oder degenerativer Prozess im Bereich von Muskelansatzstellen an Knochenvorsprüngen) und Bursitis (Schleimbeutelentzündung).

Auch die Auswertung der Arbeitsunfähigkeitsdaten von Krankenkassen, bei denen Bekleidungsfertiger versichert sind, zeigen ein erhöhtes Auftreten von Erkrankungen aus der Gruppe der Muskel-Skelett-Krankheiten im Vergleich zum gesamten versicherten Kollektiv.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Bekleidungsindustrie haben eine höhere Erkrankungshäufigkeit bei folgenden Einzeldiagnosen mit den ICD-Nummern

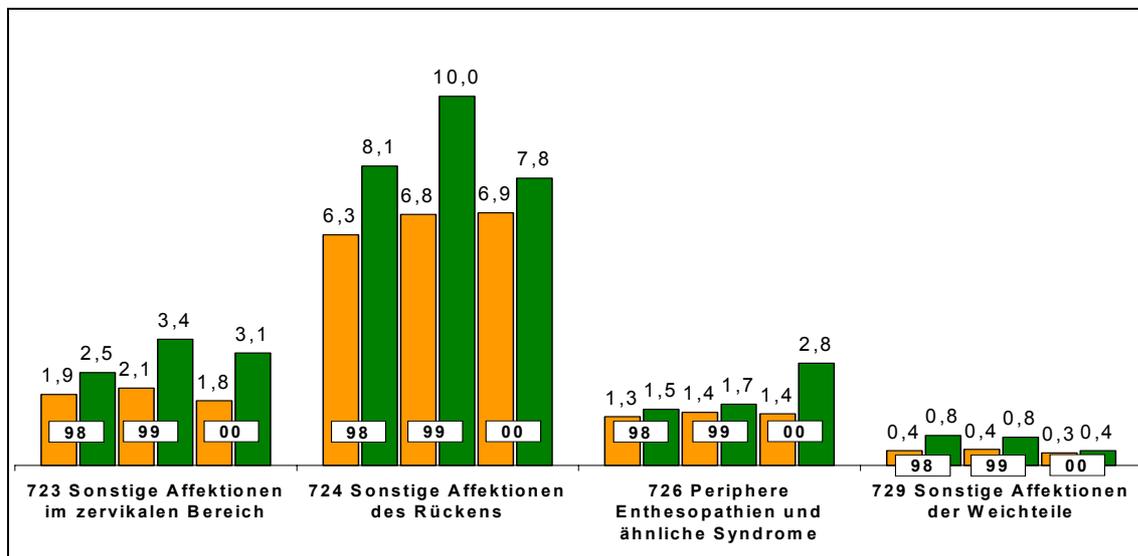
- 732: Sonstige Affektionen im zervikalen Bereich (Halswirbelsäule)
- 724: Sonstige Affektionen des Rückens (z. B. Dorsopathien, Rückenschmerzen unterschiedlicher Genese)
- 726: Periphere Enthesopathien und ähnliche Symptome bzw.
- 729: Sonstige Affektionen der Weichteile (also Beeinträchtigungen der Knochen, Sehnen, des Bindegewebes und der Weichteile).

Abbildung 48 (siehe Seite 101) zeigt diesen Sachverhalt. Die Datenbasis stammt aus den Jahren 1998 bis 2000. Die höhere Erkrankungshäufigkeit der Mitarbeiter in der Bekleidungsfertigung im Vergleich zur Gesamtheit der DAK-Versicherten (DAK, Deutsche Angestellten-Krankenkasse) steht in Übereinstimmung mit o. a. Literaturstellen.



Abbildung 48:

Auswertung der Arbeitsunfähigkeitsdaten von DAK-Versicherten in der Bekleidungsindustrie (grün) und der Gesamtheit der DAK-Versicherten (orange) in den Jahren 1998 bis 2000



Über die Auswertung des Arbeitsunfähigkeitsgeschehens mit dem Schwerpunkt Bekleidungsfertigung unter dem Thema „Kooperation mit der DAK“ findet sich ein ausführlicher Artikel in [37].

Als Quintessenz ist festzuhalten, dass in Übereinstimmung mit der internationalen Literatur und den Ergebnissen von Arbeitsunfähigkeitsdaten der Krankenkassen die befragten 21 versicherten Näherinnen bzw. Stepperinnen Beschwerden hauptsächlich lokalisiert an den oberen Gliedmaßen, speziell an Hand und Unterarm, sowie in der Schulter-Nacken-Region angaben.

Akute Erkrankungen, wie beispielsweise Entzündungen mit Bewegungseinschränkung oder Schwellung und Rötung, waren nicht festzustellen, doch wurden von etlichen Versicherten lange Jahre zurückliegende bzw. immer wieder auftretende, lang anhaltende Beschwerden an oben skizzierten Körperregionen angegeben. Auch Beschwerden an der oberen und unteren Wirbelsäule wurden berichtet. Ein eindeutiger bzw. alleiniger Zusammenhang zwischen den Arbeitsbedingungen allein und den Beschwerdeangaben war zwar nicht belegbar, da bei muskulo-skelettalen Beschwerden ein



multifaktoriell zugrunde liegendes Geschehen die Regel ist. Aufgrund der lang andauernden und einseitigen Körperhaltung im Sitzen beim Nähen ist jedoch ein arbeitsbedingter Einfluss – zum Beispiel bei starker Wirbelsäulenkrümmung nach vorn in dauernder vorderer Sitzhaltung – anzunehmen.

3.5 Arbeitsplatz- und Arbeitsumgebung (Ist-Zustand)

Die Ergebnisse der Messungen von Umgebungsbedingungen sind in Tabelle 12 (siehe Seite 103) dargestellt. Sie beinhalten mehrere Messungen an den verschiedenen Arbeitsplätzen, die in den Unternehmen untersucht wurden.

Der Lärmpegel in Ohrhöhe beinhaltet momentane Lärmwerte, die während der Nähaktivität bei laufender Nähmaschine gemessen wurden, und nicht die Zeiträume, während derer bei ausgeschalteter Maschine gearbeitet wurde. Die Werte verdeutlichen, dass der von der Maschine erzeugte Lärm besonders bei der Bearbeitung schwerer Stoffe mit häufiger Maschinenaktivität (Fa. Berger) durchaus hohe Belastungen erreichen kann. Die als Stichprobe aus mehreren Einzelmessungen erhobenen Lärmpegel im Arbeitsraum weisen in der Regel Werte auf, die nicht als kritisch beurteilt werden. In diese Werte fließen auch die Zeiten ein, in denen infolge von Nebentätigkeiten kein Maschinengeräusch auftritt.

Da alle Arbeitspersonen bei der Nähtätigkeit mit einem relativ geringen Abstand zwischen Maschine und Ohr arbeiten, sollte der Thematik Lärmreduzierung bei Nähtätigkeit vielleicht eine eigene Untersuchung gewidmet werden.

Bei der Beurteilung der Beleuchtungssituation fällt auf, dass die im Bereich der Nadel gemessenen Beleuchtungsstärken stark variieren. Zwischen 450 und 8 000 Lux bewegen sich die Werte, die in einem Radius von ca. 20 mm um die Nadel gemessen wurden. Diese großen Unterschiede verdeutlichen, dass in Abhängigkeit von der installierten Beleuchtung, trotz ähnlicher Anforderungen an das Sehvermögen, firmenspezifisch sehr unterschiedliche Lösungen existieren.



Tabelle 12:
Übersicht über gemessene und beurteilte Umgebungsbedingungen
an den untersuchten Arbeitsplätzen (Ist-Zustands-Analyse)

Unter- nehmen/ Versuch	Lärmpegel in Ohrhöhe in dB(A)	Lärm- pegel im Arbeits- raum in dB(A)	Beleuch- tungs- stärke im Nähbe- reich Nadel in Lux (Mit- telwert)	Beleuch- tungs- stärke im Näh- arbeits- bereich, in Lux (Mini- malwerte)	Beleuch- tungs- stärke im Raum in Lux (Mittel- wert)	Besondere Mängel/ Probleme/ Erkenntnisse
Berger 1	bis 92	70	450	330	700	Schwere Neben- tätigkeit, 12 kg Tragen
Berger 2	bis 92	70	700	580	1 200	Schwere Neben- tätigkeit zusammen- legen
Gabor 1	85	70	3 700	770	700	Starke Beugung des Oberkörpers
Gabor 2	75	70	7 500	440	600	Keine Abstützung der Arme möglich
Klotz 1	72 bis 73	60 bis 65	1 180	530	500	Entlastender Ar- beitswechsel
Klotz 2	72	60 bis 65	3 000	700	500	Belastende Neben- tätigkeiten
MEWA 1	73 bis 76	70	4 500	1 810	2 000 bis 3 000	Blendwirkung durch Sonneneinstrahlung
Lowa 1	77	75	2 500	760	800	Kaum Abstützung der Arme möglich
Lowa 2	78	75	1 800	400	1 000	Kaum Abstützung der Arme möglich
MEWA 2	73 bis 76	70	6 500	2 130	2 000 bis 3 000	Blendwirkung durch Sonneneinstrahlung
RECARO 1	65	60	6 400	720	750	Schwere und große Teile
RECARO 2	bis 80	60	1 600	390	500	Schwere und große Teile
RECARO 3	65	60	---	---	---	Starke Beugung des Oberkörpers
RECARO 4	72	60	4 700	---	---	Abstützmöglichkeit für Arme fehlt
Steiff 1	70 bis 75	65 bis 68	4 780	400	680 bis 2 000	Fingerschutz im Blickbereich
Steiff 1	68	65 bis 68	8 000	320	600	Stuhl ohne Rücken- lehne (Swopper)
Steiff 2	68	65 bis 68	8 000	320	600	Stuhl ohne Rücken- lehne (Swopper)
Triumph 1	77 bis 87 (Ausblasdüse)	65	2 400	1 250	900 bis 1 200	Starke Beugung des Oberkörpers



Tabelle 12, Fortsetzung

Unternehmen/ Versuch	Lärmpegel in Ohrhöhe in dB(A)	Lärm- pegel im Arbeits- raum in dB(A)	Beleuch- tungs- stärke im Nähbe- reich Nadel in Lux (Mit- telwert)	Beleuch- tungs- stärke im Nähar- beitsbe- reich in Lux (Mini- malwerte)	Beleuch- tungs- stärke im Raum in Lux (Mit- telwert)	Besondere Mängel/ Probleme/ Erkenntnisse
Triumph 2	77 bis 87 (Ausblasdüse)	65	2 400	1 250	900 bis 1 200	Starke Beugung des Oberkörpers
Triumph 3	75	65	2 400	1 250	1 800	Sitzhaltung durch Knieschalter fixiert
Triumph 4	75	65	2 400	1 250	1 800	Sitzhaltung durch Knieschalter fixiert

Besonders kritisch ist zu bewerten, dass schon innerhalb des direkten Arbeitsfeldes (Radius ca. 100 mm um die Nadel) die Beleuchtungsstärken auf Werte von 320 bis 2 130 Lux abnehmen. Im Durchschnitt beträgt die Reduzierung der Beleuchtungsstärke ca. 80 %. Diese zu hohen Helligkeitsunterschiede (Kontraste) bewirken für das Auge aufwändige und sehr häufige Adaptationsvorgänge, die durch eine gleichmäßige flächenbetonte Arbeitsfeldbeleuchtung vermieden werden könnten. Die Helligkeitsunterschiede werden am extremsten bei der Verwendung von Beleuchtungseinheiten, bei denen das Licht über Glasfaserleiter zu einer punktförmigen Beleuchtung der Nadel gebündelt wird.

Ohne eine maschinenbezogene Zusatzbeleuchtung wird man bei Nähtätigkeit auch bei einer gut gestalteten Allgemeinbeleuchtung nicht auskommen, da der Maschinenkörper meist einen Schatten erzeugt, wodurch ein Teil des Nähguts im Bereich geringerer Helligkeit liegt.

Dass auch das einfallende Tageslicht negative Auswirkungen haben kann, wurde in einem Fall festgestellt. Nicht beeinflussbarer Sonneneinfall durch die Oberlichter einer Fabrikationshalle hatte hohe Blendungsintensitäten zur Folge, deren negative Wirkungen sich in erhöhter Beanspruchung der Mitarbeiter (Sehfunktion, Körperhaltung) aber u. U. auch in Qualitätsmängeln niederschlagen können.



Die in der letzten Spalte zusammengestellten Erkenntnisse erläutern die unternehmensspezifische Arbeitssituation. In den Analysen von Körperhaltung und Beanspruchung wird auf die speziellen Belastungen einzelner Unternehmen eingegangen.

Die Messung der klimatischen Bedingungen in den Unternehmen erbrachte keine vom Behaglichkeitsbereich deutlich abweichenden Werte. Ungünstige Luftbewegungen aufgrund der Gebläse in den Antriebsmotoren der Maschinen wurden nicht festgestellt.

In Tabelle 13 sind einige der erhobenen Arbeitsplatzmaße dokumentiert.

Tabelle 13:
Übersicht über wichtige Maße des Arbeitsplatzes

Unternehmen/ Versuch	Tischbreite in mm	Tischtiefe in mm	Arbeits- höhe Näh- ebene in mm	Ab- stand Nadel zu Tisch- vorder- kante in mm	Ab- stand Tisch- unter- kante zu Pedal- mitte in mm	Abstand Tisch- vorder- kante zu Pedal- mitte in mm - unter + vor dem Tisch	Fuß- pedal Breite in mm	Körper- haltung/ Maschinen- typ
Berger	1 500	570	775	195	655	-150	260	Sitzen/ Langarm/ Flachbett
Gabor 1	1 090	550	1 365	190	1 200	+80	145	Stehen/ Säule
Gabor 2	1 060	500	810	180	693	-290	270	Sitzen/ Flachbett
Klotz	820	700	850	300	708	-260	270	Sitzen/ Flachbett
Lowa	1 050	500	800	180	670	-240	270	Sitzen/ Säule
MEWA	1 560	800	1 000	150	960	+220	150	Stehen/ Flachbett/ Freiarm
RECARO	1 440	800	790	260	665	-220	260	Sitzen/ Flachbett
Steiff	1 200	900	860	230	740	-250	260	Sitzen/ Flachbett
Triumph 1	1 450	1 000	770	270	650	-210	270	Sitzen/ Block
Triumph 2	1 140	1 000	840	300	720	-210	270	Sitzen/ Flachbett



Die Arbeitstischbreite ist abhängig von der Größe des zu verarbeitenden Materials und der auf dem Tisch als Ablage genutzten Flächen. Sie variiert dementsprechend zwischen 820 und 1 500 mm.

Auch die Tiefe des Arbeitstisches hängt von der Größe des zu verarbeitenden Materials ab, erstaunlicherweise zeigt die Praxis, dass bei Berger trotz großer Werkstücke im Ist-Zustand ein Tisch mit relativ geringer Arbeitstiefe verwendet wurde.

Die Arbeitshöhe, also die Ebene, in der das zu verarbeitende Produkt genäht wird, variiert in Abhängigkeit von der Körperhaltung und Art der Nähmaschine. In stehender Körperhaltung liegt die Nählebene naturgemäß deutlich höher als in sitzender Körperhaltung. Bei beiden im Ist-Zustand untersuchten Steharbeitsplätzen war die Arbeitshöhe stufenlos einstellbar. Die in der Tabelle wiedergegebenen Werte beinhalten dementsprechend die von der jeweiligen Arbeitsperson selbst gewählte Einstellung. Bei den untersuchten Sitzarbeitsplätzen war eine schnelle und einfache Anpassung an die Körpermaße der Personen in der Regel nicht möglich. Der Variationsbreite der Arbeitshöhe von 770 mm bis zu 860 mm in sitzender Körperhaltung gibt feste Bedingungen für die Körperhaltung vor. Interindividuellen Unterschieden in Körpermaßen und -proportionen werden diese Arbeitsplätze kaum gerecht.

Der Abstand von der Nadel zur Tischvorderkante beeinflusst Arm- und Kopfhaltung der arbeitenden Personen. Je größer dieser Abstand wird, desto wahrscheinlicher wird bei gleichen Sehanforderungen eine stärkere Rückenneigung. Die Handhabung des Nähgutes wird durch eine größere Fläche vor der Nadel eher positiv beeinflusst.

Bei Näharbeit im Sitzen liefert der Abstand zwischen Tischunterkante und Fußpedalmitte Informationen darüber, inwieweit unbeeinträchtigte Beinhaltenungen bei der Tätigkeit eingehalten werden können. Die gemessenen Minimalwerte von 655 mm reichen nicht aus, um größeren Menschen ausreichend Freiraum im Beinbereich zu gewährleisten (Abbildung 49, siehe Seite 107), zumal, wenn wie meist üblich, Unterbauten der Nähmaschine zusätzliche Einschränkungen des Beinraums bewirken.



Der Abstand von der Tischvorderkante zur Pedalmitte liefert Hinweise darauf, inwieweit Füße und Beine in entspannter Haltung unter dem Arbeitstisch untergebracht werden können. Die hier mindestens erforderlichen 250 mm in sitzender Körperhaltung (Abstand unter dem Tisch, in Tabelle 13 mit „-“ gekennzeichnet) werden aufgrund des Konstruktionsprinzips vieler Näharbeitsplätze leider oft nicht erreicht.

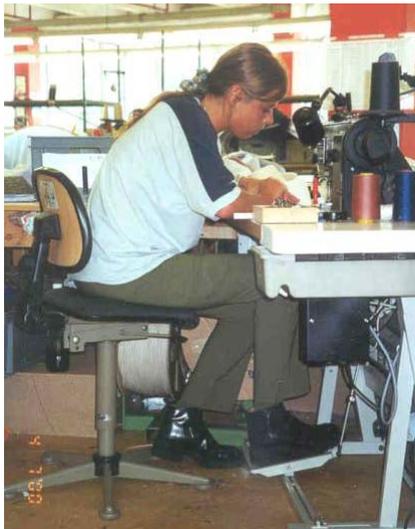


Abbildung 49:
Eingeschränkter Beinraum am Näharbeitsplatz

Auch die Fußpedalbreite lässt zu wünschen übrig, da häufig eine zweite Abstellfläche für den nicht aktiven Fuß fehlt. Für das Unterbringen beider Füße auf einem Pedal ist auch eine Breite von 270 mm nicht ganz ausreichend (Abbildung 50).



Abbildung 50:
Typische Fußhaltung
am Näharbeitsplatz
(Körperhaltung sitzend)



Der verwendete Maschinentyp hat direkte Rückwirkung auf Belastung und Beanspruchung der Arbeitspersonen. Bei der am häufigsten eingesetzten Flachbettmaschine wird das Nähgut in der Ebene des Arbeitstisches geführt. Die Nadel und damit die Stelle, die einer intensiven optischen Kontrolle unterliegen muss, befindet sich auf Arbeitstischhöhe. Bei der Säulenmaschine befindet sich die Arbeitsebene etwa 80 bis 120 mm oberhalb der Arbeitstischebene. Durch diese Anordnung wird es möglich, räumliche Nähte zu erzeugen. Abbildung 51 zeigt typische Handhaltungen an beiden Nähmaschinentypen. Deutlich ist erkennbar, dass an der Säulenmaschine aufgrund der günstigeren Sehentfernung eine weniger stark gebeugte Rückenhaltung eingenommen wird als an der Flachbettmaschine. Allerdings fehlt an der Säulenmaschine die Möglichkeit der Abstützung des Unterarms auf der Tischfläche. Bei der Flachbettmaschine kann diese zur Verringerung der Halte- und Haltungsarbeit der Armmuskulatur genutzt werden.

Abbildung 51:
Hand- und Armhaltung an Säulen- (links) und Flachbettmaschine (rechts)





3.6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Ist-Zustands-Analyse)

Die Ist-Zustands-Analyse bestätigt die oft genannten Belastungsfaktoren für das Muskel-Skelett-System an Näharbeitsplätzen. Durch die erstmalige Quantifizierung der Belastungsfaktoren sind im Folgenden eine zielgerichtete Prävention (mit Erfolgskontrolle) sowie eine feinere Differenzierung der Präventionsmaßnahmen nach der Art der Nähtätigkeit möglich. Zusammenfassend wurden die folgenden Hauptbelastungsfaktoren an Näharbeitsplätzen messtechnisch erfasst:

- ❑ Bei Sitzarbeitsplätzen: starke und lang andauernde Zwangshaltungen der Wirbelsäule (starke Krümmung des Rückens, Kyphosierung der Lendenwirbelsäule durch nach hinten gekippte Beckenhaltungen)
- ❑ Starke Beugungen der Halswirbelsäule sowie Neigung des Kopfes, resultierend aus der Sehaufgabe und der maßlichen Gestaltung von konventionellen Näharbeitsplätzen
- ❑ Hohe Schulter-Arm-Hand-Belastungen durch
 - häufiges Anheben der Arme nach vorne und zur Seite
 - häufiges Arbeiten in Unterarm-Einwärtsdrehung (Pronation)
 - hohe repetitive Belastungen für alle Gelenke des Schulter-Arm-Hand-Systems.

Krafteinwirkungen bzw. Lastenhandhabungen wurden mit dem CUELA-System in der beschriebenen Konfiguration messtechnisch nicht erfasst und analysiert. Diese Belastungsfaktoren spielten bei sehr unhandlichen und schweren Nähgütern (z. B. Zelte, Fa. Berger) zusätzlich eine Rolle.

Die Ausführung der Nähtätigkeit am neu zu entwickelnden ergonomischen Näharbeitsplatz sollte zu einer Verringerung der oben dargestellten Belastungsfaktoren führen. In Tabelle 14 (siehe Seite 110) sind einige Vorschläge für ergonomisch-technische Verbesserungen, die sich direkt aus den gemessenen Belastungsfaktoren ergeben, zusammengetragen.



Tabelle 14:
Vorschläge für ergonomisch-technische Verbesserungen an Näharbeitsplätzen,
resultierend aus den Messergebnissen der Ist-Zustands-Analyse

Belastete Körperregion	Ergonomisch-technische Intervention am Näharbeitsplatz (Maschine/Tisch)
Allgemein	Möglichst individuelle Anpassungsmöglichkeiten des Arbeitsplatzes an den einzelnen Nutzer
Kopfneigung/Halswirbelsäulen-Beugung	Höhenverstellung des Tisches, Neigung der Arbeitsfläche
Oberkörperneigung	Höhenverstellung des Tisches
Rückenkrümmung	Höhenverstellung des Tisches, Wechsel Sitzen/Stehen
Beckenneigung bzw. -kipfung	Geeigneter Stuhl, richtige Einstellung des Arbeitsplatzes (Fußpedal, Stuhl, Tisch), Wechsel Sitzen/Stehen
Schulter	Neigung des Tisches, Tischfläche an Größe und Gewicht des Nähgutes anpassen, Auflagemöglichkeit für die Arme
Unterarm	Wechsel zwischen Flachbett- und Säulenmaschine, gute Zugänglichkeit/Zugriffsmöglichkeit (Nähnadel)
Handgelenke	Ablagemöglichkeit für schweres Nähgut

Für den zu entwickelnden ergonomischen Näharbeitsplatz ergeben sich hieraus die folgenden Anforderungen:

- Höhenverstellbarkeit des Nähtisches (eventuell Wechsel Steh-Sitz-Arbeitsplatz)
- Neigemöglichkeit der Arbeitsfläche (eventuell zusätzlich zur Neigung der Nähmaschine)
- auf das Nähgut abgestimmte Tischflächengröße und -form



- verbesserte Zugriffsmöglichkeit/Abschrägung des Flachbettes (Prüfung des Einsatzes einer Säulenmaschine)
- Arbeitsstuhl höhenverstellbar, Sitzfläche nach vorne neigbar (rutschhemmende Polster)
- Alle Verstellmöglichkeiten sollten schnell und einfach zu bedienen sein, um individuell von jedem Beschäftigten genutzt zu werden.

3.7 Gestaltung der Musterarbeitsplätze

Die Musterarbeitsplätze beinhalten folgende Veränderungen gegenüber den in den Unternehmen vorgefundenen Arbeitsplätzen.

- Freier Fuß- und Beinraum

Der Fuß- und Beinraum der Musterarbeitsplätze ist weitgehend frei von Streben und Einbauten, sodass die Näherin die Fuß- und Beinstellung einnehmen kann, die ihren individuellen Körpermaßen und Wünschen entspricht (Abbildung 52, siehe Seite 112). Durch den bei modernen Maschinen üblichen Direktantrieb verschwindet der Motor aus dem Bereich der Beine und Knie, wodurch eine Sitzhaltung ermöglicht wird, die Zwangshaltungen weitgehend vermeidet und dynamische Veränderungen zulässt.

- Verändertes Fußbedienelement (Fußpedal)

Niedriges, frei im Raum aufstellbares Fußpedal, wahlweise für die Betätigung mit einem Fuß oder zwei Füßen (Abbildung 53, siehe Seite 112), das die freie Wahl der Fuß- und Beinstellung bei der Tätigkeit ermöglicht. Bei einfüßiger Betätigung ist das Pedal infolge seiner geringen mittleren Höhe (25 mm) auch im Stehen verwendbar. Bei Betätigung im Sitzen entsteht praktisch keine Kraftkomponente in horizontaler Richtung. Die Verwendung eines Arbeitsstuhls mit Rollen ist daher ohne Probleme möglich. Der nicht eingesetzte Fuß kann bei sitzender Tätigkeitsausführung auf dem Boden abgestellt und in seiner Lage und Haltung beliebig verändert werden.

Abbildung 52:
Fuß- und Beinraumbereich des optimierten Nährbeitsplatzes



Abbildung 53:
Frei im Raum positionierbare Fußpedale für sitzende und stehende Betätigung





□ Höhenverstellung des Arbeitstisches

Der Arbeitstisch ist mit einer elektrischen Höhenverstellung ausgestattet, die es ermöglicht, Frauen und Männer vom 5. bis zum 95. Perzentil der Körpergröße in sitzender und stehender Körperhaltung an diesem Arbeitsplatz einzusetzen. Der dazu erforderliche Höhenverstellbereich liegt zwischen 750 und 1 400 mm (Abbildung 54). Die Betätigungselemente für die Höhenverstellung liegen im Bereich der Tischvorderkante und sind von der Arbeitsperson gut einsehbar (Abbildung 58, siehe Seite 116).



Abbildung 54:
Höhenverstellmechanismus
des Arbeitstisches

□ Neigungsverstellung des Arbeitstisches

Der Arbeitstisch ist in einem Winkelbereich von $\pm 10^\circ$ neigbar. Durch die Veränderung der Arbeitstischneigung ergeben sich Anpassungsmöglichkeiten der Einsehbarkeit des zu verarbeitenden Nähgutes bzw. der erzeugten Naht und der Nadel. Auch können unter Umständen durch die Neigungsverstellung Arm- oder Handhaltungen beanspruchungsgünstiger gewählt werden (Abbildung 55, siehe Seite 114).

□ Armabstützung an Flachbettmaschinen

Durch neigungsverstellbare Abstützflächen (Auflagen) für die Unterarme, die am Arbeitstisch gelenkig fixiert sind, wird die Möglichkeit eröffnet, das Gewicht des Hand-Arm-Systems nicht mehr von der Schultermuskulatur aufnehmen zu lassen, sondern es



direkt durch die Stützen in den Tisch abzuleiten (Abbildung 56). Bei sitzender Tätigkeit ist eine Belastungsverringerung in den dort tätigen Muskelgruppen zu erwarten. Auch bei stehender Körperhaltung können die Abstützflächen verwendet werden.



Abbildung 55:
Neigungsverstellung des
Arbeitstisches



Abbildung 56:
Armastützung an Flachbett-
maschinen



□ Armabstützungen an Säulenmaschinen

Die für die Bedienung von Flachbettmaschinen geeigneten Armauflagen wurden für die Verwendung an Säulenmaschinen soweit umgebaut, dass es auch hier zu einer wirksamen Abstützung des üblicherweise frei gehaltenen Hand-Arm-Systems kommen kann (Abbildung 57). Die Armauflagen können bei sitzender und stehender Tätigkeitsausführung verwendet werden und geben sowohl dem Ellenbogen als auch dem Unterarm Halt. Durch ihre glatte Oberfläche lassen sie aber auch Relativbewegungen zu.

Abbildung 57:
Armabstützung bei Säulenmaschinen



□ Optimierte Anordnung von Bedienelementen und Anzeigen

Die üblicherweise unter den Nähtisch verbannten Bedienelemente und Anzeigen wurden auf dem Tisch angeordnet, was eine schnellere Informationsaufnahme und einen günstigeren Zugriff auf die Bedienelemente ermöglicht. Darüber hinaus ist ein Schutz vor Anstoßen, z. B. durch Transportwagen, gegeben (Abbildung 58, siehe Seite 116).



Abbildung 58:
Ergonomisch optimierte Anordnung der Informationsaufnahme- und Bedienelemente



Einsatz von Maschinen mit Direktantrieb

Durch den Einsatz dieser Maschinen wird es möglich, den Beinraum unterhalb des Arbeitstisches deutlich zu erweitern.

Arbeiten in sitzender und stehender Körperhaltung

An dem Arbeitsplatz ist es durch eine integrierte Verstelleinheit möglich, im Sitzen mit einer Arbeitshöhe zwischen 750 und 900 mm sowie im Stehen mit einer Arbeitshöhe zwischen 1 100 und 1 400 mm zu arbeiten (Abbildung 59, siehe Seite 117). Da der gesamte Höhenbereich stufenlos durchfahren wird, sind auch die Zwischenbereiche für spezielle Produkte oder Sehanforderungen oder auch für die Verwendung von Stehsitzen nutzbar.

Mit dem neu gestalteten Näharbeitsplatz konnten alle vorgesehenen Vergleichsuntersuchungen durchgeführt werden.

Abbildung 59:
Tätigkeitsausführung am Musterarbeitsplatz in sitzender (Fa. Klotz)
und stehender Körperhaltung (Fa. Steiff)





3.8 Vergleich der Belastung (CUELA-Messungen) alt – neu

An der zweiten Messphase (Soll-Zustands-Analyse) nahmen vier Firmen (Fa. Berger, Fa. Klotz, Fa. Lowa und Fa. Steiff) teil. Nach der Installation der neu entwickelten ergonomischen Näharbeitsplätze in den Firmen und einer entsprechenden Einweisung der Näherinnen wurden erneute Belastungsmessungen mit dem CUELA-Messsystem durchgeführt. Im Gegensatz zur Ist-Zustands-Analyse wurde diesmal darauf geachtet, dass der Arbeitsplatz möglichst optimal an die Anthropometrie der jeweiligen Arbeitsperson angepasst wurde. Da der neue Arbeitsplatz sowohl als Sitz- als auch als Steharbeitsplatz genutzt werden kann und dieser einen schnellen Wechsel zwischen beiden Körperhaltungen ermöglicht, wurde mit jeder Probandin mindestens eine Messung jeweils bei sitzender sowie bei stehender Nähtätigkeit durchgeführt. In Tabelle 15 sind die CUELA-Messungen der Soll-Zustands-Analyse zusammengestellt.

Tabelle 15:

Übersicht der beteiligten Nähbetriebe und der im Rahmen der Soll-Zustands-Analyse durchgeführten Messungen mit dem CUELA-System (für alle Betriebe: Winkelmessungen sowohl in sitzender als auch in stehender Körperhaltung)

Firma	Anzahl der Messungen	Produkte
Berger (B)	3	Zelte
Klotz (K)	3	Herrenoberbekleidung
Lowa (L)	4	Wanderschuhe
Steiff (S)	5	Stofftiere

3.8.1 Ergebnisse der Körperwinkelmessungen (Vergleich Ist-Soll-Zustands-Analyse)

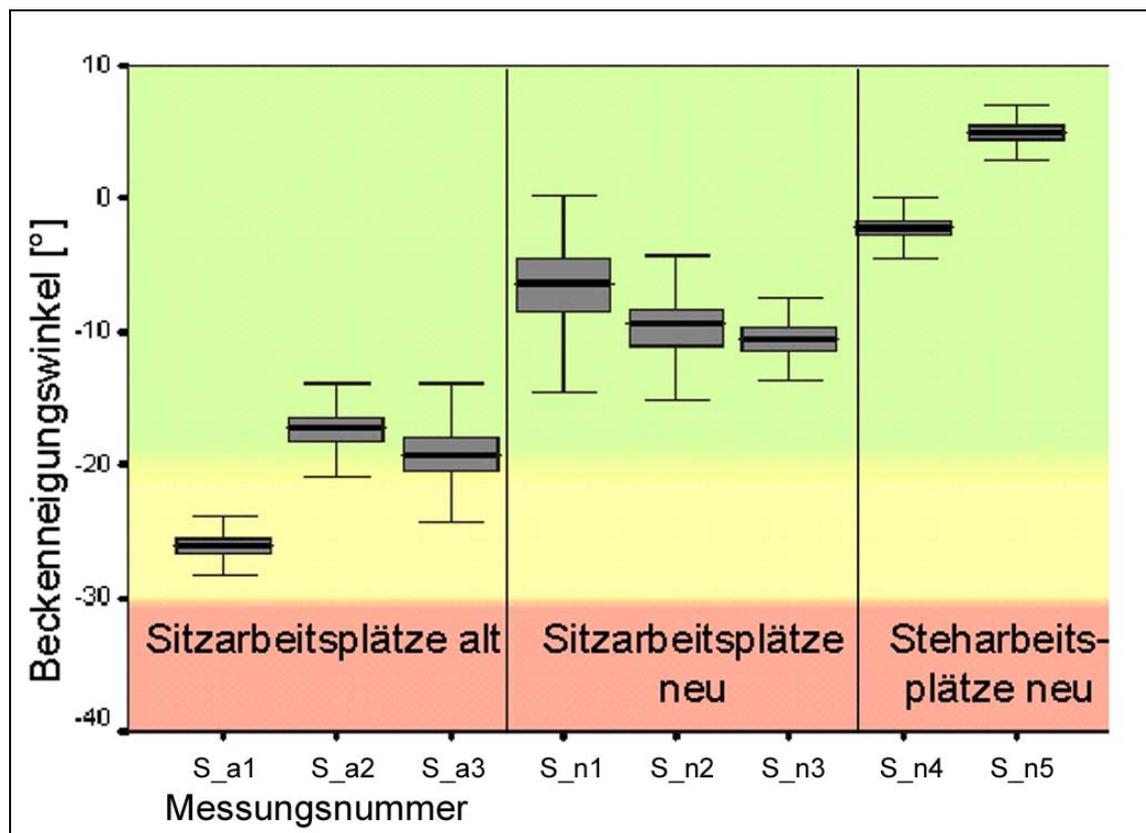
Im Folgenden werden die Ergebnisse der CUELA-Messungen in der Soll-Zustands-Analyse für ausgewählte Körperwinkel, die bereits bei der Ergebnisdarstellung der Ist-Zustands-Analyse näher diskutiert wurden (siehe Abschnitt 3.2.1), präsentiert. Dabei wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht jeder Körperwinkel für jede an der



Soll-Zustands-Analyse beteiligte Firma dargestellt. Vielmehr werden die Ergebnisse der Messungen in den Firmen Steiff und Lowa, die beispielhaft auch für die Ergebnisse in den anderen Firmen stehen, zur Veranschaulichung des Vorher-Nachher-Vergleiches herangezogen.

In Abbildung 60 sind die Beckenneigungswinkel-Verteilungen für die Messungen in der Fa. Steiff sowohl für den alten Nährbeitsplatz in sitzender Körperhaltung als auch für den neuen Nährbeitsplatz in sitzender und stehender Körperhaltung im Vergleich dargestellt.

Abbildung 60:
Boxplot-Darstellung der Beckenneigungswinkel (Fa. Steiff):
Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse



Als ein Belastungsschwerpunkt bei den konventionellen (alten) Nährbeitsplätzen wurden statische und deutlich nach hinten geneigte Beckenhaltungen in der Ist-



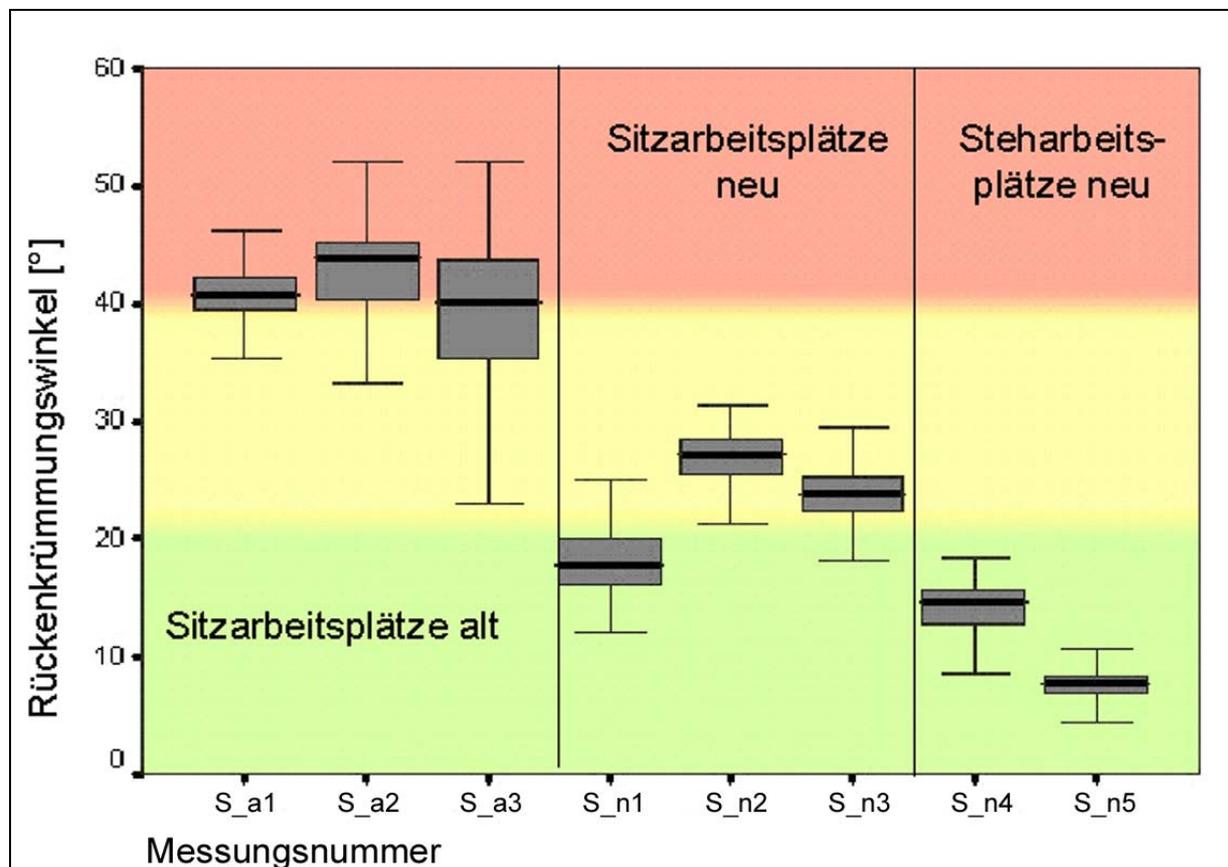
Zustands-Analyse gemessen. Bei der Fa. Steiff lagen die Beckenneigungswinkel-Verteilungen im gelben Bereich (-20° bis -30°). Beim neuen ergonomischen Sitzarbeitsplatz ist durch individuelle Einstellmöglichkeiten sowohl der Tischhöhe als auch der NÄheebene eine Ausführung der NÄhtätigkeit in einer aufrechteren Rückenhaltung möglich. Zudem wurden an den neuen ergonomischen NÄharbeitsplätzen zumeist Stühle eingesetzt, deren Sitzfläche leicht nach vorne geneigt werden konnte. Dies führte zu einer Aufrichtung des Beckens und damit zum Erhalt der Lordosehaltung der Lendenwirbelsäule. Aus Abbildung 60 wird ersichtlich, dass im Ergebnis die Position des Beckens in eine fast neutrale Haltung gebracht werden konnte.

Bei Steharbeitsplätzen wurde sowohl während der Ist- als auch während der Soll-Zustands-Analyse eine Beckenhaltung im Neutralbereich gemessen. Für die Wirbelsäule bieten Steharbeitsplätze den Vorteil, dass die natürliche S-Form der Wirbelsäule bei einer auf die Arbeitsperson gut eingestellten Tischhöhe erhalten bleibt.

In Abbildung 61 (siehe Seite 121) sind die Rückenkrümmungswinkel-Verteilungen ebenfalls für die Messungen in der Fa. Steiff (Ist- und Soll-Zustands-Analyse) dargestellt. Der Vergleich der Winkelverteilungen für den konventionellen und den neu entwickelten NÄharbeitsplatz verdeutlichen, dass durch die ergonomische Gestaltung Rückenkrümmungswinkel vom gelb-roten Winkelbereich in den grün-gelben (Sitzarbeitsplatz) bzw. grünen (Steharbeitsplatz) Winkelbereich überführt werden konnten. Diese Verbesserung kann ebenfalls auf eine genauere Anpassmöglichkeit der Arbeitsebene sowie der Bedienelemente (z. B. Fußpedal) an die Arbeitsperson zurückgeführt werden. Diese Tendenz zeigte sich bei allen Messungen der Soll-Zustands-Analyse. Eine Wirbelsäulenhaltung, die ausschließlich im grünen Neutralbereich liegt, konnte auch am neuen ergonomischen Sitzarbeitsplatz nicht erreicht werden. Jedoch zeigte sich eine deutliche Verbesserung der Wirbelsäulenhaltung in Richtung Neutralbereich beim ergonomischen NÄharbeitsplatz. Sehr zu empfehlen ist in diesem Zusammenhang die Nutzung des neuen Arbeitsplatzes als Sitz- und Steharbeitsplatz im Wechsel. Dies führt – auf die Dauer eines Arbeitstages bezogen – zu einer annähernd optimalen Wirbelsäulenhaltung.



Abbildung 61:
Boxplot-Darstellung der Rückenkrümmungswinkel (Fa. Steiff):
Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse



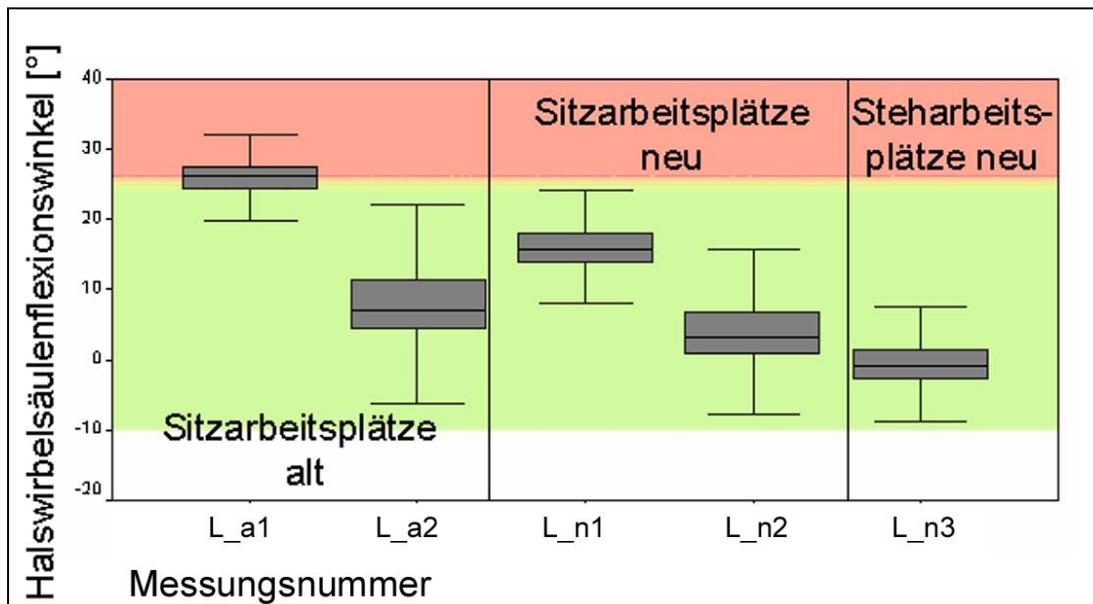
In Abbildung 62 (siehe Seite 122) sind die Verteilungen der Halswirbelsäulen-Beugewinkel für die Messungen in der Firma Lowa sowohl der Ist-Zustands-Analyse (Sitzarbeitsplätze alt) als auch der Soll-Zustands-Analyse (Sitz- bzw. Steharbeitsplätze neu) dargestellt. Das Arbeiten in dauerhaft stark gebeugten Halswirbelsäulen-Haltungen (große Flexionswinkel) führt zur schnelleren Ermüdung der Schulter-Nacken-Muskulatur. Durch eine bessere Positioniermöglichkeit der Arbeitsperson zur Näheebene und damit besserer Einsehbarkeit beim neuen ergonomischen Näharbeitsplatz kann die Nähtätigkeit in einem ergonomischen Blickwinkelbereich ausgeführt werden.

Bei den Näharbeitsplätzen, die in den Messungen der Ist-Zustands-Analyse durch Halswirbelsäulen-Haltungen im roten Winkelbereich auffällig wurden, konnten die



Verteilungen der Halswirbelsäulenbeugewinkel am ergonomischen Näharbeitsplatz in den grünen Bereich überführt werden.

Abbildung 62:
Boxplot-Darstellung der Halswirbelsäulen-Beugewinkel (Fa. Lowa):
Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse

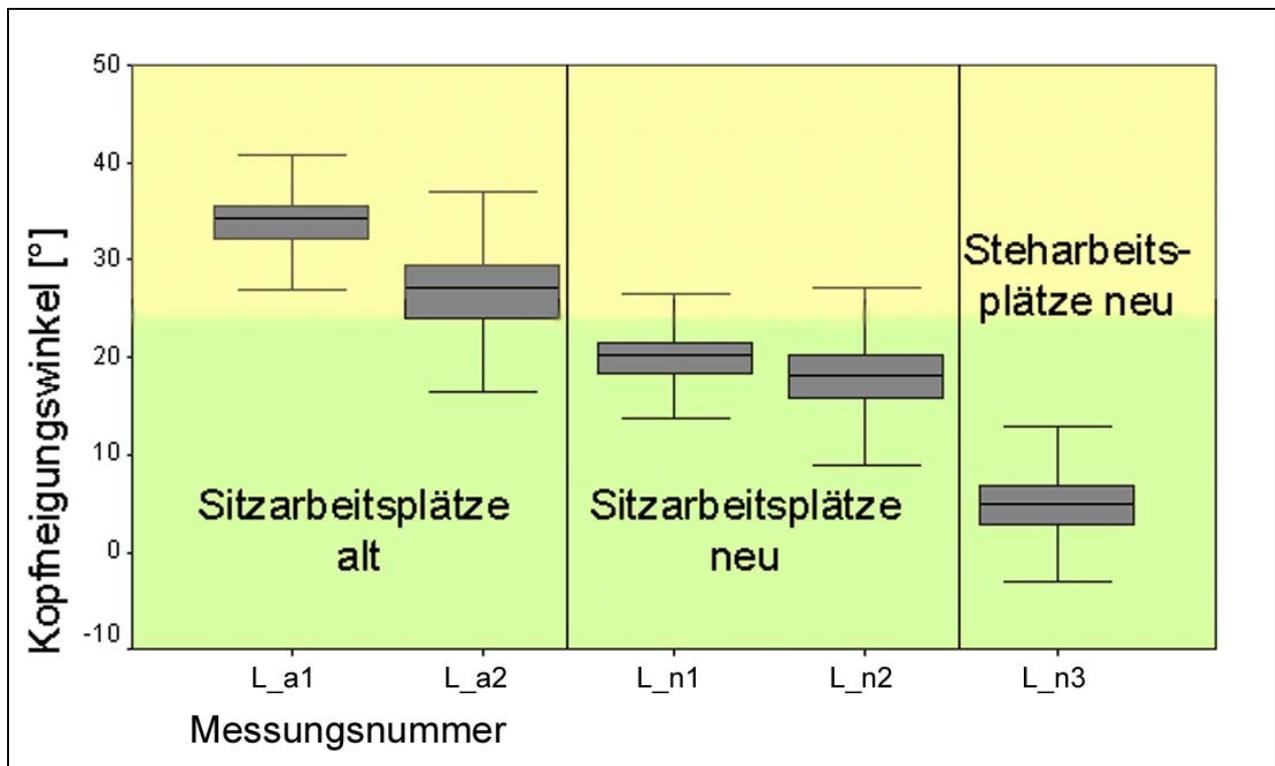


Ein ähnliches Resultat konnte auch für die Verteilung der Kopfneigungswinkel erzielt werden. In Abbildung 63 (siehe Seite 123) sind diese für die Messungen in der Fa. Lowa (Vergleich Ist-Soll-Zustands-Analyse) dargestellt.

Die Verteilungen der Kopfneigungswinkel, die in der Ist-Zustands-Analyse zumeist im gelben Winkelbereich (25° bis 85°) lagen, konnten bei der Soll-Zustands-Analyse ebenfalls überwiegend in den grünen Winkelbereich gebracht werden. Dabei stellte sich heraus, dass die gemessenen HWS-Beugungswinkel- und Kopfneigungswinkel-Verteilungen der Neutralstellung an Steharbeitsplätzen am nächsten kamen.



Abbildung 63:
Boxplot-Darstellung der Kopfnieigungswinkel (Fa. Lowa):
Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse



In Abbildung 64 (siehe Seite 124) sind die Verteilungen der Schultergelenk-Flexionswinkel (rechter und linker Arm) für die Messungen in der Fa. Steiff (Ist- und Soll-Zustands-Analyse) dargestellt.

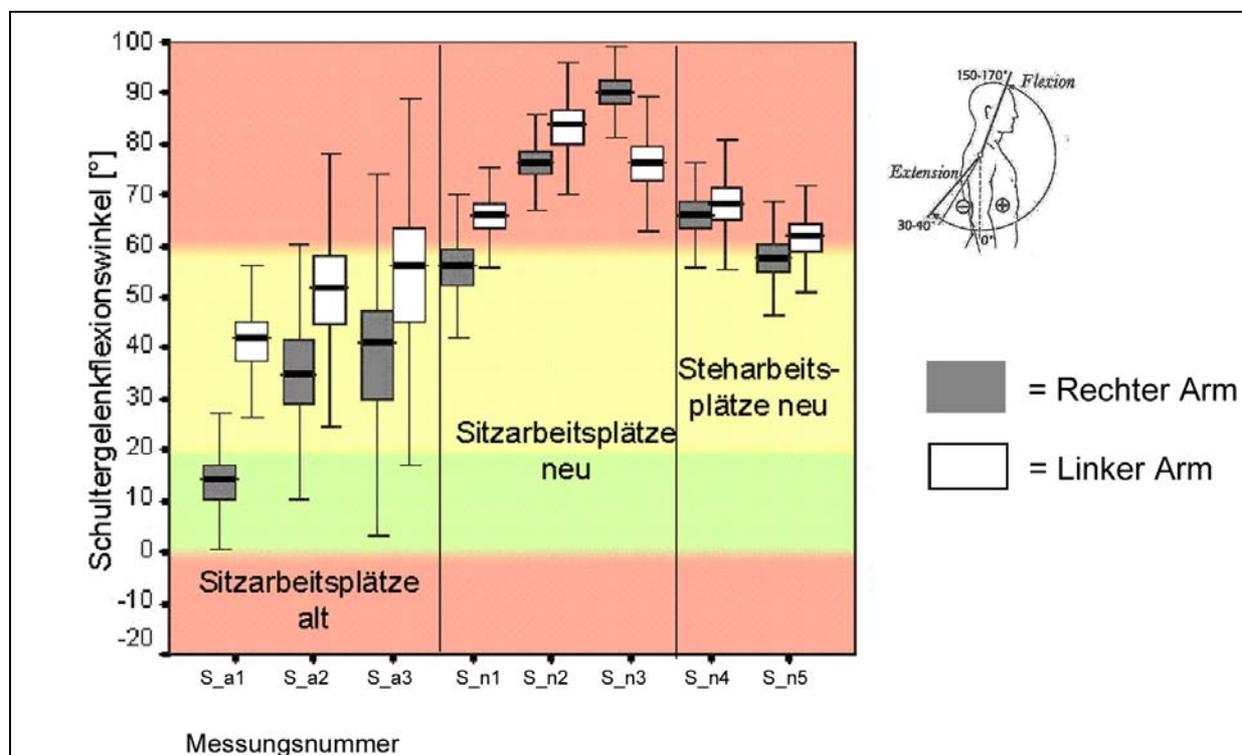
Im Gegensatz zur Ist-Zustands-Analyse, bei der die Verteilungen überwiegend im gelben (20° bis 60°) und nur zum Teil im roten ($> 60^\circ$) Winkelbereich lagen, finden sich in der Soll-Zustands-Analyse sowohl am Sitz- als auch am Steharbeitsplatz Schultergelenkflexionswinkel-Verteilungen im roten Winkelbereich.

Diese auf den ersten Blick als Verschlechterung zu interpretierende Eigenschaft des neuen ergonomischen Näharbeitsplatzes wurde bei allen Soll-Zustands-Messungen für die Flexions-, aber auch für die Abduktionswinkel des Schultergelenkes festgestellt. Zurückzuführen sind diese Winkelverteilungen des Oberarmes auf die Nutzung der Armstützen am neuen ergonomischen Näharbeitsplatz. Dies bedeutet, dass die



Extremhaltungen im Schultergelenk bei vollständiger Unterstützung beider Arme während der Nähtätigkeit eingenommen werden. Die damit verbundene Belastung ist daher verhältnismäßig geringer, da die Muskulatur durch die Abstützung der Arme erheblich entlastet wird (siehe Abschnitt 3.9). Erwartungsgemäß nahmen die Streuungen der Winkelverteilungen beim ergonomisch neu gestalteten Arbeitsplatz erheblich ab.

Abbildung 64:
Boxplot-Darstellung der Schultergelenk-Flexionswinkel (rechter und linker Arm, Fa. Steiff): Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse

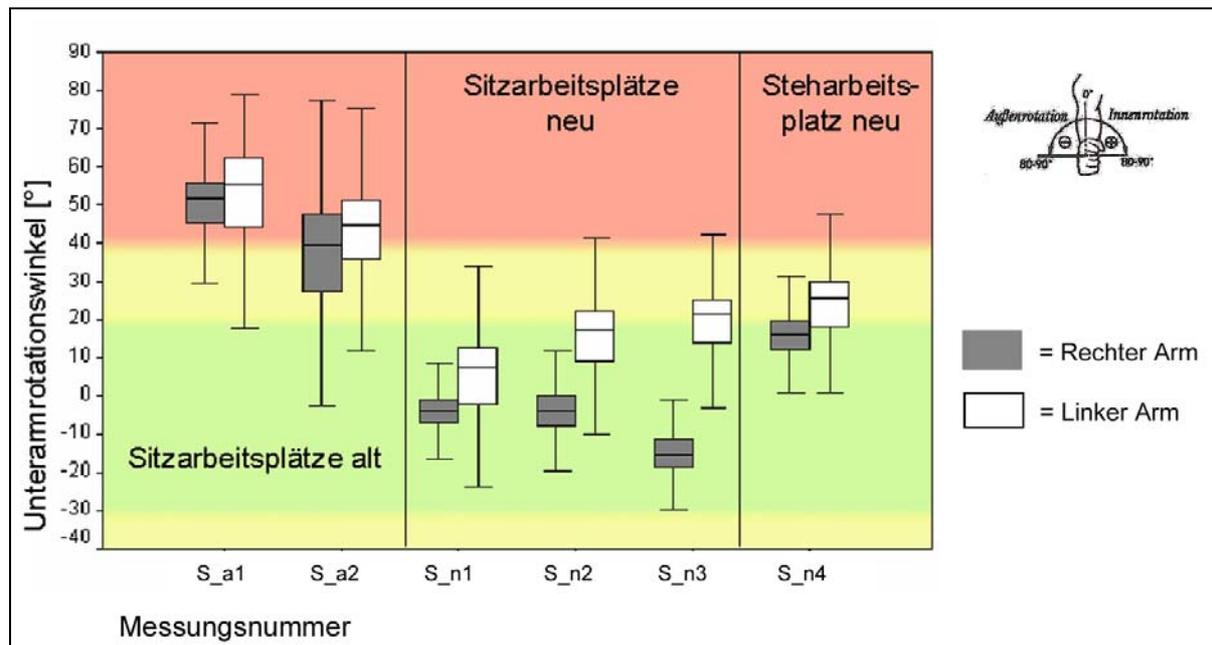


In Abbildung 65 (siehe Seite 125) sind die Verteilungen der Unterarmrotationswinkel (Pronations-/Supinationswinkel, linker und rechter Arm) für die Messungen in der Fa. Steiff (Ist- und Soll-Zustandsanalyse) dargestellt. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass sowohl am neuen Sitz- als auch am neuen Steharbeitsplatz die Nähtätigkeit nicht mehr in extremer Pronationshaltung des Unterarmes ausgeführt wird. Dies ist auf eine beim neuen Näharbeitsplatz verbesserte Zugangsmöglichkeit zur Nähnaedel, bei



der eine Führung des Nähgutes in annähernd neutraler Handgelenks- und Unterarmhaltung ermöglicht wird, zurückzuführen.

Abbildung 65:
Boxplot-Darstellung der Unterarm-Pronations-/Supinationswinkel (rechter und linker Arm, Fa. Steiff): Vergleich der Ist- und der Soll-Zustands-Analyse



3.8.2 Ergebnisse der Bewertung von statischen Körperhaltungen (Vergleich Ist-Soll-Zustands-Analyse)

Wie bereits in Abschnitt 3.1.2 für die Ist-Zustands-Analyse beschrieben, erfolgte eine Auswertung von statischen Körperhaltungen auch für die Soll-Zustands-Analyse. In Tabelle 16 (siehe Seite 126) ist die mittlere Anzahl von statischen Körper-/Gelenkhaltungen pro Stunde Messzeit für die Messungen in den Firmen Lowa, Steiff, Klotz und Berger in der Soll-Zustands-Analyse zusammengestellt (Werte der Ist-Zustands-Analyse in Klammern). Dabei beziehen sich die Angaben der statischen Haltungen des Schultergelenkes wieder auf die Summe der statischen Adduktions-/Abduktions- und der Flexions-/Extensionshaltungen des Schultergelenkes.



Tabelle 16:
Übersicht der statischen Haltungen im Rahmen des Vergleiches Ist-Soll-Zustands-
Analyse (Ergebnisse der Ist-Zustands-Analyse in Klammern)

Körper-/ Gelenkwinkel	Mittlere Anzahl statischer Haltungen (> 4 s) pro Stunde			
	Lowa	Steiff	Klotz	Berger
Rückenkrümmung	gelber Winkelbereich			
	16 (6)	2 (33)	65 (82)	0 (20)
	roter Winkelbereich			
	4 (138)	0 (166)	0 (0)	0 (0)
Beckenneigung	gelber Winkelbereich			
	4 (157)	0 (5)	2 (7)	0 (18)
	roter Winkelbereich			
	2 (3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Schultergelenk (rechts)	gelber Winkelbereich			
	0 (6)	9 (3)	0 (0)	0 (0)
	roter Winkelbereich			
	49 (1)	5 (1)	58 (27)	2 (1)
Schultergelenk (links)	gelber Winkelbereich			
	0 (1)	0 (2)	0 (0)	5 (3)
	roter Winkelbereich			
	2 (6)	118 (1)	3 (2)	1 (2)

Aus Tabelle 16 wird ersichtlich, dass der Anteil an statischen Körperhaltungen mit stark gekrümmten Rücken und/oder stark nach hinten geneigtem Becken beim neu



gestalteten ergonomischen Näharbeitsplatz erheblich zurückgegangen ist. Beim neuen Sitzarbeitsplatz werden zwar weiterhin statische Haltungen eingenommen, diese jedoch eher in einer Neutralstellung des Beckens und der Wirbelsäule.

Anders sehen die Ergebnisse der Soll-Zustands-Analyse in Bezug auf statische Haltungen des Schultergelenkes aus. Hier findet man insbesondere bei kleinen Nähgütern (Fa. Steiff, Fa. Lowa) einen zum Teil erheblichen Zuwachs an statischen Haltungen im roten Winkelbereich. Dieser ist auf die Abstützmöglichkeit der Arme beim neuen Näharbeitsplatz zurückzuführen. Gerade bei Näharbeitsplätzen, an denen kurze und präzise Nähte ausgeführt werden, werden die Armstützen gerne von den Näherinnen angenommen. Die lang andauernden Haltungen im roten Schultergelenksbereich sind hier als nicht zu kritisch zu interpretieren, da durch die Abstützung eine erhebliche Entlastung der Schulter-Arm-Muskulatur bewirkt wird.

3.8.3 Ergebnisse der Bewertung von repetitiven Bewegungen (Vergleich Ist-Soll-Zustands-Analyse)

Die Auswertung von repetitiven Schulter-Arm-Belastungen erfolgte in der Soll-Zustands-Analyse in Analogie zu der Ist-Zustands-Analyse und ist in Abschnitt 2.5.4 beschrieben.

In Tabelle 17 (siehe Seite 128) sind die mittleren Bewegungen des Schulter-Arm-Hand-Systems pro Minute für die Messungen in den Firmen Lowa, Steiff, Klotz und Berger der Soll-Zustands-Analyse zusammengestellt (Werte für Ist-Zustands-Analyse in Klammern). Dabei sind solche Werte, die unterhalb der von *Kilbom* [35] angegebenen Richtwerte (siehe Abschnitt 2.5.4) liegen, in der Farbe grün angegeben. Werden die Kilbom-Richtwerte überschritten, erfolgt die Darstellung in der Farbe rot.

Aus den Werten der mittleren Bewegungsanzahl/min in Tabelle 17 wird deutlich, dass die Kilbom-Richtwerte für repetitive Bewegungen auch für die Soll-Zustands-Analyse für fast alle Gelenke des Schulter-Hand-Arm-Systems bei den verschiedenen Näharbeitsplätzen überschritten werden.



Tabelle 17:

Übersicht der repetitiven Bewegungen des Schulter-Arm-Handsystems (linker Arm) im Vergleich Ist-/Soll-Zustands-Analyse (Ist-Zustands-Werte in Klammern)

Gelenk, Körperregion/Bewegung	Mittlere Bewegungsanzahl/min			
	Lowa	Steiff	Klotz	Berger
Handgelenk: Flexion, Extension	11 (17)	19 (21)	38 (41)	29 (40)
Handgelenk: Radial-, Ulnarduktion	11 (17)	20 (24)	35 (45)	32 (36)
Unterarm: Pronation, Supination	26 (30)	22 (31)	38 (13)	19 (34)
Ellbogen: Flexion, Extension	9 (8)	13 (10)	24 (28)	33 (21)
Schultergelenk: Adduktion, Abduktion	7 (6)	8 (8)	24 (25)	21 (13)
Schultergelenk: Flexion, Extension	5 (10)	5 (11)	21 (23)	22 (16)
Schultergelenk: Innenrotation	7 (9)	5 (4)	22 (17)	17 (25)
Schultergürtel: Elevation, Depression	0 (0)	3 (3)	9 (7)	8 (9)

An vereinzeltten Näharbeitsplätzen konnte durch die Schaffung von zusätzlichen Ablageflächen für das Nähgut die Anzahl der notwendigen Umgreifvorgänge reduziert werden. Die Nähtätigkeit an sich bleibt jedoch auch beim ergonomisch neu gestalteten Näharbeitsplatz repetitiv.

3.9 Vergleich der Beanspruchung alt – neu

Der Vergleich der Beanspruchung wird methodisch auf zwei unterschiedliche Arten durchgeführt. Als erste Variante werden die summierten Beanspruchungen aller Versuche des Ist-Zustandes mit allen Versuchen des Soll-Zustandes verglichen. Dabei wird



unabhängig von den firmenspezifischen Einflüssen die als beanspruchungsrelevant erkannte Variable „Körperhaltung“ berücksichtigt. Als zweite Variante der Ergebnisdarstellung wird eine firmenspezifische und individuumsbezogene Sicht auf die erhaltenen Ergebnisse gewählt. Mit dieser aufwändigeren, aber genaueren Betrachtungsweise lassen sich Streuungen, die aus der unterschiedlichen Arbeitssituation in den Betrieben herrühren, besser erklären. Allerdings werden hier auch Einflüsse deutlich, die mit individueller Leistungsfähigkeit, Übungs-, Trainings- und Gewöhnungsprozessen zu tun haben. Personen in langjähriger Anpassung an ihre Arbeitssituation haben ihre Fähigkeiten und Fertigkeiten an die bestehende Situation adaptiert, was bei der Betrachtung einer veränderten Arbeitssituation berücksichtigt werden muss.

3.9.1 Beanspruchung im firmenübergreifenden Vergleich

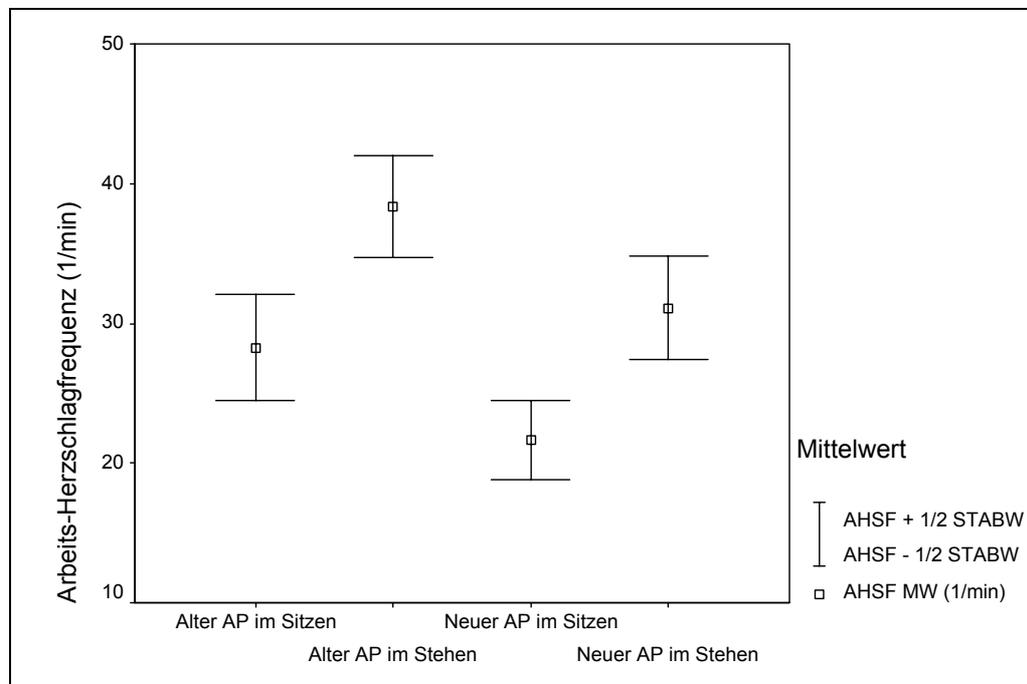
Ausgehend von der Hypothese, dass die unterschiedlichen Arbeits- und Versuchsbedingungen in den untersuchten Unternehmen einen Einfluss auf die Höhe der Beanspruchung der Versuchspersonen haben werden, wurden in allen Versuchsreihen der Ist-Zustands-Analysen und der Soll-Zustands-Untersuchungen, die in den Unternehmen Berger, Klotz, Lowa, und Steiff durchgeführt wurden, Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen Daten errechnet und verglichen. In einem ersten Vergleich wurden Belastungs- und Beanspruchungskenngrößen aller Versuchsreihen mit den in den vier beteiligten Unternehmen durchgeführten Soll-Zustands-Analysen verglichen. Abbildung 66 (siehe Seite 130) zeigt die Ergebnisse der Herz-Kreislauf-Beanspruchung.

Unabhängig von der Körperhaltung wird deutlich, dass die Herz-Kreislauf-Beanspruchung an den neu gestalteten Arbeitsplätzen deutlich geringer ist als an den Arbeitsplätzen im Ist-Zustand. Da zwischen den gemessenen Hand-Arm-Beschleunigungen an alten und neuen Arbeitsplätzen keine signifikanten Unterschiede zu erkennen sind und auch Einflüsse aus der zeitlichen Dauer der Belastung nicht erkennbar waren, ist es sehr wahrscheinlich, dass diese deutliche Verringerung der Beanspruchung im direkten Zusammenhang mit der Gestaltung der Arbeitsplätze steht.



Abbildung 66:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) Ist-Zustand zu Soll-Zustand (alle Untersuchungen)



Der Vergleich der Muskelbeanspruchung liefert weitere Informationen über die beanspruchungsverringemde Wirkung der veränderten Arbeitssituation. In Abbildung 67 (siehe Seite 131) ist die Beanspruchung des Fingerbeugers dargestellt.

Auffällig ist die deutlich erkennbare geringere Anspannung dieser Muskelgruppe, die am umgestalteten Arbeitsplatz im Stehen nochmals weiter reduziert wird. Neben der günstigeren Körperhaltung im Sitzen und Stehen schaffen verbesserte Zugriffsmöglichkeiten Entlastungen, die sich auch auf die Muskelgruppe der Fingerbeuger auswirken.

Ähnliche, noch deutlicher erkennbare Wirkungen treten bei der Aktivität des vorderen Teils des Armhebers auf (Abbildung 68, siehe Seite 131). Dieser Muskel wird durch die Armabstützungsmöglichkeiten des neuen Arbeitsplatzes stark entlastet, was für die sitzende und stehende Körperhaltung erkennbar ist.



Abbildung 67:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeuger Ist-Zustand zu Soll-Zustand (alle Untersuchungen)

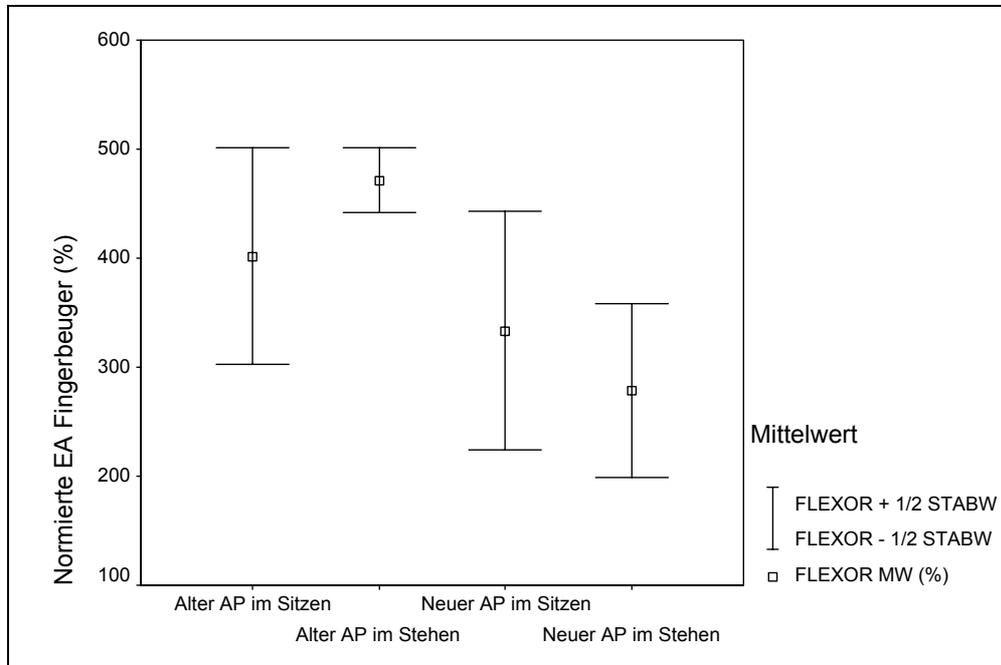
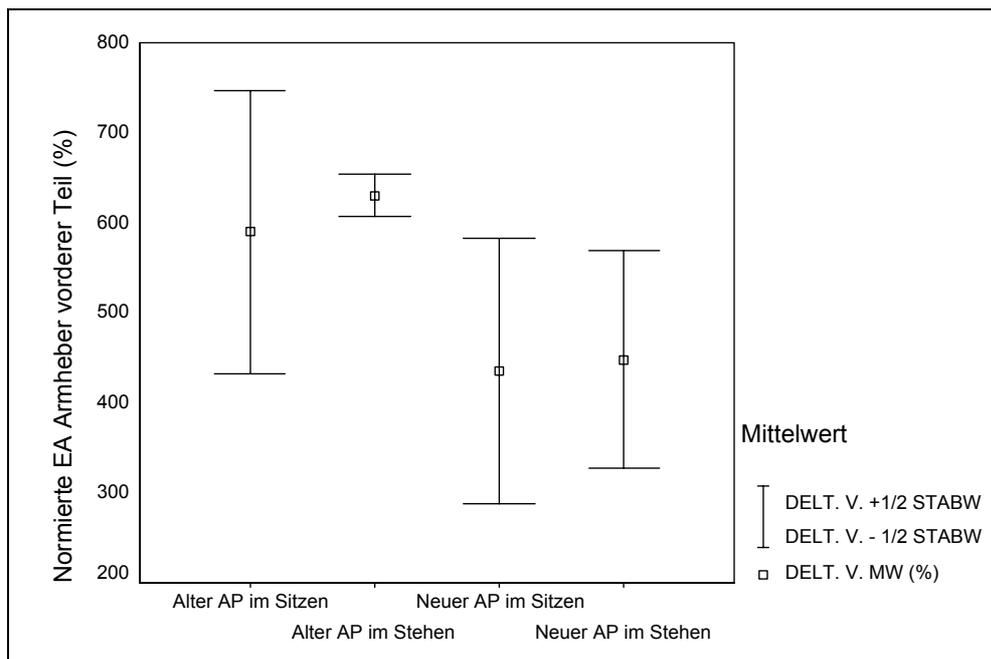


Abbildung 68:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armheber (vorderer Teil) Ist-Zustand zu Soll-Zustand (alle Untersuchungen)





Der seitliche Teil des Armhebers zeigt ein anderes Verhalten. Wie in Abbildung 69 dargestellt, ist die Muskelaktivität am neuen Arbeitsplatz in sitzender Körperhaltung höher als am alten Arbeitsplatz in sitzender Körperhaltung. Neben der Zunahme der mittleren Aktivität ist auch eine Zunahme der Streuung erkennbar. In stehender Körperhaltung zeigt sich am neuen Arbeitsplatz eine leichte Reduzierung gegenüber der Beanspruchung am alten Arbeitsplatz. Das Stehen am neuen Arbeitsplatz beansprucht diese Muskelgruppe etwas geringer als das Sitzen am neuen Arbeitsplatz.

Die Beanspruchung des Schulterhebers wird durch die Veränderungen des Arbeitsplatzes körperhaltungsbezogen sehr unterschiedlich beeinflusst (Abbildung 70, siehe Seite 133). In sitzender Körperhaltung entlastet der neue Arbeitsplatz diese Muskelgruppe, da er verbesserte Abstützmöglichkeiten schafft und die Rückenbeugung verringert. In stehender Körperhaltung weist diese Muskelgruppe am neuen Arbeitsplatz die höchsten Aktivitäten auf.

Abbildung 69:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) Ist-Zustand zu Soll-Zustand (alle Untersuchungen)

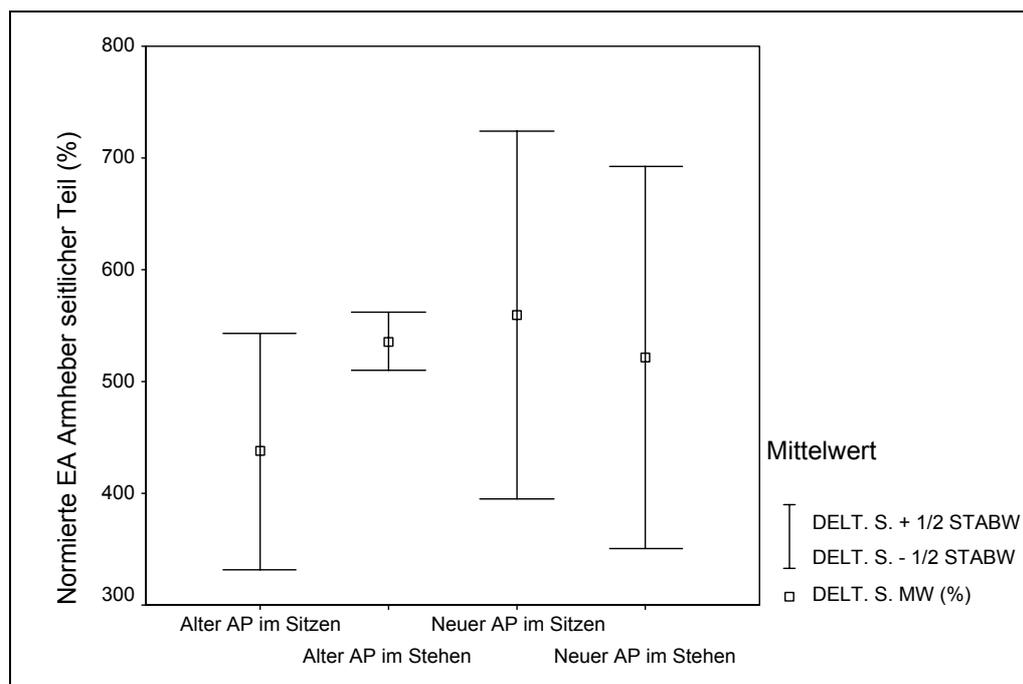
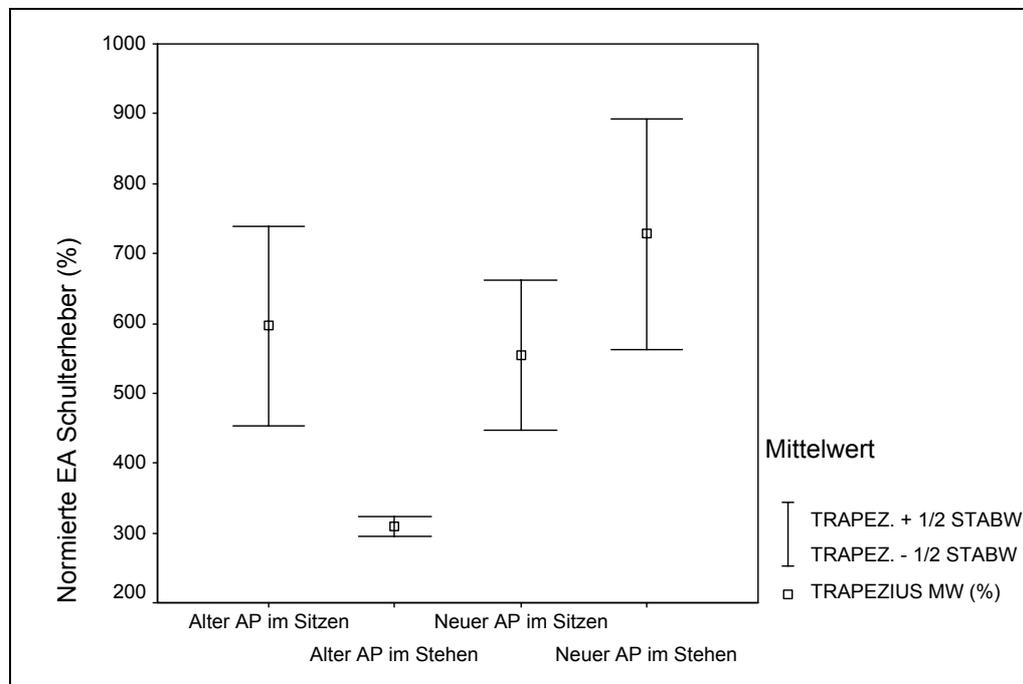




Abbildung 70:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers Ist-Zustand zu Soll-Zustand (alle Untersuchungen)



Eine mögliche Erklärung dafür ist die am neuen Arbeitsplatz vorhandene Möglichkeit, im Stehen die Oberarme auf der Armablage abzustützen und so einen Teil des Körpergewichtes direkt in den Arbeitstisch abzuleiten. Damit verbunden ist eine wesentliche Entlastung der Rumpf-, Bein- und Fußmuskulatur, die bei stehender Körperhaltung und gleichzeitiger Betätigung der Fußbedieneinheit naturgemäß stark gefordert wird.

3.9.2 Beanspruchung im firmenspezifischen Vergleich (Berger, Lowa, Klotz und Steiff)

Reduziert man die bisher dargestellten Ergebnisse auf den Vergleich der in den Firmen Berger, Klotz, Lowa und Steiff erhaltenen Ergebnisse, so bestätigen sich die bisher erkannten Tendenzen. Da in diesen Unternehmen im Ist-Zustand keine Steharbeitsplätze vorhanden waren, entfällt diese Kategorie bei der Auswertung.



Die mittlere Versuchsdauer unterscheidet sich bei diesen Versuchen. Sie betrug an den bisherigen Arbeitsplätzen durchschnittlich 70 Minuten, an den umgestalteten neuen Plätzen in sitzender Körperhaltung 42, in stehender Körperhaltung 64 Minuten. Die mittleren Armbeschleunigungen liegen an den bisherigen Arbeitsplätzen etwa 20 % über dem Niveau der an den umgestalteten Arbeitsplätzen gemessenen Werte. Die Streuungen der Armbeschleunigungen weisen keine signifikanten Unterschiede auf.

Wie erwartet, bestätigen auch die Ergebnisse des Einzelvergleichs der Unternehmen Berger, Lowa, Klotz und Steiff die These, dass die untersuchten Tätigkeiten an den neu gestalteten Arbeitsplätzen mit geringeren Beanspruchungen ausgeführt werden konnten als an den konventionell gestalteten Arbeitsplätzen. Interessant ist, dass auch dieser firmenübergreifende Vergleich unterschiedlicher Nähtätigkeiten klare Hinweise für die beanspruchungsreduzierende Wirkung der Umgestaltung des bisherigen Näharbeitsplatzes ergibt. Die Abnahme der Arbeits-Herzschlagfrequenz um im Durchschnitt 21,5 % (Abbildung 71, siehe Seite 135) am umgestalteten Arbeitsplatz im Sitzen kann allein aus dem Unterschied der gemessenen Armbeschleunigung heraus nicht erklärt werden. Auch die durchschnittlich geringere Versuchsdauer an den neuen Arbeitsplätzen erklärt die gefundene Beanspruchungsreduzierung nicht, zumal an den neuen Arbeitsplätzen der mittlere gemessene Ermüdungsanstieg der Herzschlagfrequenz um 29 % niedriger war, als an den Arbeitsplätzen im Ist-Zustand.

Durch die Zunahme der statischen Haltungsarbeit kommt es in stehender Körperhaltung zu einer erwarteten Erhöhung der Gesamtbeanspruchung des Körpers im Vergleich zur sitzenden Körperhaltung, was die Erhöhung der Arbeits-Herzschlagfrequenz um durchschnittlich 11,2 Schläge/min bestätigt.

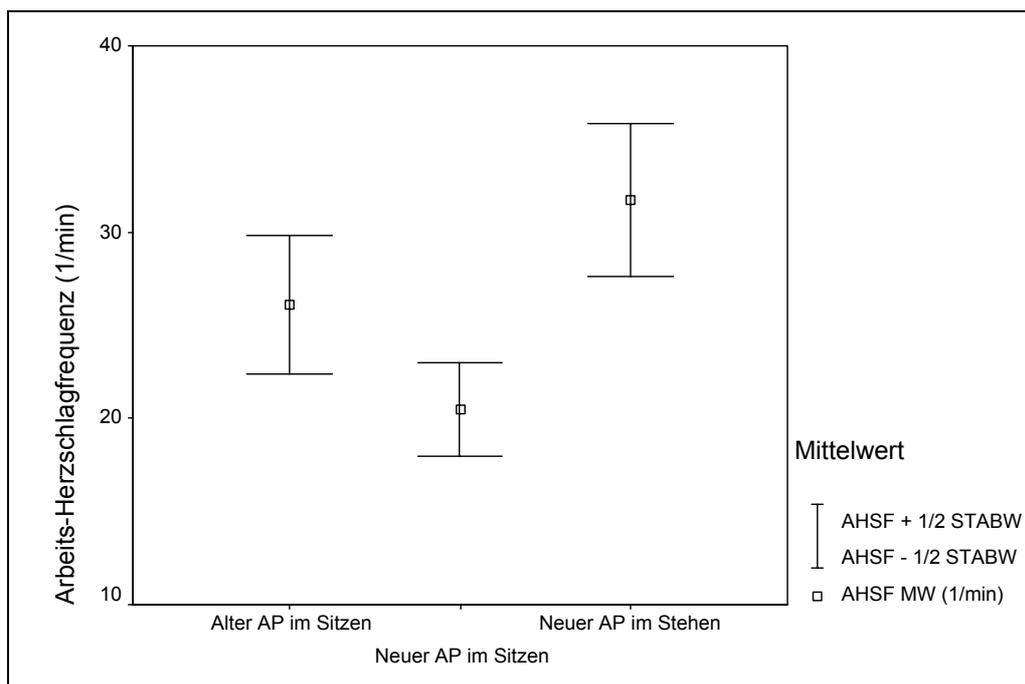
Auch im zeitlichen Verhalten der Herzschlagfrequenz zeigen sich zwischen Sitzen und Stehen die entsprechenden Unterschiede. Der „Ermüdungsanstieg“ nimmt als Reaktion auf die zunehmende statische Belastung in stehender Körperhaltung im Durchschnitt um 32 % zu.

Die im Hand-Arm-Schulter-Bereich untersuchte Muskulatur reagiert unterschiedlich. Die muskuläre Beanspruchung zeigt beim Vergleich zwischen Sitzen am alten und am



neuen Arbeitsplatz bei allen Muskeln, außer dem Armbeuger und dem seitlichen Teil des Armhebers, eine geringere Beanspruchung am neuen Arbeitsplatz.

Abbildung 71:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lowa und Steiff)



Geringere muskuläre Beanspruchungen beim Fingerbeuger (Abbildung 72, siehe Seite 136) können durch die infolge der Abstützung veränderte Arm- und Handhaltung mit beeinflusst worden sein. Diese beanspruchungsreduzierende Wirkung zeigt sich fast in der gleichen Größenordnung auch bei stehender Körperhaltung am umgestalteten Arbeitsplatz.

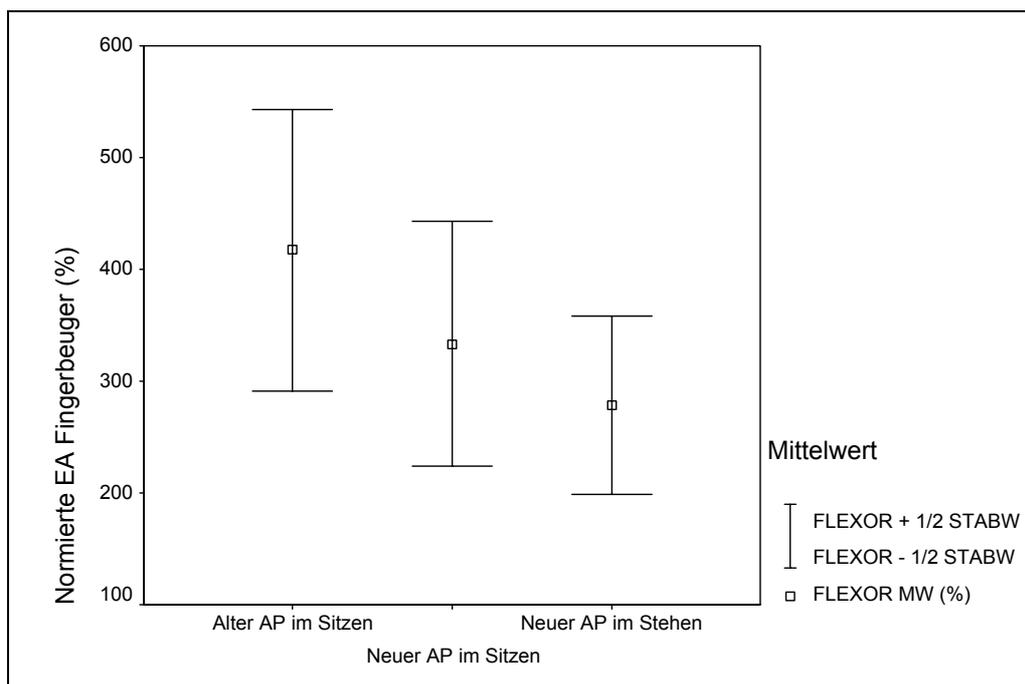
Diese weitgehend körperhaltungsunabhängige Reaktion lässt darauf schließen, dass die am neuen Arbeitsplatz vorhandenen verbesserten Anpassungs- und Abstützungsmöglichkeiten zu einem optimierten Einsatz dieser Muskelgruppe beigetragen haben. Sie verdeutlichen auch, dass unterschiedliche Hand-Arm-Beschleunigungen (zwischen



Sitzen neu und Stehen neu) nur geringfügige Einflüsse auf die Muskelbeanspruchung haben.

Abbildung 72:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lova und Steiff)



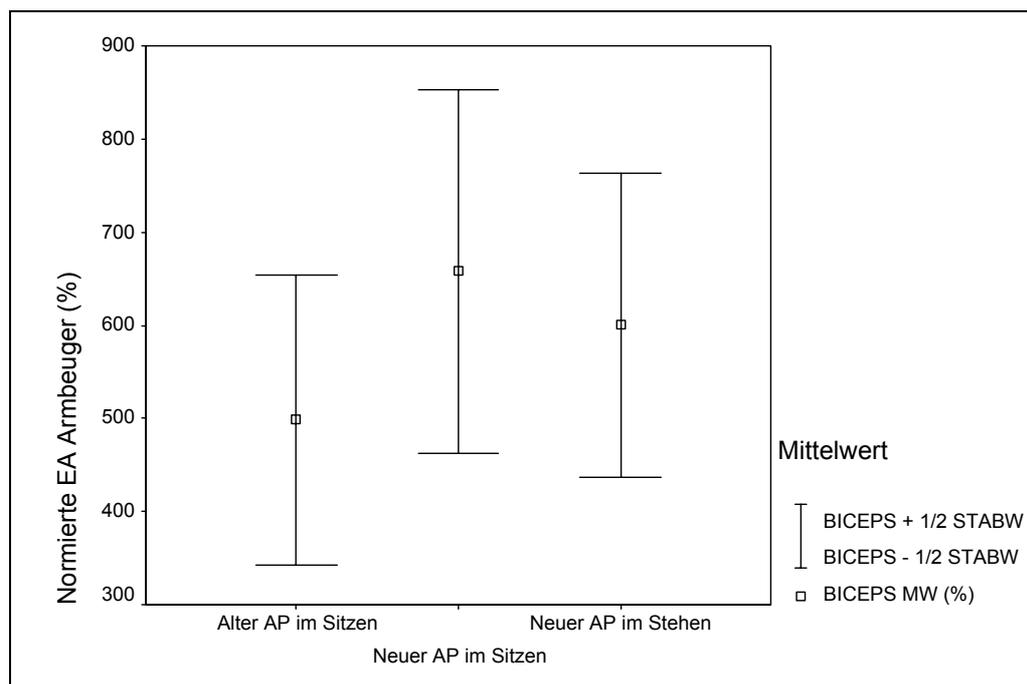
Der bei der dynamischen Aktivität der Armbewegung beim Nähen aktivierte Armbeuger wird am neuen Arbeitsplatz etwas höher beansprucht als am bisherigen Arbeitsplatz (Abbildung 73, siehe Seite 137). Auch die Streuung der Messwerte ist am neuen Arbeitsplatz etwas höher als am bisherigen Arbeitsplatz. Am neuen Arbeitsplatz nimmt die Muskelbeanspruchung in stehender Körperhaltung im Vergleich zur sitzenden Körperhaltung wieder etwas ab. Eine ähnlich starke Zunahme der Muskelaktivität in stehender Körperhaltung zeigt nur noch der Armheber im seitlichen Teil (Abbildung 69, Seite 132). Eine Erklärung für dieses Verhalten könnte sein, dass die Arbeitspersonen am Steharbeitsplatz die vorhandenen Armstützen verwendet haben, um einen Teil ihres Körpergewichtes abzustützen, mit dem Ziel, die Rumpf-, Bein- und Fußmuskulatur zu entlasten. Zur Übertragung der entsprechenden Kräfte muss auch der



Armbeugemuskel verwendet werden, was, ähnlich wie bei der Armhebemuskulatur, die hohe Aktivität in stehender Körperhaltung am neuen Platz erklären könnte.

Abbildung 73:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lova und Steiff)



Die stark reduzierte Beanspruchung im vorderen Teil des Armhebers (Abbildung 74, siehe Seite 138) ist direkt mit der verbesserten Abstützung durch die Armstütze in Zusammenhang zu bringen. Der damit reduzierte Halteaufwand für Ober- und Unterarm zeigt sich klar in einer reduzierten Aktivität dieser Muskulatur. Die gleiche Auswirkung lässt sich auch in stehender Körperhaltung beobachten. In beiden Fällen wurden die Streuungen der Muskelaktivität durch die Verwendung der Abstützflächen am neuen Arbeitsplatz deutlich reduziert.

Besonders bemerkenswert ist die deutliche Reduzierung der Beanspruchung durch Armauflagen am neu gestalteten Arbeitsplatz im Sitzen bei der Schulterhebemuskulatur (Abbildung 75, siehe Seite 139). Dieser Zusammenhang war beim Vergleich aller



Untersuchungen des Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand (siehe Abschnitt 3.9.1) nicht so eindeutig erkennbar. Verringerte statische Haltungsarbeit zeigt hier ihre positiven Auswirkungen. Der Schulterheber ist im Sitzen deutlich geringer angespannt, weil die Armstütze jetzt einen Teil des Armgewichtes aufnimmt und so die Schultermuskulatur entlastet.

Durch die stehende Körperhaltung werden dagegen deutliche Beanspruchungserhöhungen bewirkt. Ursächlich dafür verantwortlich ist die unbewusste Anspannung von Schultergürtelmuskeln mit dem Bestreben, die Rumpf-, Bein- und Fußmuskulatur von statischer Haltungsarbeit zu entlasten. Die Fußbetätigung, die bei kontinuierlicher Nähtätigkeit eine hohe statische Belastung für das entsprechend aktive Bein bedeutet, wirkt sich hier besonders erschwerend aus. Gerade dieses Ergebnis zeigt, dass der Einsatz des umgestalteten Arbeitsplatzes ausschließlich für stehende Körperhaltung nicht angebracht ist.

Abbildung 74:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (vorderer Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lowa und Steiff)

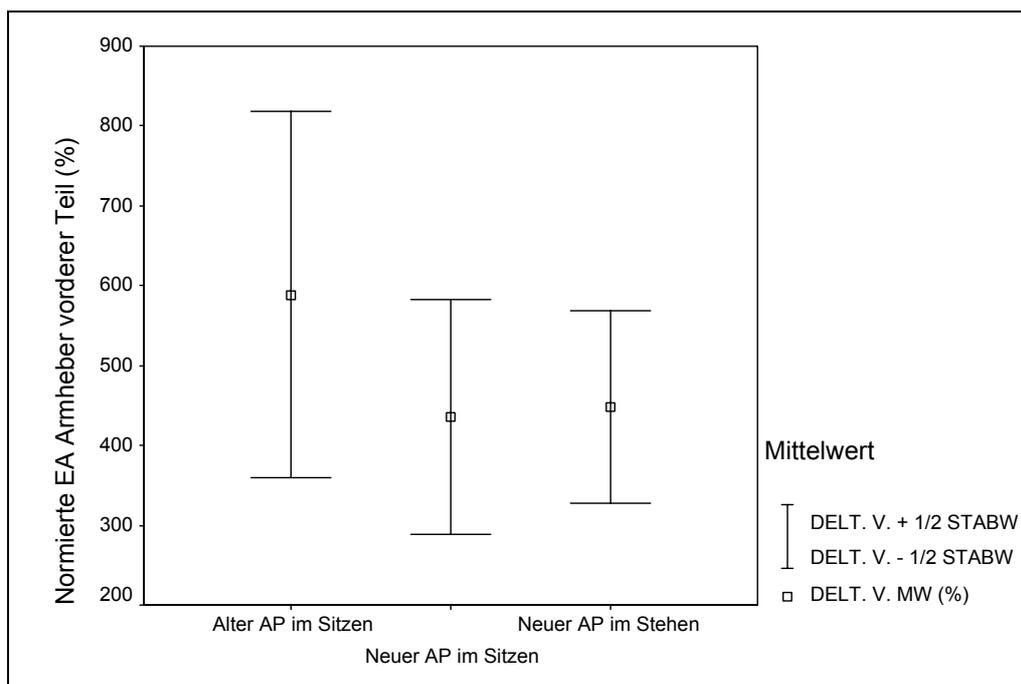
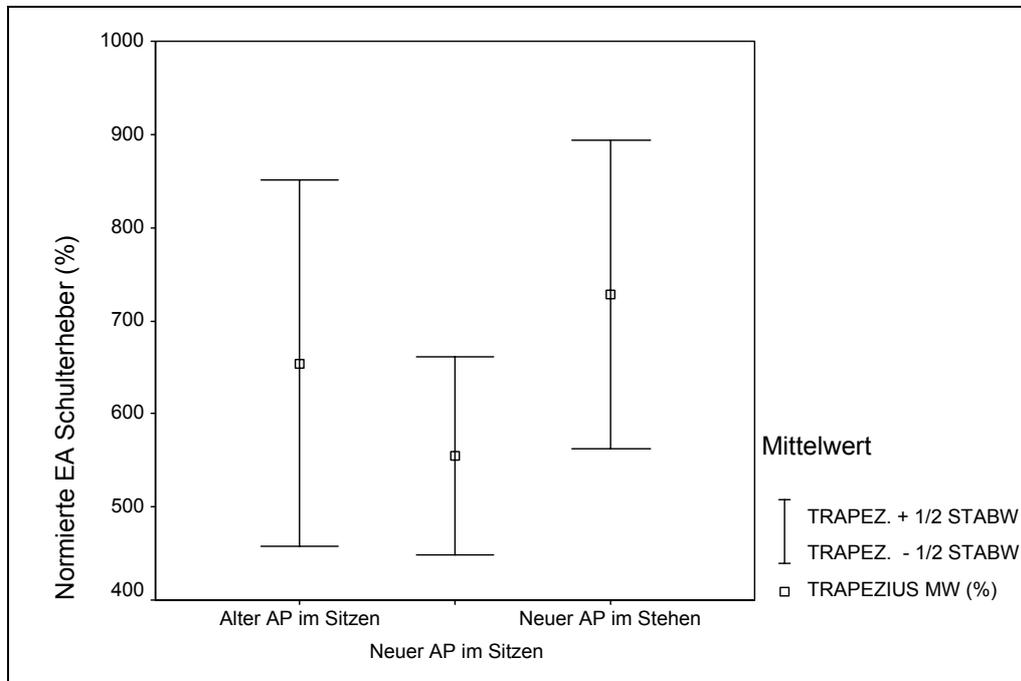




Abbildung 75:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lova und Steiff)



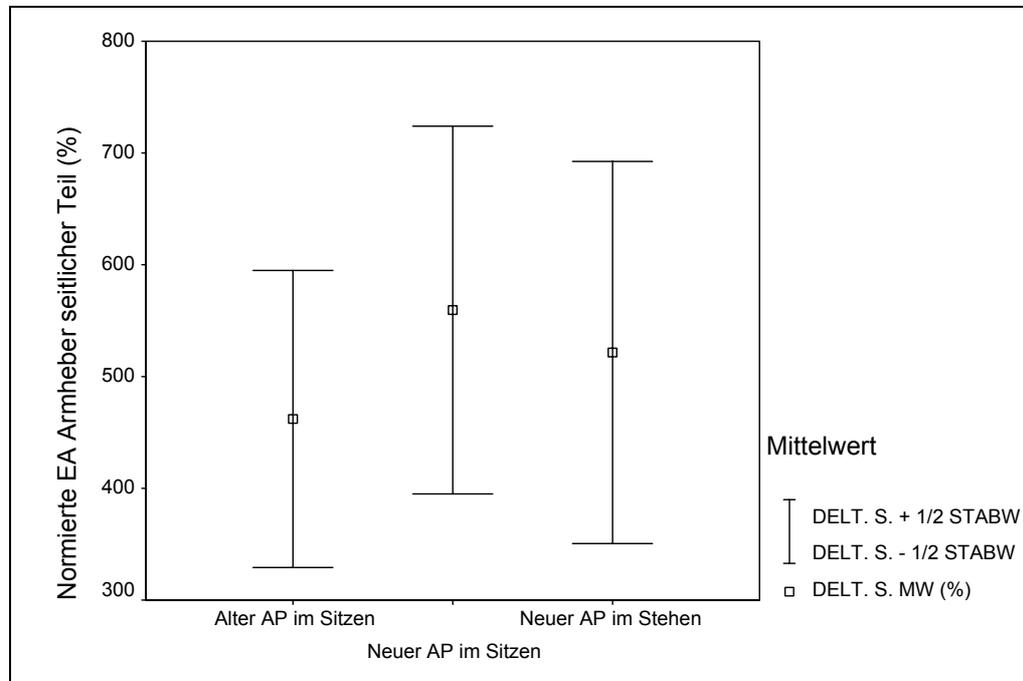
Ein weiterer Muskel, der eine höhere Beanspruchung am neu gestalteten Arbeitsplatz im Sitzen erkennen lässt, ist der seitliche Teil des Armhebers (Abbildung 76, siehe Seite 140). Diese etwas höhere Beanspruchung in diesem Teil der Armmuskulatur hat wahrscheinlich etwas mit der noch nicht optimalen Anpassung des Neigungswinkels der Armabstützung, der eingestellten Arbeitshöhe und den daraus resultierenden Bewegungsabläufen der Arbeitspersonen zu tun. In stehender Körperhaltung reduziert sich die Beanspruchung wieder etwas, ohne jedoch die niedrigeren Werte am Arbeitsplatz im Ausgangszustand zu erreichen.

Durchgängig zeigt sich somit die positive beanspruchungsreduzierende Wirkung der neu konzipierten Arbeitsplätze. Da in den vier Unternehmen in jedem Fall gleichartige Tätigkeiten mit den gleichen Arbeitspersonen unter gleichen Umgebungsbedingungen untersucht werden konnten, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Beanspruchungsunterschiede unmittelbar aus der veränderten Arbeitssituation herrühren.



Abbildung 76:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Untersuchungen Berger, Klotz, Lowa und Steiff)



Um diese Erkenntnisse weiter zu vertiefen, wird die Analyse der Beanspruchungsdaten bis auf die Ebene der einzelnen Mitarbeiterin innerhalb der vier Unternehmen ausgeweitet.

3.9.3 Beanspruchung in der Fa. Berger

Der Vergleich der Beanspruchungen bei den Untersuchungen in der Fa. Berger ließ deutliche Unterschiede zwischen den Bedingungen „Sitzen am alten Arbeitsplatz“ und „Sitzen und Stehen am neuen Arbeitsplatz“ erkennen.

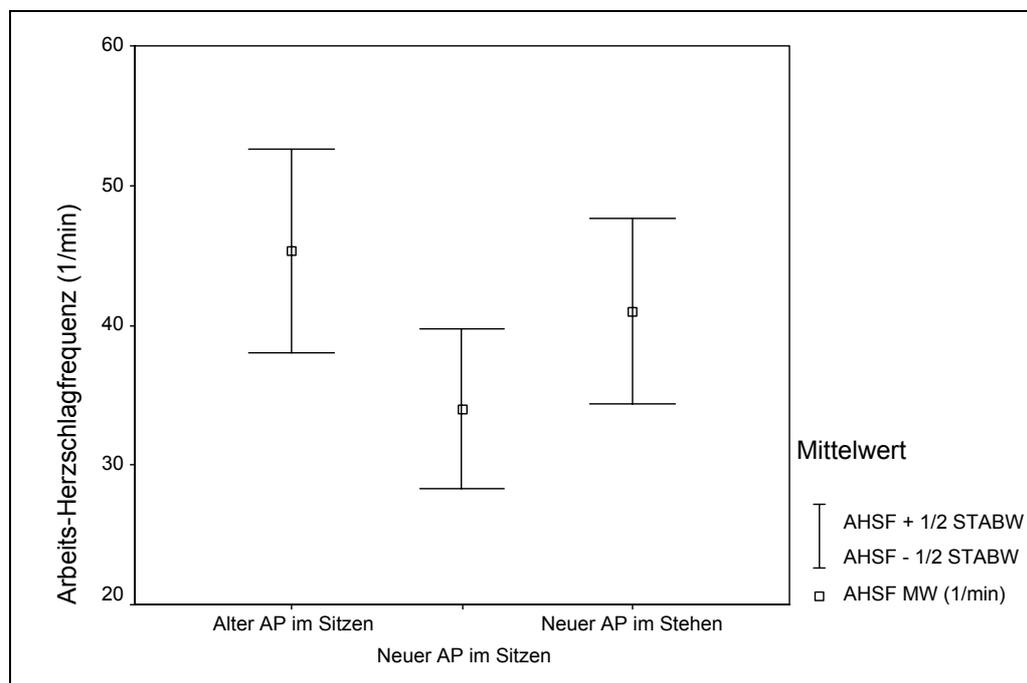
Wie Abbildung 77 (siehe Seite 141) zeigt, liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Sitzen um 11 Schläge/min niedriger, als am bisherigen Arbeitsplatz. Die mittleren Armbeschleunigungen beider Versuchsreihen sind annähernd gleich, die mittlere Dauer war bei den Versuchen am neuen Arbeitsplatz deutlich geringer. Bei den Versuchen am neuen Arbeitsplatz war keine zeitabhängige



Veränderung der Herzschlagfrequenz erkennbar, bei den Versuchen am alten Arbeitsplatz lag diese bei 0,03 Schläge/min². Die am neuen Arbeitsplatz erhaltenen Werte liegen unterhalb der als Dauerbeanspruchungsgrenze bekannten Größe von ca. 35 Schlägen/min.

Der Vergleich zwischen dem alten Arbeitsplatz im Sitzen und dem neuen Arbeitsplatz in stehender Körperhaltung lässt erkennen, dass die verbesserte Arbeitsgestaltung auch in diesem Fall zu einer Reduzierung der Beanspruchung geführt hat. Bei gleicher Handbeschleunigung und etwa gleicher Versuchsdauer liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Stehen um 4 Schläge/min niedriger als am alten Arbeitsplatz im Sitzen.

Abbildung 77:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)



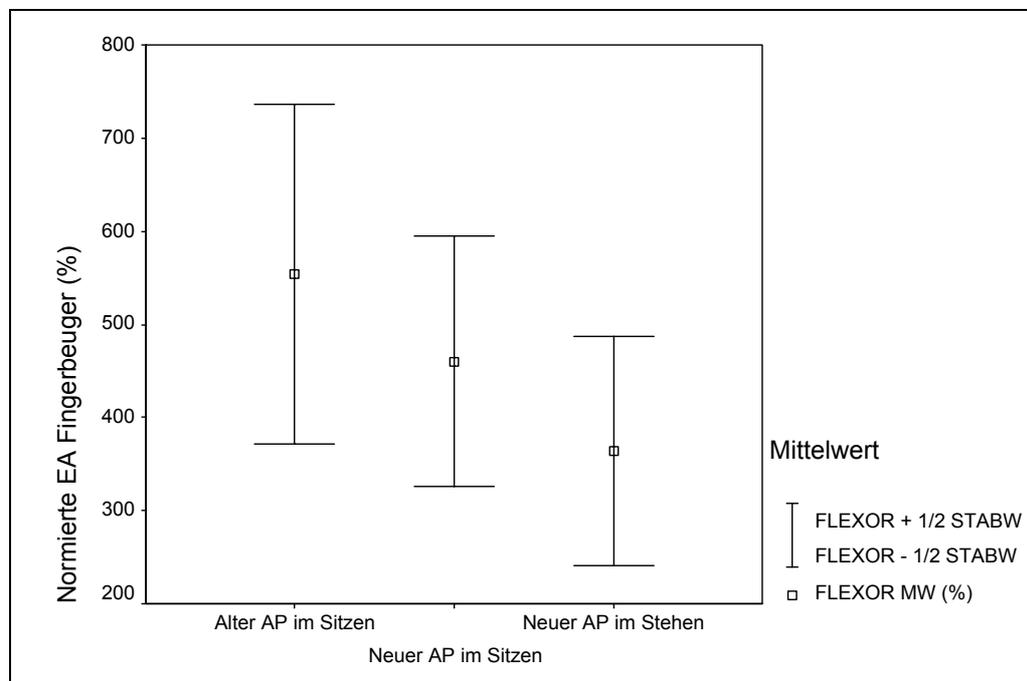
Diese positiven Auswirkungen der Gestaltung des Arbeitsplatzes ließen sich auch bei der Analyse der Muskelbeanspruchung zeigen. Die Beanspruchung im Bereich der Fingerbeugemuskulatur liegt am neuen Arbeitsplatz im Sitzen und Stehen deutlich



unter der Beanspruchung am bisherigen Arbeitsplatz (Abbildung 78). Diese signifikant verringerten Muskelaktivitäten zeigen, dass die verbesserte Anpassung geringere Kraft- und Bewegungsaufwendungen zur Folge haben muss. Die geringere Streuung der Messwerte am neuen Platz in sitzender Körperhaltung zeigt die Wirkungen der Armablagemöglichkeiten am Arbeitstisch.

Abbildung 78:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)



Auch der Armheber im vorderen Teil (Abbildung 79, siehe Seite 143) zeigt ein ähnliches Verhalten. Bei dieser Muskelgruppe reduziert sich die Beanspruchung am neuen Arbeitsplatz im Sitzen deutlich, zwischen Sitzen am alten Arbeitsplatz und Stehen am neuen Arbeitsplatz sind die Unterschiede gering. Die verbesserten Anpassungsmöglichkeiten zeigen sich auch beim Vergleich der Armhebemuskulatur in seitlicher Richtung. Hier werden die günstigsten Beanspruchungswerte in sitzender Körperhaltung am neuen Arbeitsplatz gemessen, wobei eine deutliche Abnahme der Aktivität auch im Vergleich „Sitzen alt“ und „Stehen“ auftritt (Abbildung 80, siehe Seite 143).



Abbildung 79:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (vorderer Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)

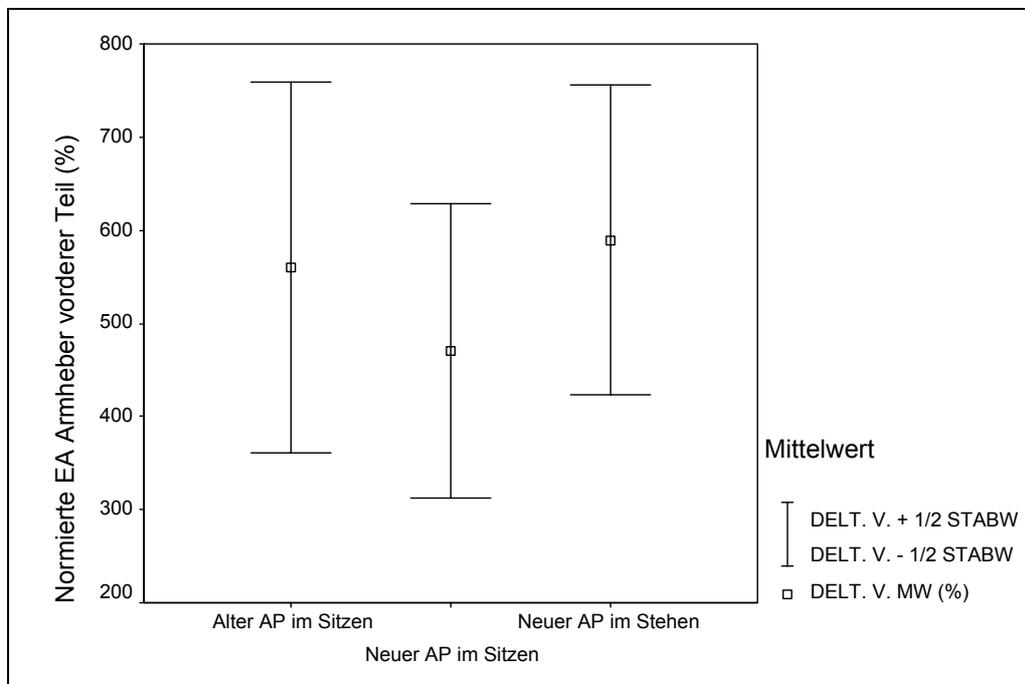


Abbildung 80:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)





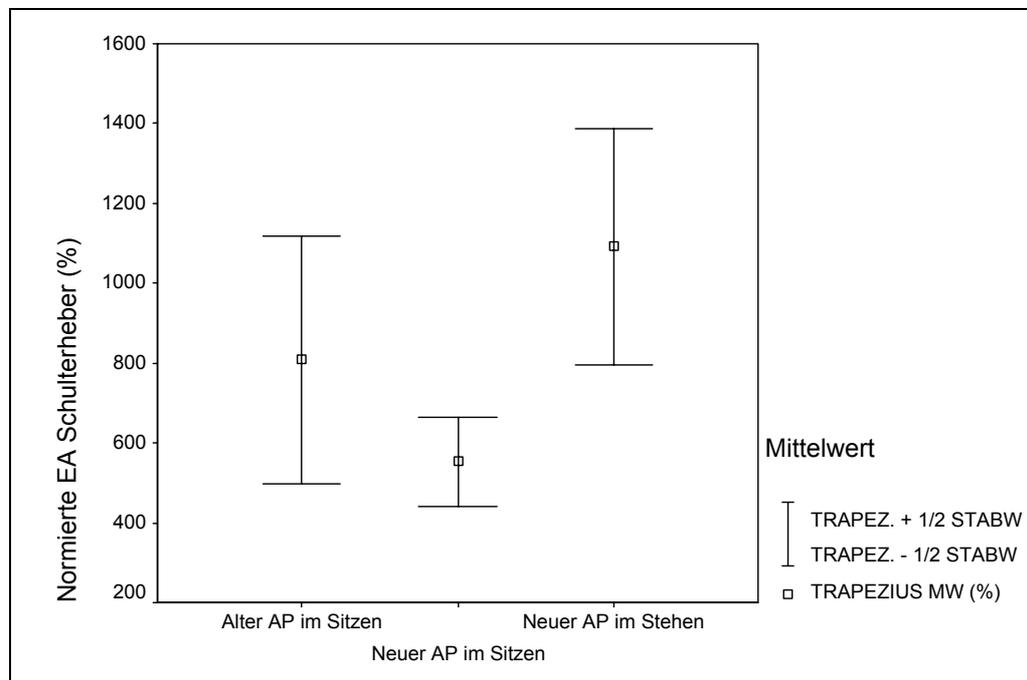
Ursachen für diese deutliche Verbesserung des Beanspruchungsgeschehens sind die Veränderungsmöglichkeiten der Arbeitshöhe durch die Tischhöhenverstellung und die Reduzierung von Belastungen durch die erweiterten Armauflageflächen, die sich bei den bei dieser Tätigkeit bewegten Gewichten entsprechend deutlich auswirken.

Die Schulterhebemuskulatur zeigt sehr deutliche Beanspruchungsunterschiede zwischen dem alten und neuen Arbeitsplatz im Sitzen. Die Messwerte unterscheiden sich in Mittelwert und Streuung stark voneinander (Abbildung 81).

Bei der Arbeitsausführung im Stehen wird die Schultermuskulatur stärker aktiviert als im Sitzen, was teilweise auch mit der noch nicht optimalen Anpassung des Kniebetätigungselementes zu tun haben kann.

Abbildung 81:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)

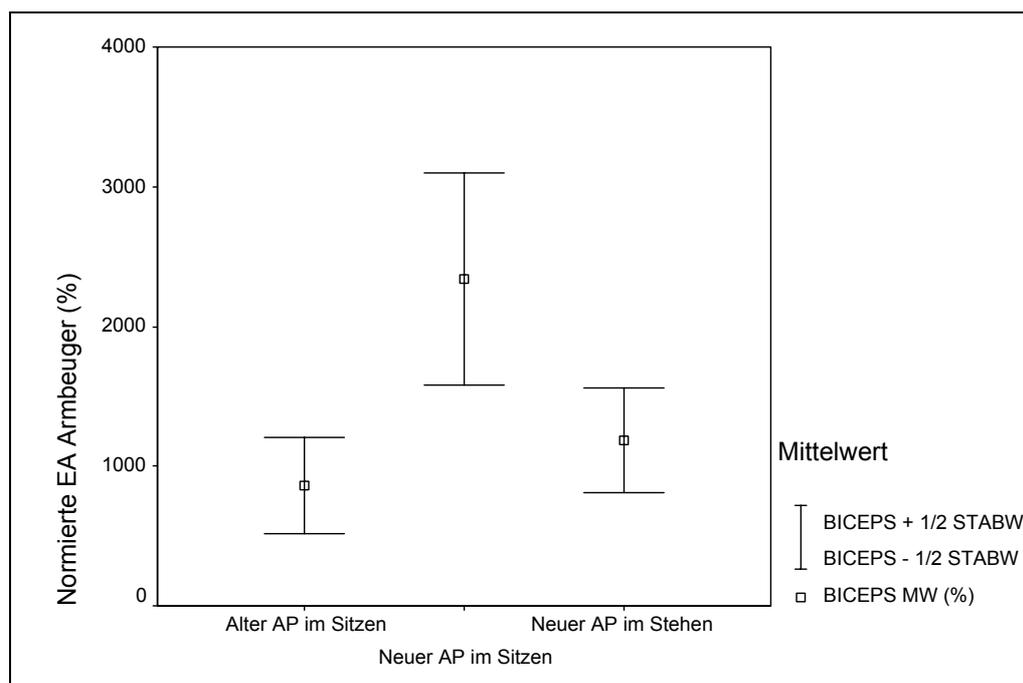


Die muskuläre Aktivität des Armbeugers ist bei der Fa. Berger generell auf einem hohen Niveau (Abbildung 82, siehe Seite 145). Dieser Muskel, der besonders während der schweren Nebentätigkeiten (Umdrehen, Falten, Transportieren der Zelte)



eingesetzt wird, ist beim neuen Gestaltungszustand im Sitzen deutlich stärker aktiviert als am bisherigen Arbeitsplatz. Eine Erklärung dafür ist die von den Arbeitspersonen teilweise unterlassene Höhenveränderung des Arbeitstisches bei diesen Nebentätigkeiten. Die für die Nähtätigkeit günstige Arbeitshöhe ist für die Nebentätigkeiten nicht in jedem Fall ideal, aufgrund fehlender Erfahrung mit dem neuen Arbeitsplatz konnten noch nicht alle Verstellmöglichkeiten genutzt werden. Auch die Verwendung der Stützflächen im Stehen, um einen Teil des Körpergewichtes aufzunehmen, lässt sich als Erklärung anführen.

Abbildung 82:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeuger zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Berger)



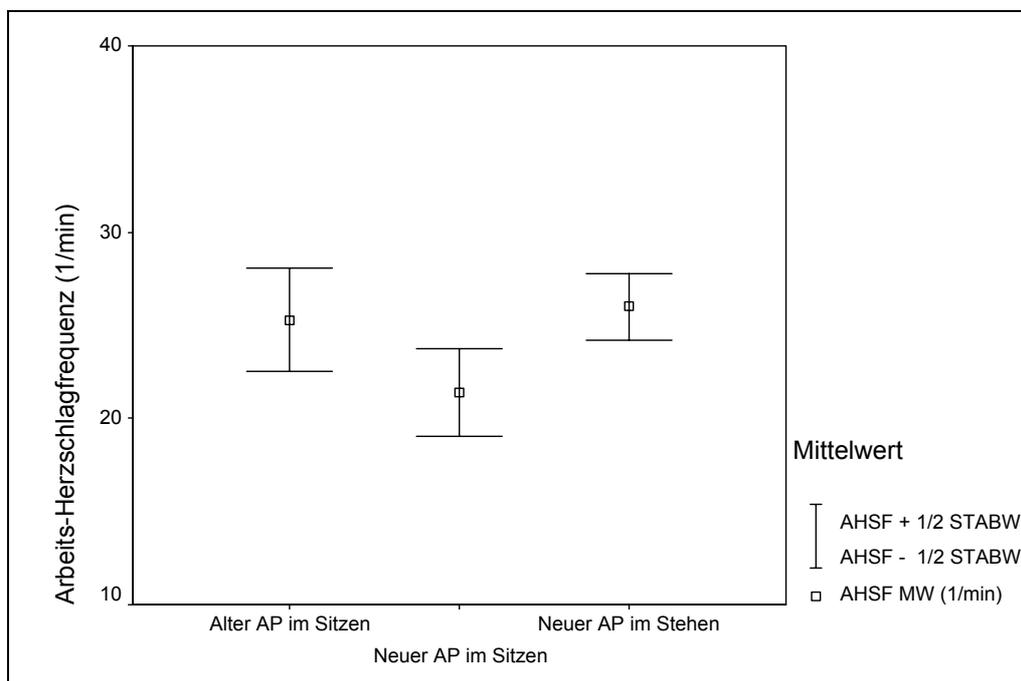
Trotz dieser geschilderten Anpassprobleme zeigt die spezifische Auswertung der Daten der Fa. Berger ganz eindeutig, dass der neue Arbeitsplatz große Verbesserungspotenziale beinhaltet, die auch nach der recht kurzen Einarbeitungszeit von den Arbeitspersonen genutzt wurden.



3.9.4 Beanspruchung in der Fa. Klotz

Wie Abbildung 83 zeigt, liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Sitzen um 4 Schläge/min niedriger als am bisherigen Arbeitsplatz. Die mittlere Versuchsdauer war am neuen Arbeitsplatz etwas höher als am alten Arbeitsplatz, die mittlere Armbeschleunigung am neuen Arbeitsplatz geringer als am alten Arbeitsplatz. Bei den Versuchen am neuen Arbeitsplatz war keine zeitabhängige Veränderung der Herzschlagfrequenz erkennbar, bei den Versuchen am alten Arbeitsplatz lag diese im Mittel bei $0,032 \text{ Schläge/min}^2$. Alle gemessenen Werte liegen weit unterhalb der als Dauerbeanspruchungsgrenze bekannten Größe von ca. 35 Schlägen/min.

Abbildung 83:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Klotz)



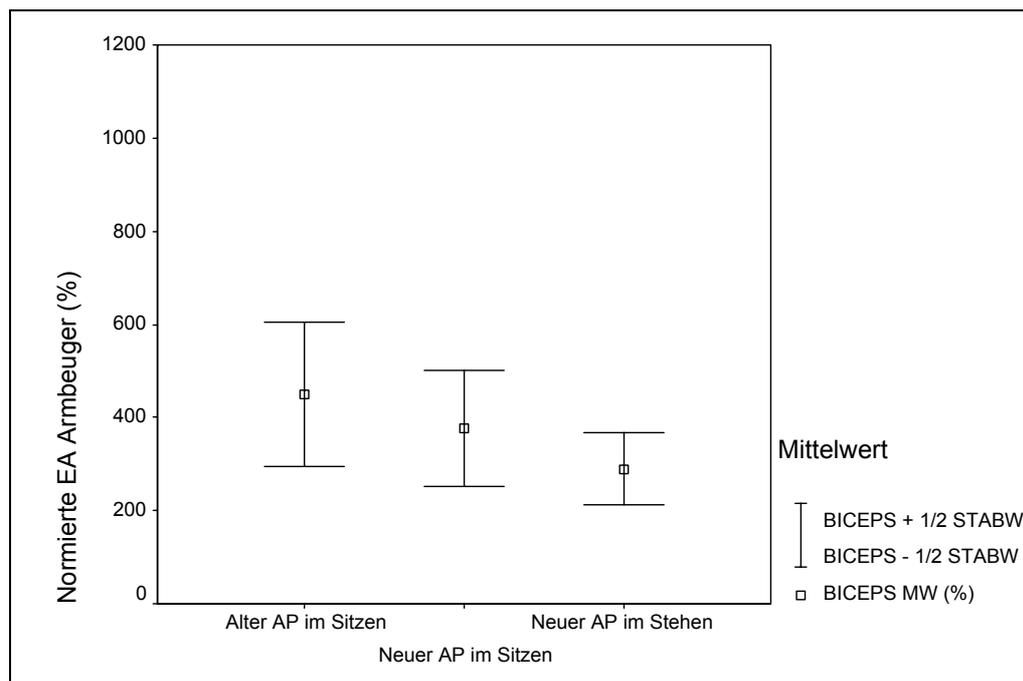
Der Vergleich zwischen dem alten Arbeitsplatz im Sitzen und dem neuen Arbeitsplatz in stehender Körperhaltung lässt erkennen, dass die verbesserte Arbeitsgestaltung in diesem Fall nur zu einer sehr geringfügigen Zunahme der Beanspruchung geführt hat.



Bei etwas geringerer Handbeschleunigung und kürzerer Versuchsdauer liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Stehen nur um 1 Schlag/min höher als am alten Arbeitsplatz im Sitzen.

Die Beanspruchung des Armbeugemuskels ist am neuen Arbeitsplatz im Sitzen und vergleichsweise auch am neuen Arbeitsplatz in stehender Körperhaltung deutlich niedriger als bei der bisherigen Tätigkeit am alten, nicht höhenanpassbaren Arbeitsplatz (Abbildung 84). Gerade im Vergleich zur Fa. Berger ist der Armbeuger bei der Fa. Klotz vergleichsweise gering aktiviert.

Abbildung 84:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Klotz)

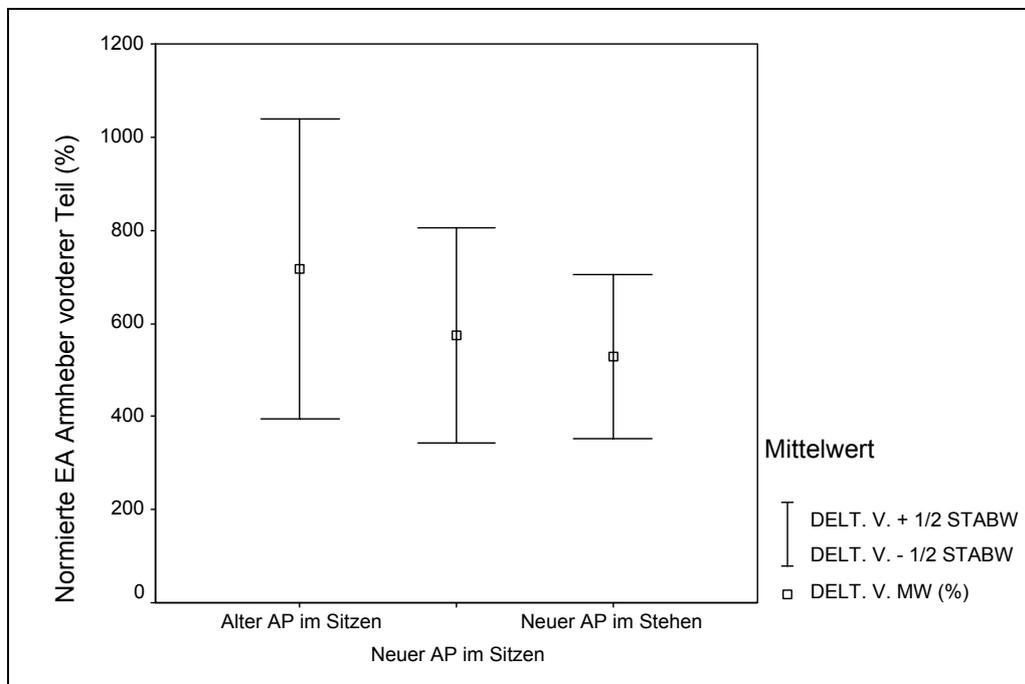


Auch der Armheber im vorderen Teil (Abbildung 85, siehe Seite 148) zeigt ein ähnliches Verhalten. Bei dieser Muskelgruppe reduziert sich die Beanspruchung am neuen Arbeitsplatz im Sitzen deutlich. Die stehende Körperhaltung am neuen Arbeitsplatz bewirkt eine weitere Reduzierung der Beanspruchung mit gleichzeitig weiter reduzierter Streuung der Werte.



Abbildung 85:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (vorderer Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Klotz)



Ein ähnliches, im Wesentlichen aus der verbesserten Abstützmöglichkeit der Arme erklärbares Verhalten der Beanspruchung zeigt auch der Schulterheber (Abbildung 86, siehe Seite 149).

Während hier die Beanspruchungsunterschiede zwischen Sitzen am alten und neuen Arbeitsplatz deutlich zu erkennen sind, ist am neuen Arbeitsplatz zwischen Sitzen und Stehen kein Unterschied messbar.

Im Gegensatz zu den Untersuchungen bei der Fa. Berger wird bei der Fa. Klotz der Armheber im seitlichen Teil am neuen Arbeitsplatz stärker beansprucht als am bisherigen Arbeitsplatz (Abbildung 87, siehe Seite 149). Dass diese Zunahme der Beanspruchung direkt mit der veränderten Körperhaltung am neuen Arbeitsplatz zusammenhängt, ist sehr wahrscheinlich.



Abbildung 86:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Klotz)

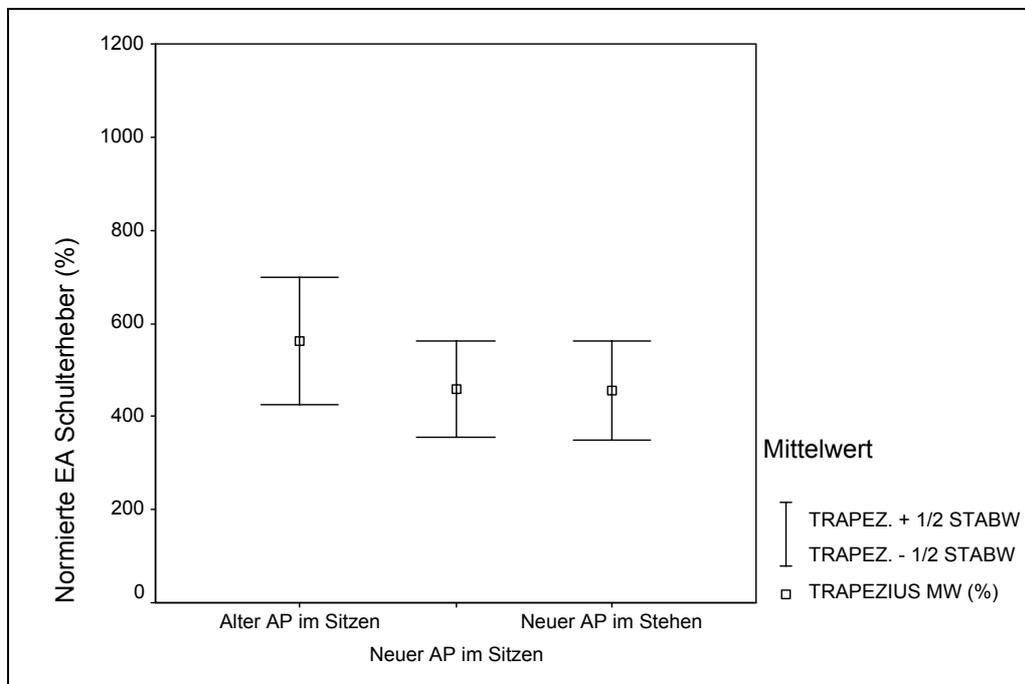
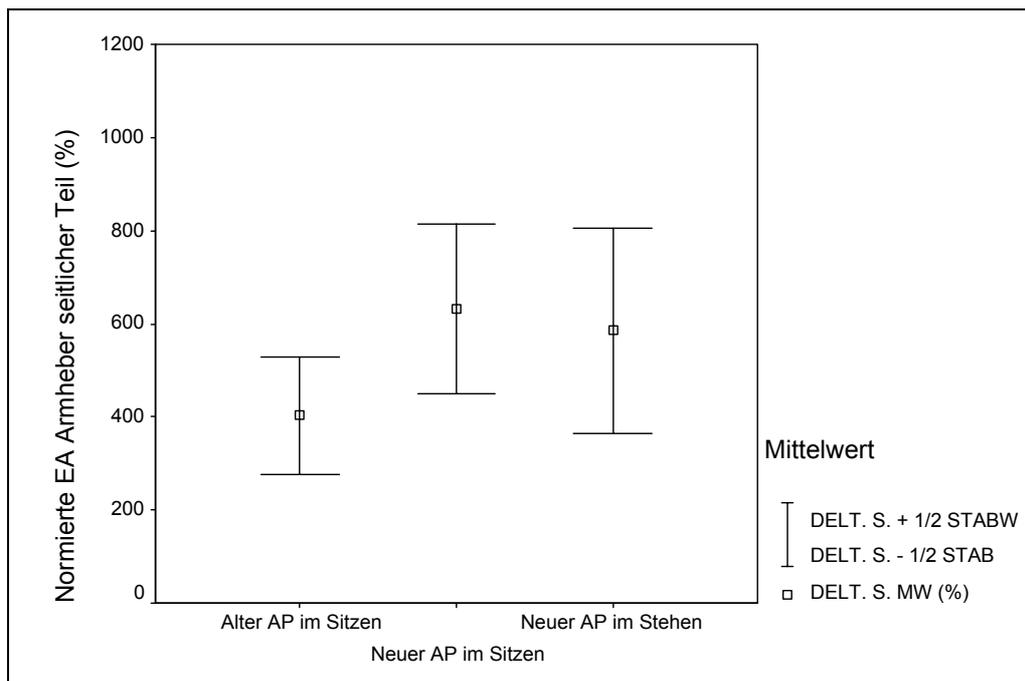


Abbildung 87:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Klotz)





Im Gesamtvergleich zeigt sich, wie bei der Fa. Berger, dass der neue Arbeitsplatz bei der Fa. Klotz geringe Beanspruchung bei annähernd gleichen Leistungsbedingungen beinhaltet.

3.9.5 Beanspruchung in der Fa. Steiff

Auch bei der Fa. Steiff wurde, wie in allen Auswertungen vorher, zunächst das Verhalten der Arbeits-Herzschlagfrequenz untersucht. Wie Abbildung 88 (siehe Seite 151) zeigt, ist hier ein anderes Verhalten zu erkennen als bei den vorhergehenden Untersuchungsergebnissen. Die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz ist im Sitzen um 5 Schläge/min höher als am bisherigen Arbeitsplatz. Die mittlere Versuchsdauer war am neuen Arbeitsplatz etwas geringer als am alten Arbeitsplatz, die mittlere Armbeschleunigung am neuen und alten Arbeitsplatz gleich. Bei den Versuchen am neuen Arbeitsplatz war keine zeitabhängige Veränderung der Herzschlagfrequenz erkennbar, bei den Versuchen am alten Arbeitsplatz lag diese im Mittel bei 0,061 Schläge/min². Alle gemessenen Werte liegen unterhalb der als Dauerbeanspruchungsgrenze bekannten Größe von ca. 35 Schlägen/min.

Der Vergleich zwischen dem alten Arbeitsplatz im Sitzen und dem neuen Arbeitsplatz in stehender Körperhaltung lässt erkennen, dass die Beanspruchung im Mittel um 14 Herzschläge/min zugenommen hat. Die Handbeschleunigung war gleich, die Versuchsdauer im Stehen etwas kürzer als im Sitzen. Bei stehender Körperhaltung lag der Ermüdungsanstieg der Arbeits-Herzschlagfrequenz bei 0,17 Schlägen/min². Um dieses Verhalten zu erklären, werden die Daten getrennt für beide Versuchspersonen dargestellt. Die Werte in Abbildung 89 (siehe Seite 151) zeigen, dass beide Personen unterschiedlich reagiert haben.

Versuchsperson W (VP W) zeigt bei beiden Untersuchungen am alten Arbeitsplatz im Sitzen die niedrigsten Werte der Arbeits-Herzschlagfrequenz. Die gemessenen Mittelwerte liegen bei 15 Schlägen/min und sind damit im Vergleich aller gemessenen Werte der Ist-Untersuchungen am niedrigsten.



Abbildung 88:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff)

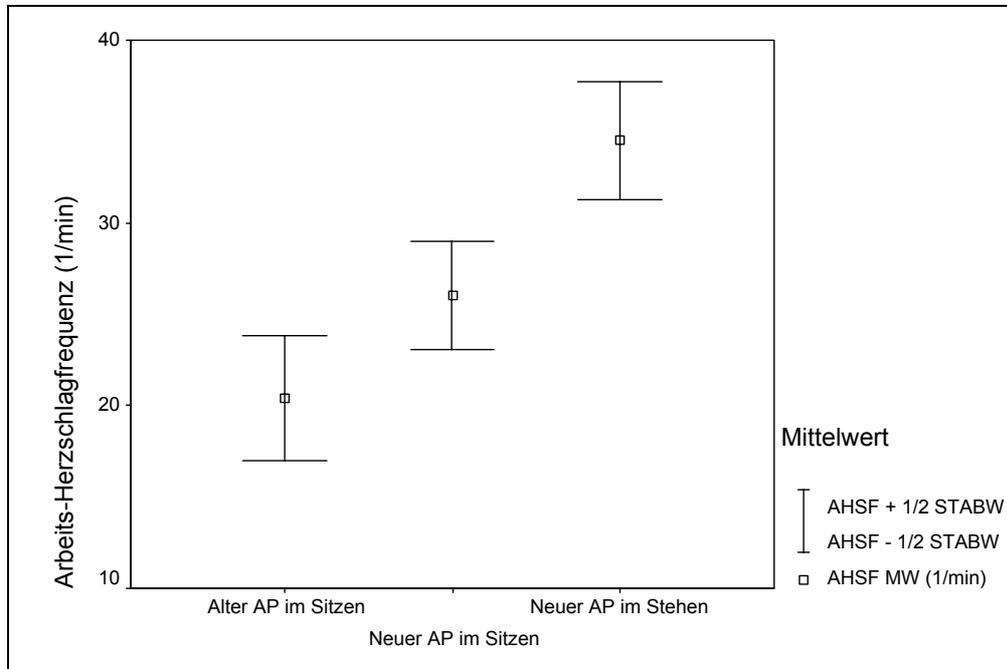
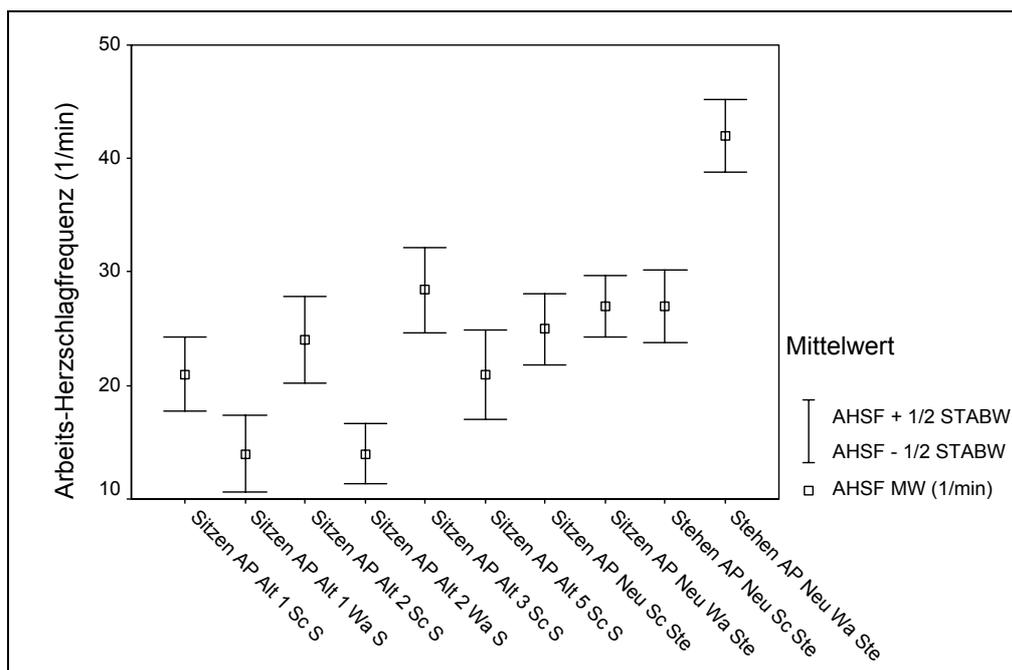


Abbildung 89:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff, personen-spezifische Darstellung)





Bei der Arbeitsausführung am neuen Arbeitsplatz im Sitzen ist bei VP W eine eindeutige Zunahme der Herzschlagfrequenz zu erkennen. Ursache für diese Zunahme ist eine erhöhte Beanspruchung infolge von Anpassungsprozessen an den neuen Arbeitsplatz. Wie auch die Aussagen von VP W bestätigen, hatte sie bei der Untersuchung noch Probleme mit der Eingewöhnung an die Bedingungen des neuen Arbeitsplatzes. Eine gewisse emotionale Anspannung von VP W war zudem erkennbar.

Bei der Ausführung der Tätigkeit im Stehen am neuen Arbeitsplatz steigt die Herz-Kreislauf-Beanspruchung weiter an. Die Arbeits-Herzschlagfrequenz liegt bei 42 Schlägen/min. Diese Zunahme ist erklärbar durch den im Vergleich zur sitzenden Tätigkeit erhöhten statischen Muskeleinsatz mit entsprechend höherem Energiebedarf des Körpers. Aber auch bei der stehenden Tätigkeit haben Eingewöhnungserfordernisse und hohe emotionale Anspannung (erstmaliges längeres Arbeiten in stehender Körperhaltung) zu der entsprechenden Reaktion geführt.

Bei Versuchsperson S (VP S) zeigt sich ein anderes Verhalten. Innerhalb der vier durchgeführten Messungen am alten Arbeitsplatz lassen sich unterschiedliche Beanspruchungshöhen erkennen. Die Mittelwerte schwanken zwischen maximal 28 und minimal 21 Schlägen/min und liegen damit teilweise deutlich höher als bei VP W. Bei der Untersuchung am neuen Arbeitsplatz liegen die Beanspruchungsergebnisse im Stehen interessanterweise nur um 2 Schläge/min höher als im Sitzen. Der im Sitzen gemessene Mittelwert von 25 Schlägen/min liegt teilweise unterhalb der Werte am alten Arbeitsplatz. Die individuellen Aussagen von VP S bestätigen die Ergebnisse. Sie kommt mit dem neuen Arbeitsplatz sehr gut zurecht und betont besonders die mögliche Entlastung bei stehender Körperhaltung. Obwohl mit Sicherheit auch bei VP S noch nicht alle Anpassungsprozesse abgeschlossen sind, zeigt sich eine recht günstige Herz-Kreislauf-Reaktion, die auf Vorteile des untersuchten Gestaltungszustandes hinweist. Dabei ist zu beachten, dass VP S bei allen Untersuchungen im Sitzen einen beweglichen Sitz ohne Rückenlehne (SWOPPER) verwendete. Bei dieser Art von Stühlen ist eine recht hohe muskuläre Aktivität zur Erreichung der Körperstabilität erforderlich, was sich im Gesamtergebnis der Beanspruchung widerspiegelt.

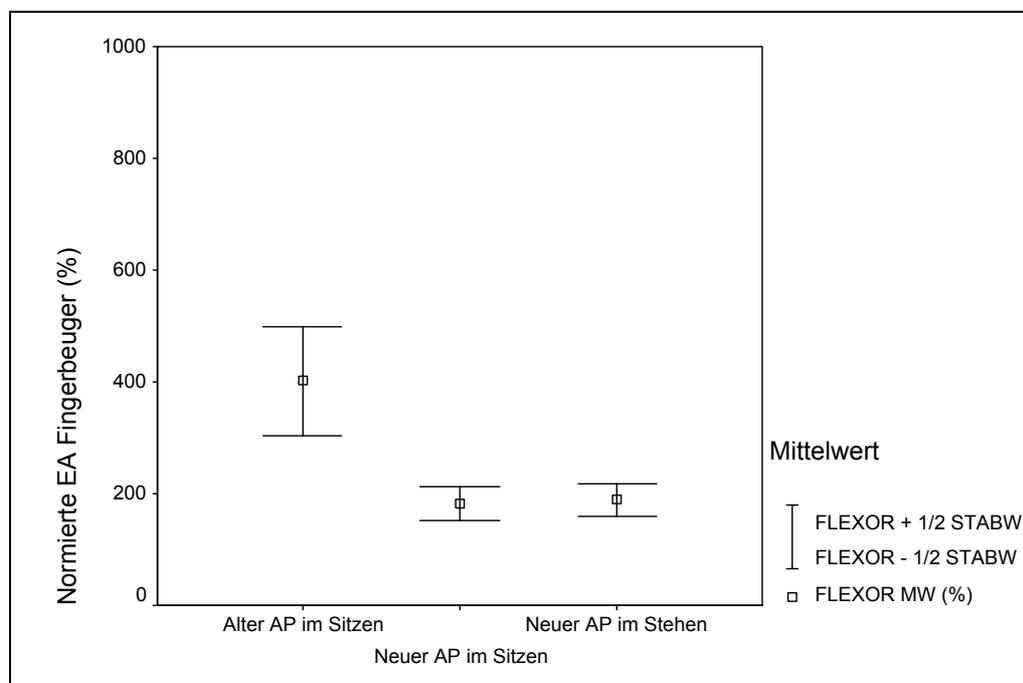


Die Auswertung der Herzschlagfrequenz zeigt, dass die körperliche Beanspruchung am alten und neuen Arbeitsplatz bei der Fa. Steiff stark durch das individuelle Fertigungsprofil der Mitarbeiterinnen beeinflusst wird. Personen mit langjähriger erfolgreicher Anpassung an ein Arbeitssystem (ohne arbeitsbezogene gesundheitliche Probleme) reagieren auf eine veränderte Arbeitssituation anders als Personen, die objektive gesundheitliche Probleme mit ihrem alten Arbeitsplatz haben. Die Ergebnisse der objektiven Datenbefunde konnten durch die subjektiven Aussagen der untersuchten Personen eindeutig bestätigt werden. Dass ausreichend Zeit und intensive Betreuung der Arbeitspersonen erforderlich ist, um eine optimale Nutzung des neu gestalteten Arbeitsplatzes zu erreichen, haben die Untersuchungen bei der Fa. Steiff belegt.

Die Ergebnisse der Beanspruchungsanalyse bei der Fingerbeugemuskulatur zeigen bei beiden Arbeitspersonen die gleiche Tendenz (Abbildung 90).

Abbildung 90:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Fingerbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff)



Die mittlere elektrische Aktivität am optimierten Arbeitsplatz wurde mehr als halbiert, die Streuung hat sich noch stärker reduziert. Zwischen stehender und sitzender

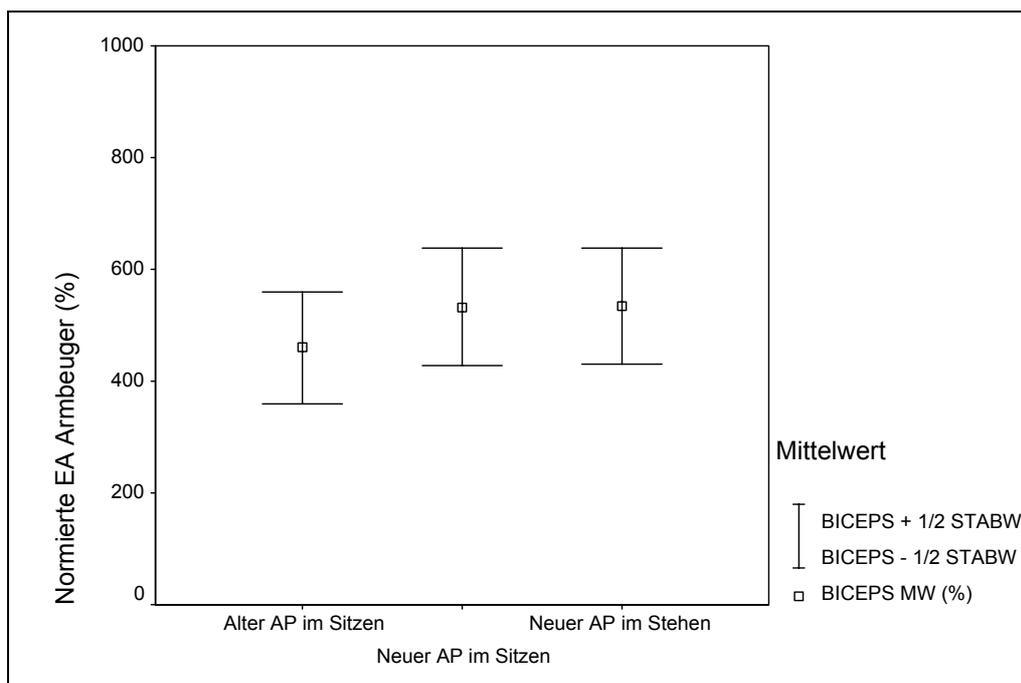


Körperhaltung lassen sich keine Unterschiede erkennen. Wesentliche Ursache für die erreichten Verbesserungen ist die Reduzierung von belastenden statischen Beanspruchungen im Hand-Finger-Bereich. Diese Beanspruchungsreduzierung wurde auch im subjektiven Urteil beider Personen bestätigt und hat direkt mit dem Einsatz eines verbesserten Messers zum Stoffeinstreichen zu tun.

Die deutlich reduzierte Beanspruchung der Fingerbeugemuskulatur zeigt, welche Potenziale eine gute Arbeitsgestaltung bietet. Bei gleicher Leistung können durch veränderte Handhaltung, ein besser an die Arbeitsaufgabe angepasstes Werkzeug und die bessere Abstützmöglichkeiten der Unterarme hohe Belastungsreduzierungen realisiert werden.

Die Beanspruchung im Bereich der Armbeugemuskulatur ist bei den untersuchten Tätigkeiten bei der Fa. Steiff unabhängig vom Gestaltungszustand der Arbeitsplätze relativ konstant (Abbildung 91).

Abbildung 91:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff)



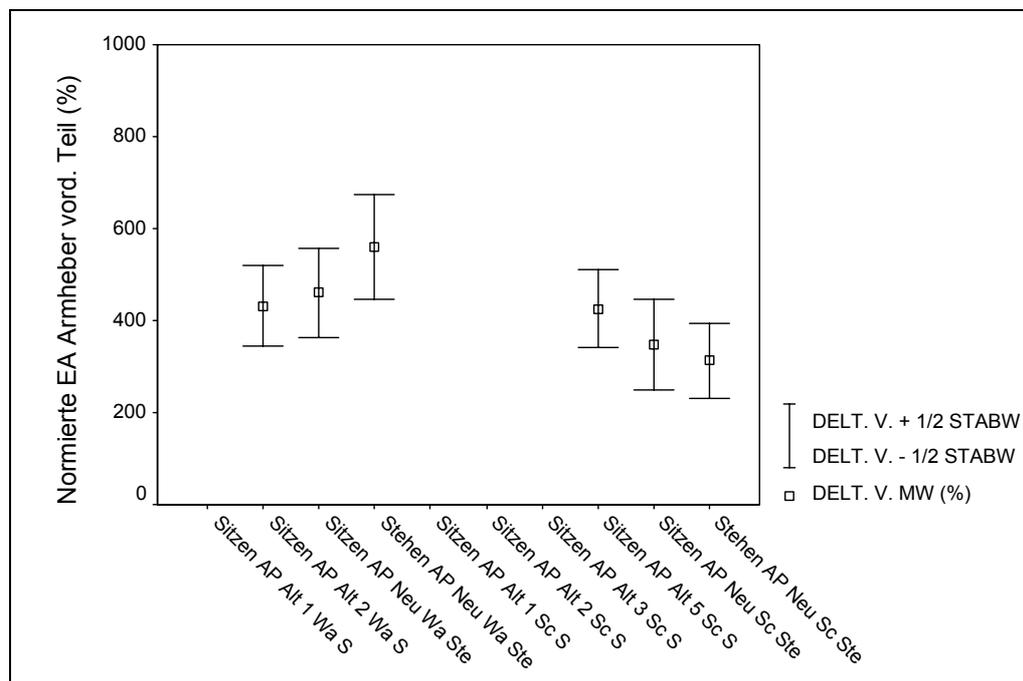


Am alten Arbeitsplatz wird eine im Mittel geringfügig geringere Beanspruchung gemessen als am neuen Arbeitsplatz. Zwischen sitzender und stehender Körperhaltung sind keine Unterschiede erkennbar. Es ist anzunehmen, dass die Hauptaufgabe des Armbeugers bei dieser Tätigkeit, nämlich den Unterarm relativ zum Oberarm in einer weitgehend konstanten Stellung zu halten, also überwiegend statische Arbeit zu leisten, bei beiden Gestaltungszuständen in ähnlicher Weise erforderlich ist.

Die Beanspruchung des Armhebers im vorderen Teil (bei der Vorbewegung des Armes aktiviert) muss differenziert betrachtet werden. Diese Messgrößen liegen nur für einen Teil der Ist-Zustands-Untersuchungen vor (Abbildung 92).

Abbildung 92:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (vorderer Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff, personenspezifische Darstellung)



Bei VP W zeigen sich geringfügige Unterschiede beim Vergleich der sitzenden Tätigkeit am neuen und am alten Arbeitsplatz. Die Aktivierung dieses Muskels ist bei stehender Körperhaltung deutlich höher als bei sitzender Körperhaltung. Das hängt damit



zusammen, dass VP W die Ablage des neuen Tisches in sitzender Körperhaltung deutlich besser nutzt, als im Stehen. In stehender Körperhaltung verwendet sie die Abstützung nur zeitweise, dadurch muss der Armheber deutlich stärker aktiviert werden.

Bei VP S tritt die ungünstigste Beanspruchungssituation am alten Arbeitsplatz auf. Auch bei ihr ist die Muskelbeanspruchung am neuen Arbeitsplatz im Stehen höher als im Sitzen, der Unterschied zeigt sich allerdings auf niedrigerem Niveau. Wie auch die Auswertung der Videoaufnahmen zeigt, nutzt sie die Abstützmöglichkeiten des neuen Tisches deutlich besser als VP W.

Die Beanspruchung der Armhebemuskulatur im vorderen Bereich wird durch unterschiedliche Gestaltungszustände und Tätigkeitsstrategien beeinflusst. Der neu gestaltete Arbeitsplatz bietet bei sitzender Körperhaltung bessere Möglichkeiten zur Beanspruchungsverringerung im Vergleich zum alten Arbeitsplatz.

Der seitliche Teil des Armhebers ist bei VP W bei den Versuchen am alten Arbeitsplatz einmal am höchsten, einmal am niedrigsten beansprucht (Abbildung 93, siehe Seite 157). Am neuen Arbeitsplatz liegen die Werte im Sitzen vergleichsweise hoch. Auffällig ist die vergleichsweise niedrige Beanspruchung dieser Muskelgruppe in stehender Körperhaltung.

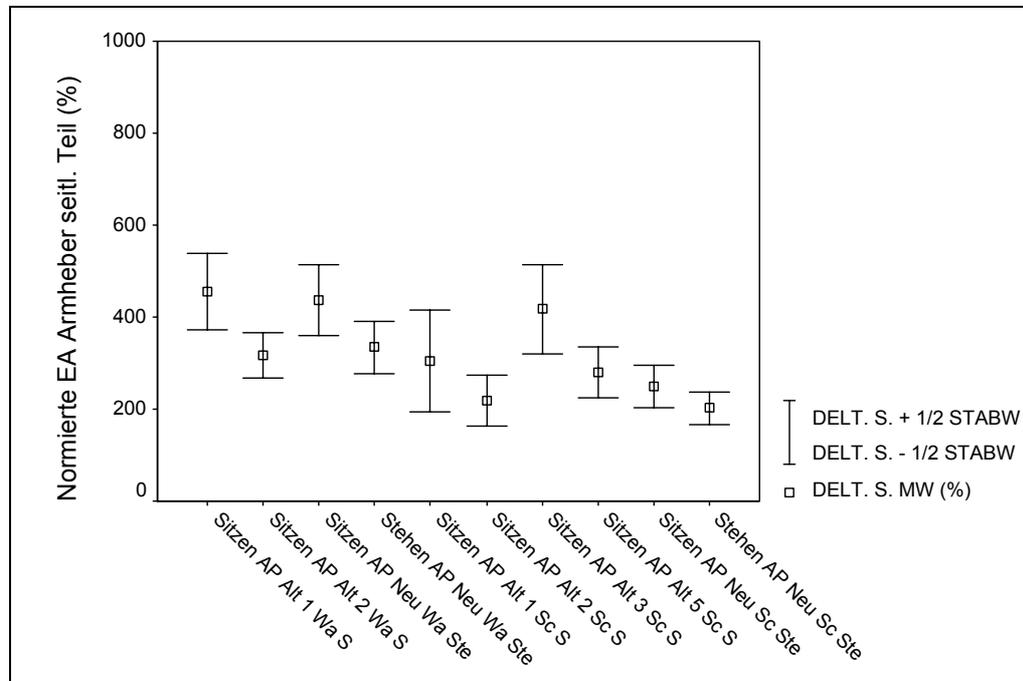
Bei VP S fällt die insgesamt recht hohe Streuung der Daten auf. Der absolut niedrigste Wert wird am neuen Arbeitsplatz im Stehen erreicht, wobei hier auch der minimale Streubereich auffällt. Offenbar wird hier eine sehr gute Nutzung der Abstützung erreicht, sodass der Muskel kaum eingesetzt werden muss. Auch beim Nähen in sitzender Körperhaltung am umgestalteten Arbeitsplatz ist die Entlastung erkennbar.

Positive Auswirkungen der Entlastungsfunktion der individuell einstellbaren und vergrößerten Armstütze werden bei der Betrachtung der Armhebemuskulatur im seitlichen Bereich deutlich. Bei sitzender und stehender Körperhaltung wird die Belastung durch statische Haltungs- und Haltearbeit reduziert.



Abbildung 93:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (seitlicher Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff, personenspezifische Darstellung)



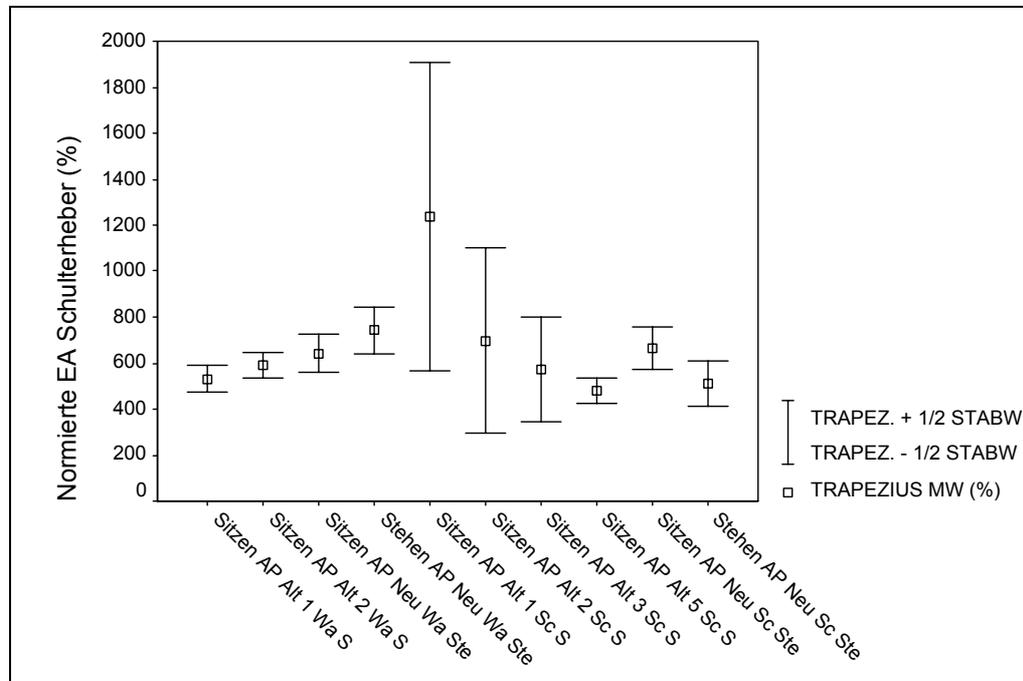
Der Schulterheber wird bei VP W am neuen Arbeitsplatz (Abbildung 94, siehe Seite 158) etwas höher beansprucht als am alten Arbeitsplatz. Die stehende Körperhaltung am neuen Arbeitsplatz führt zu einer weiteren Zunahme der Beanspruchung, deren Ursache die noch nicht optimale Anpassung an die neue Arbeitssituation ist. VP W sieht in ihrem subjektiven Urteil bezüglich der Schulter-Beanspruchung selbst keine Unterschiede, aus den Videoaufnahmen lässt sich jedoch ebenfalls eine stärkere Aktivität der Schulter am umgestalteten Arbeitsplatz erkennen.

VP S hat im Ist-Zustand teilweise sehr hohe, teilweise aber auch recht geringe Beanspruchungskennwerte. Am neuen Arbeitsplatz liegt die muskuläre Aktivität im Schulterbereich im Sitzen niedriger als im Stehen. Die höhere Aktivität im Stehen kann auch im direkten Zusammenhang mit der verstärkten Abstützung des Oberkörpers durch die Armstütze stehen.



Abbildung 94:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff, personen-spezifische Darstellung)



Bei der Beanspruchung des Schulterhebers werden die interindividuellen Unterschiede zwischen den Versuchspersonen besonders deutlich. Der personenübergreifende Vergleich (Abbildung 95, siehe Seite 159) zeigt, dass geringfügige Entlastungen durch die neue Gestaltung erkennbar sind, die aber durch die inter- und intraindividuellen Streuungen stark beeinflusst werden.

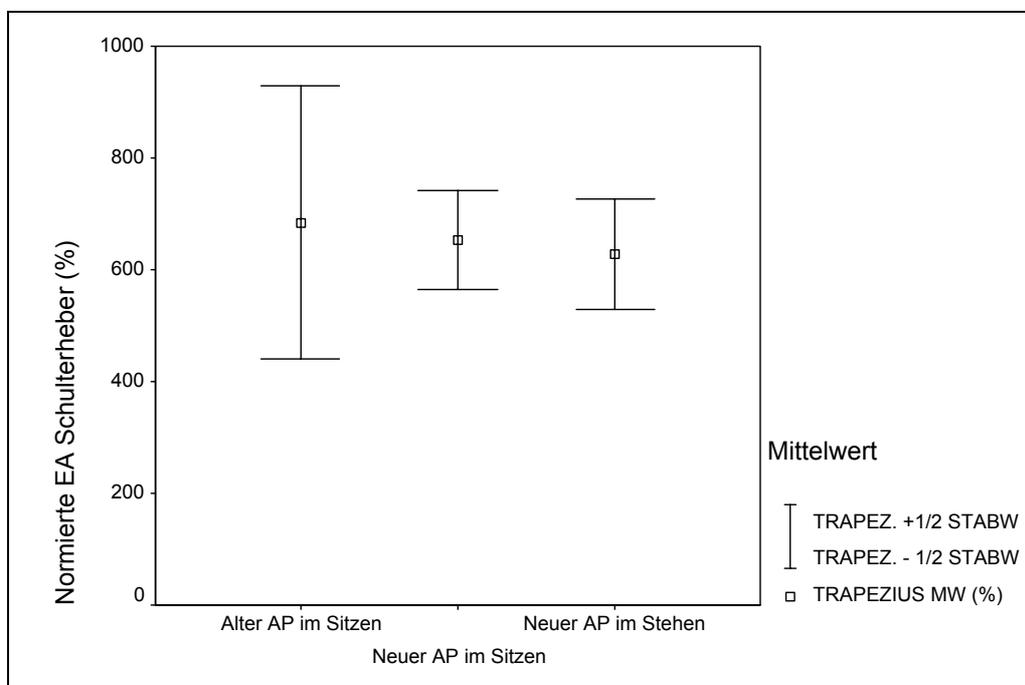
Gerade die Ergebnisse bei der Fa. Steiff weisen auf die große Bedeutung von Motivation, Übung und Training bei der Nutzung ergonomisch optimierter Arbeitssysteme hin. Nur wenn es gelingt, die Bereitschaft der Menschen für die Nutzung der neuen Funktion eines Arbeitsplatzes zu gewinnen, kann deren entlastende Funktion eingeübt und trainiert werden.

Der Wirbelsäule, Bandscheiben und Muskulatur entlastende Wechsel zwischen Sitzen und Stehen entfaltet erst dann seine positive Wirkung, wenn er in ausreichender Häufigkeit stattfindet. Damit die Akzeptanz für eine solche Veränderung der Arbeits-



bedingungen entsteht, müssen alle Randbedingungen für die Tätigkeitsausführung stimmig sein. Gerade die Gestaltung der Fußbedieneinheit muss auch im Stehen alle Funktionen gewährleisten, ohne dass daraus neue erschwerte Belastungen resultieren. Es ist aber auch darauf zu achten, bestehende Vorurteile und Widerstände gegen eine ungewohnte Veränderung zu überwinden und die Arbeitspersonen für eine Verbesserung zu motivieren.

Abbildung 95:
Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Steiff)



3.9.6 Beanspruchung in der Fa. Lowa

Der Vergleich der Beanspruchungen bei den Untersuchungen in der Fa. Lowa ließ Unterschiede zwischen den Bedingungen „Sitzen am alten Arbeitsplatz“ und „Sitzen und Stehen am neuen Arbeitsplatz“ erkennen.

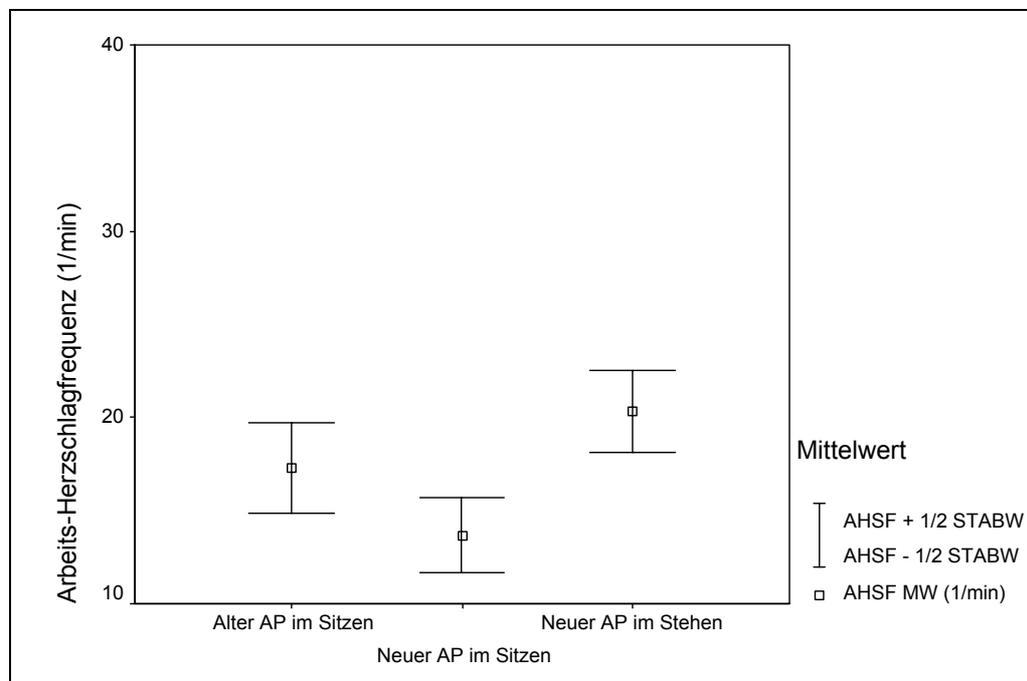
Wie Abbildung 96 (siehe Seite 160) zeigt, liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Sitzen um 4 Schläge/min niedriger als am bisherigen



Arbeitsplatz. Die mittleren Armbeschleunigungen beider Versuchsreihen sind annähernd gleich, die mittlere Versuchsdauer war bei den Versuchen am neuen Arbeitsplatz deutlich geringer. Die Messwerte am neuen Arbeitsplatz liegen sehr deutlich unterhalb der als Dauerbeanspruchungsgrenze bekannten Größe von ca. 35 Schlägen/min.

Abbildung 96:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der Arbeits-Herzschlagfrequenz (AHSF) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Iowa)



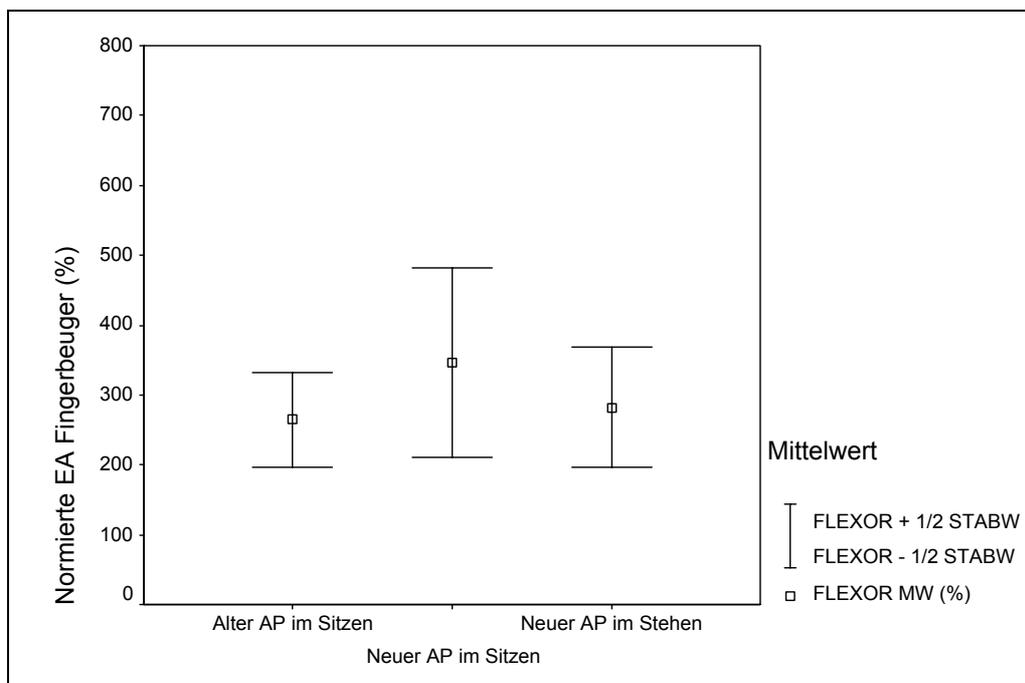
Der Vergleich zwischen dem alten Arbeitsplatz im Sitzen und dem neuen Arbeitsplatz in stehender Körperhaltung lässt erkennen, dass die verbesserte Arbeitsgestaltung in diesem Fall zu einer geringfügigen Zunahme der Beanspruchung geführt hat. Bei etwa gleicher Handbeschleunigung und gleicher Versuchsdauer liegt die mittlere Arbeits-Herzschlagfrequenz am neuen Arbeitsplatz im Stehen um 3 Schläge/min höher als am alten Arbeitsplatz im Sitzen. Der Beanspruchungsunterschied zwischen Sitzen und Stehen am neuen Arbeitsplatz liegt bei durchschnittlich 7 Schlägen/min.



Die Ergebnisse der Beanspruchungsanalyse bei der untersuchten Fingerbeugemusku-
latur zeigen bei beiden Arbeitspersonen die gleiche Tendenz (Abbildung 97). Die
mittlere elektrische Aktivität am optimierten Arbeitsplatz liegt im Sitzen etwas höher
als am bisherigen Arbeitsplatz, in stehender Körperhaltung etwa gleich hoch als am
bisherigen Arbeitsplatz. Die Streuung der Werte hat am neuen Arbeitsplatz generell
zugenommen. Das Aktivitätsniveau der Muskelgruppe ist vergleichsweise niedrig,
allerdings etwas höher als bei der Fa. Steiff.

Abbildung 97:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen
Aktivität (EA) des Fingerbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Lowa)



Die Tatsache, dass durch die veränderte Gestaltung des Arbeitsplatzes keine Aus-
wirkungen auf die Beanspruchung der Fingermuskulatur beobachtet werden konnten,
kann mit den Randbedingungen der Arbeit an der Säulenmaschine erklärt werden. Da
weder für Unterarm noch Hand Abstützmöglichkeiten nutzbar sind, treten auch keine
entsprechenden Wirkungen auf.

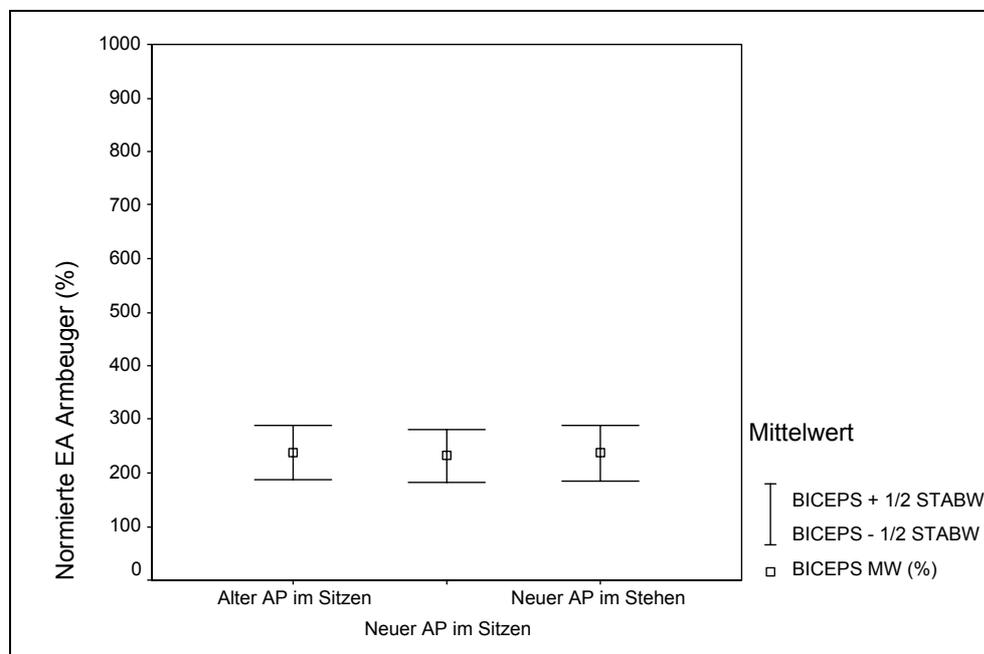


Die Beanspruchung des Armbeugers zeigt sich, wie auch bei den Untersuchungen bei der Fa. Steiff, vom Gestaltungszustand der Arbeitsplätze weitgehend unabhängig (Abbildung 98).

Auch bei der Fa. Lowa ist anzunehmen, dass der Armbeuger eher statische Arbeit leistet, die unabhängig vom Gestaltungszustand notwendig ist.

Abbildung 98:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armbeugers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Lowa)

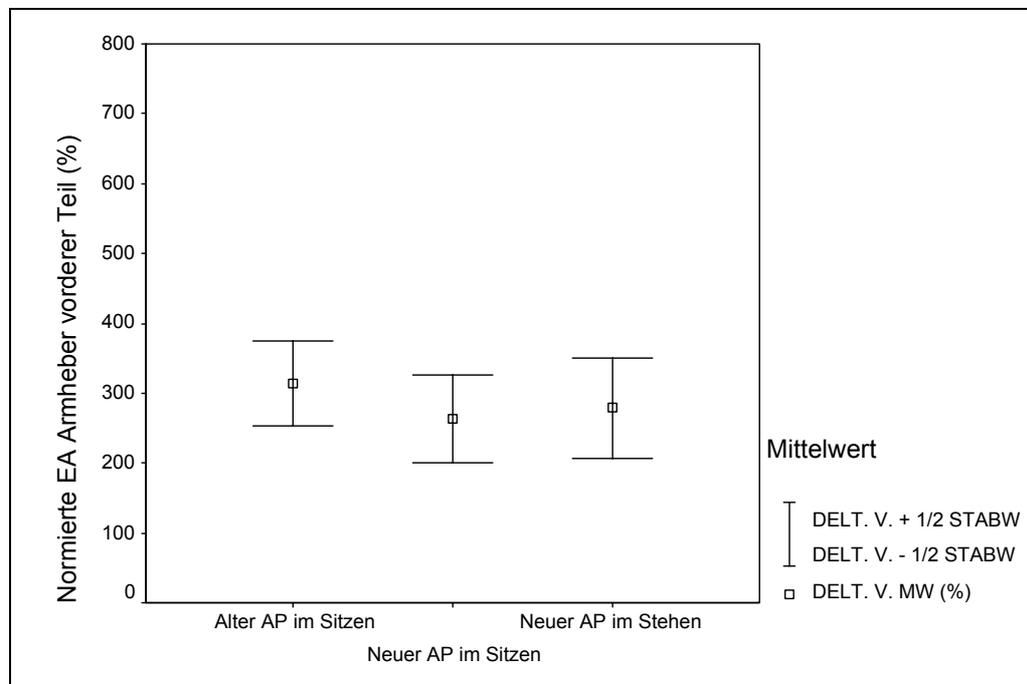


Der Armheber im vorderen Teil (Abbildung 99, siehe Seite 163) zeigt die bisher bei allen Untersuchungen erkennbare Entlastung am neuen Arbeitsplatz in sitzender Körperhaltung. Auch wenn die Ergebnisse nicht so eindeutig ausfallen, wie z. B. bei der Fa. Klotz, so weist die Reduzierung der muskulären Aktivität um fast 20 % dennoch auf eine Verbesserung durch die Umgestaltung des Arbeitsplatzes hin. Die stehende Körperhaltung am neuen Arbeitsplatz bewirkt zwar keine weitere Reduzierung der Beanspruchung, im Vergleich zur sitzenden Position am alten Arbeitsplatz wird aber auch hier die Entlastung deutlich.



Abbildung 99:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Armhebers (vorderer Teil) zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Lowa)



Ähnlich wie bei der Fa. Steiff wird auch bei der Fa. Klotz der Schulterheber insgesamt recht hoch beansprucht. Wie Abbildung 100 (siehe Seite 164) zeigt, sind auch bei dieser Muskelgruppe gestaltungsspezifische Unterschiede erkennbar.

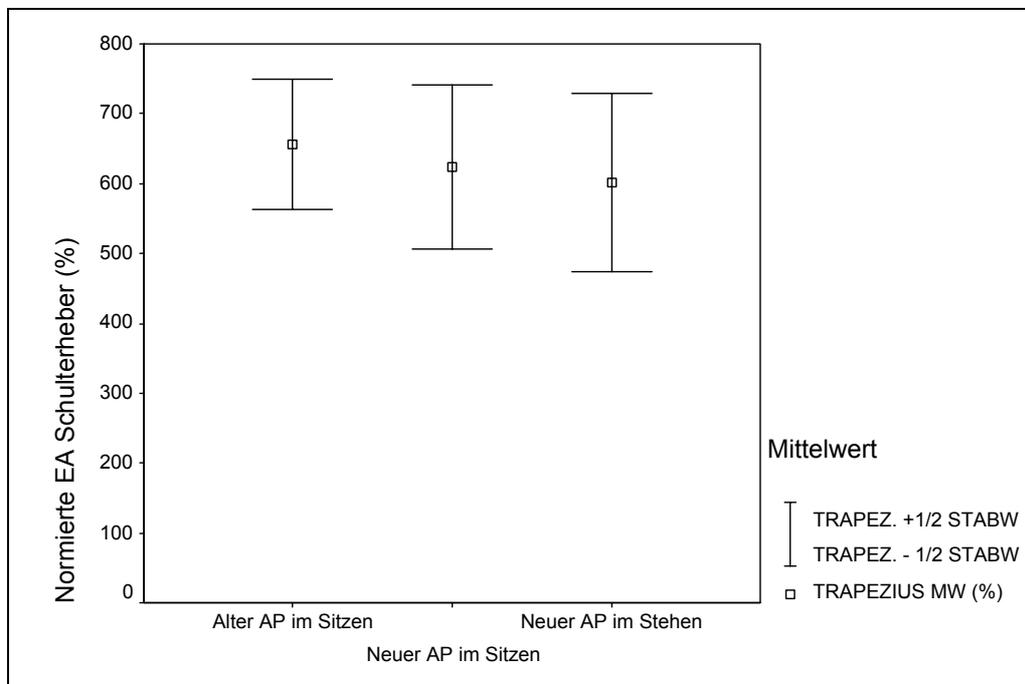
Während die Beanspruchung am bisherigen Arbeitsplatz die höchsten Werte aufweist, liegt sie am neuen Arbeitsplatz in sitzender Körperhaltung erkennbar darunter und nimmt in stehender Körperhaltung weiter ab, ganz ähnlich wie bei der Fa. Steiff. Die Streuung der Werte nimmt allerdings zu.

Auch bei der Fa. Lowa lassen sich entlastende Wirkungen der verbesserten Arbeitsgestaltung nachweisen. Ähnlich, wie bereits bei der Fa. Steiff erwähnt, ist auch in diesem Fall darauf hinzuweisen, dass bei den Messungen keinesfalls alle Anpassungs-, Übungs- und Trainingsvorgänge abgeschlossen waren. Dass trotz dieser Tatsache die Entlastungspotenziale der verbesserten Gestaltung bereits erkennbar wurden, spricht für die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen.



Abbildung 100:

Vergleich von Mittelwert (MW) und Standardabweichung (STABW) der elektrischen Aktivität (EA) des Schulterhebers zwischen Ist- und Soll-Zustand (Fa. Iowa)



3.10 Vergleichende Beurteilung der alten und neuen Arbeitssituation aus Sicht der Beschäftigten

Zum Vergleich zwischen den früheren alten und den nach ergonomischen Verbesserungen vorliegenden neuen Arbeitsplatzverhältnissen wurde ein zweiter Fragebogen „Vergleich Beanspruchung Ist-Zustand (alt) mit Soll-Zustand (neu)“ (siehe Anhang II) verwendet. Dieser war im Vergleich zum ersten Fragebogen allein zur Beurteilung der früheren Arbeitsverhältnisse – siehe Anhang I – weitaus differenzierter. Er umfasste insgesamt 41 zu beurteilende Merkmale und jeweils für Alt- und Neuzustand eine fünfstufige Beurteilungsskala von sehr geringen bis sehr hohen Beanspruchungen.

Da im Laufe des Forschungsvorhabens von eingangs acht teilnehmenden Firmen letztendlich vier Firmen übrig blieben, die nach Umgestaltung der Arbeitsplätze einen messtechnischen Vergleich zwischen neuem Soll- und altem Ist-Zustand zuließen, beschränkt sich die vergleichende Analyse der subjektiven Beanspruchung vor und nach



den ergonomischen Maßnahmen auf die unten angeführten vier Firmen mit insgesamt sieben Personen.

3.10.1 Einflussfaktoren

Aufgrund firmenspezifischer organisatorischer Rahmenbedingungen und logistischer Probleme bei den ergonomischen Umbaumaßnahmen lag häufig eine kurze Erprobungs- bzw. Beobachtungszeit für die Beschäftigten an den neuen Arbeitsplätzen vor. Diese beeinflussten die Befragungsergebnisse ebenso wie die starke Gewöhnung bzw. teilweise auch ergonomisch falsche Anpassung an die alten Arbeitsplatzverhältnisse. So ist zu berücksichtigen, dass auch aus Maßnahmen, die aus ergonomischer Sicht sinnvoll sind, mitunter negative Beurteilungen resultierten. Im Gegensatz dazu wurden zum Teil auch bei eindeutig einseitigen Arbeitsverrichtungen und hieraus resultierenden Beanspruchungen retrospektiv durchaus keine negative Schilderung bzw. keine hohe Beanspruchung angegeben.

Da nur wenige Personen befragt wurden und von erheblichen verzerrenden Einflüssen ausgegangen werden muss, wurde bewusst auf eine statistische Auswertung dieser Daten wie auch eine grafische Ergebnisdarstellung verzichtet. Vielmehr wird im Folgenden versucht, durch Bewertung der Angaben aus den einzelnen untersuchten Arbeitsbereichen bei den vier beteiligten Firmen die überstimmenden bzw. eindeutig plausiblen Angaben der befragten Näherinnen herauszufiltern. Diese können wiederum in Zusammenschau mit den vorliegenden wissenschaftlichen Messergebnissen einen Bewertungsmaßstab bzw. einen Mosaikstein in der Gesamtzusammenschau aller Ergebnisse darstellen.

3.10.2 Subjektive Bewertungsergebnisse aus der Fa. Steiff

Durch die im Abschnitt 3.6 näher beschriebene Arbeitsplatzumgestaltung mit höhenverstellbarem Arbeitstisch (Möglichkeit des Arbeitens auch im Stehen) und Abstützung im Armbereich wurde versucht, die Belastung zu reduzieren. Es galt die hieraus resultierende Beanspruchung zu vermindern, um sowohl messtechnisch als auch subjektiv die Arbeitsverhältnisse zu verbessern und Beschwerden vorzubeugen. Obwohl bei den



meisten Beurteilungsmerkmalen kein Unterschied zwischen der Arbeitsverrichtung im Sitzen oder im Stehen vorgetragen wurde, berichteten die Beschäftigten bei der Steharbeit eine leichte (um eine Stufe erhöhte) Beanspruchung im Bereich der Fuß- und Beinmuskulatur, was sich mit elektromyografischen Befunden reproduzieren ließ. Bei der in der Fa. Steiff zu fordernden anspruchsvollen Feinarbeit mit verstärkter Anforderung an Konzentration und Fingerfertigkeit favorisierten die Beschäftigten die sitzende Näharbeit, wobei aber die zumindest bei den früheren Arbeitsbedingungen auftretenden Schulter-Nacken-Beschwerden als sehr störend empfunden wurden. Durch die geänderten Arbeitsbedingungen mit größerer Arbeitsplatte, Armauflagen und die veränderte Führung des Nähgutes mit den Händen schilderte eine Frau merkliche Verbesserungen im Bereich der oberen Extremitäten einschließlich der Schulter-Nacken-Region. Auch die zweite Frau sah eine deutliche Verbesserung von mittlerer Belastung auf sehr geringe Belastung, da keine Haltearbeit mehr geleistet wurde und eine muskuläre Entspannung infolge der Abstützung im Oberarmschulterbereich resultierte. Wegen verbesserter Einsehbarkeit des Nahbereiches um die Nadel herum wurde auch die Beanspruchung des Hals-Nacken-Bereiches verringert, dagegen wegen der Abstützung eine leichte Fixierung des Oberkörpers verspürt. Aus einer zusätzlichen Verbesserung der Beleuchtung resultierte eine geringere Beanspruchung der Augen.

Der bei den früheren Arbeitsverhältnissen zu stark eingeengte Knieraum und die schlechte Position bzw. Neigung des Auslöse-Fußpedals wurden nach ergonomischer Anpassung deutlich besser mit gut bis sehr gut im Vergleich zu vorher befriedigend bzw. mangelhaft bewertet. Die Armabstützung wurde nur dann als Verbesserung gewertet, wenn gute Verstellbarkeit, Polsterung bzw. Abrundung und ausreichende Höhenanpassung gewährleistet waren.

3.10.3 Subjektive Bewertungsergebnisse aus der Fa. Berger

In dem Kleinbetrieb konnte aufgrund der betrieblichen Struktur und Arbeitsorganisation nur ein Arbeitsplatz in unmittelbarer Nähe zu einer Durchgangstür umgestaltet werden. Infolge dessen waren die Ergebnisse hinsichtlich Umgebungseinflüssen



eingeschränkt verwertbar. Durch die Umgestaltung zeigte sich im Bereich des Schultergürtels und der oberen Extremitäten keine wesentliche subjektive Veränderung der Beanspruchung, wohingegen sich für den Fußraum durchgehend bessere Bewertungsnoten aufgrund des neuen Fußpedals mit größerem nutzbaren Freiraum und besserem Körperhaltungswechsel ergaben. Auch die zusätzliche Arbeitsplatzleuchte mit deutlich hellerer Ausleuchtung wurde positiv bewertet.

Die Ausführung mancher Tätigkeiten im Stehen war ungewohnt, die größere Arbeitstischtiefe wurde als hinderlich und das längere Stehen als subjektiv schlechter beurteilt. Die Ergebnisse sind jedoch durch häufigen Personalwechsel und die geringe Einarbeitungszeit am neuen Arbeitsplatz nur eingeschränkt zu bewerten.

3.10.4 Subjektive Bewertungsergebnisse aus der Fa. Lowa

Die befragten zwei Mitarbeiterinnen beurteilten durchgängig bei der überwiegenden Zahl der abgefragten Merkmale die Tätigkeit als zumindest gleich, wenn nicht etwas besser am neuen Arbeitsplatz. Insbesondere der Schulter-Hals-Nacken-Bereich wurde entlastet und auch die Brust- und Lendenwirbelsäulen-Beanspruchung verbesserte sich um drei Stufen. Unabhängig von der Umgestaltung transportierte die neue Nähmaschine besser und ermöglichte ein leichteres Arbeiten, der Fußraum bot mehr Platz und die Höhenverstellbarkeit des Tisches ließ ein entspannteres Arbeiten zu. Die Armstützen wurden lediglich bei kleinen Teilen als positiv beurteilt, wobei der Bewegungsraum nicht zu stark eingeengt werden sollte. Trotz der hierdurch resultierenden Bewegungseinschränkung wurde dennoch über eine leichte Entlastung von Oberarm und Schulter berichtet.

3.10.5 Subjektive Bewertungsergebnisse aus der Fa. Klotz

Die Arbeit wurde von den zwei befragten Näherinnen als leicht bis mittelschwer bezeichnet. Die aus der Tätigkeit herrührenden Beanspruchungen während der Tätigkeit am alten Arbeitsplatz wurden im Fragebogen 2 mit gering angegeben. Nach den Umbaumaßnahmen mit Möglichkeit der Tischneigung und Armauflagen waren die Beanspruchungen bei folgenden Merkmalen bzw. Körperregionen nur noch mit sehr



gering und wurden mit der besten Note beurteilt: Ober- und Unterarme sowie Augen wegen der Verbesserungen an Tisch, Armauflagen und im Bereich der Nähmaschinenadel, die Körperhaltung sowie der Fußfreiraum infolge der neuen Auslösepedaleigenschaften mit besserer Bedienbarkeit, Erreichbarkeit und Positionierung. Die Näherinnen beurteilten die Arbeitsplatzverhältnisse nach den Umbaumaßnahmen bezüglich Arbeitstisch, Nähmaschine und den Verhältnissen Stuhl-Nähmaschine-Fußpedal bzw. Stuhl-Nähmaschine-Arbeitstisch als optimal.

3.10.6 Zusammenfassung

Insgesamt zeigt sich die Notwendigkeit einer intensiven Begleitung der Beschäftigten an Näharbeitsplätzen, die ergonomisch verbessert werden sollen. Nur durch eine intensive Aufklärung, Information und Mitbeteiligung der Beschäftigten kann erreicht werden, dass die – durch messtechnische Daten – belegte Arbeitserleichterung auch subjektiv positiv angenommen und die verbesserten Arbeitsbedingungen langfristig beibehalten werden. Die alleinige Abänderung bzw. Zurverfügungstellung von neuen Arbeitsmitteln führt oft zu überwiegend unbegründeter Ablehnung. Es ist ratsam, zunächst aufgeschlossene Personen für Änderungsmaßnahmen heranzuziehen und diese als Vorreiter zum Propagieren von diesen Maßnahmen einzusetzen. Weiterhin zeigte sich, dass die Feinjustierung von Zusatzbauteilen wie Armstützen und die exakte Ausrichtung auf den jeweiligen Arbeitsvorgang und die individuellen Körpermaße unabdingbar sind, um die gewünschte positive Einstellung der Mitarbeiter zu den neuen Arbeitsplatzverhältnissen zu erreichen.