

**Aus der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik
(Department) Tübingen
Abteilung Innere Medizin V Sportmedizin
(Schwerpunkte: Leistungsmedizin, spezielle Prävention, spezielle
Rehabilitation)
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. A. Nieß**

**Feedback zur Veränderung von individuellen habituellen
Haltungspositionen – Können durch
Feedbackmechanismen Veränderungen der Haltung und
eine daraus resultierende Verbesserung von
Rückenproblemen erzielt werden?**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Christina Waibel
aus
Mutlangen**

2008

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. T. Horstmann

2. Berichterstatter:

Professor Dr. H.-P. Kaps

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Grundlagen	10
2.1	Pathologie und Pathophysiologie von Rückenschmerzen.....	10
2.2	Definition und Einteilung von Rückenschmerzen	11
2.3	Prognose von Rückenschmerzen	12
2.4	Therapie von Rückenschmerzen	12
2.4.1	Nichtmedikamentöse Therapie	13
2.4.2	Pharmakotherapie.....	16
2.4.3	Chirurgische Maßnahmen.....	18
2.5	Schlechte Sitzhaltung als Ursache von Rückenproblemen bzw. Rückenschmerzen	19
2.6	Haltungstrainingsmethoden	22
2.6.1	Ergonomische Gestaltung in Kombination mit bewusster Haltung.	23
2.6.2	Rückenschulen	23
2.6.3	Rückengürtel, Sitzkeile und Lendenkissen	24
2.6.4	Haltungstrainer mit Feedbacksystem.....	26
2.6.5	Weiter Methoden zur Beeinflussung der Haltung.....	29
2.7	Wissenschaftliche Fragestellung.....	31
3	Probanden und Methoden	32
3.1	Probanden	32
3.2	Messmethoden	33
3.2.1	Kraft der Rückenstrecker Muskulatur.....	34
3.2.2	Mobilität der Wirbelsäule.....	36
3.2.3	Subjektives Wohlbefinden mittels Fragebogen	38
3.2.4	Statische Haltungsaufnahmen der Wirbelsäule	39
3.3	Funktion und Anwendung des Feedbacksystems.....	45
3.4	Versuchsablauf	47
3.5	Statistische Methoden.....	49
4	Ergebnisse	50

4.1	Probandenbeschreibung	50
4.2	Gruppeneinteilung und Untersuchungszeitpunkte	51
4.3	Studientagebuch	52
4.3.1	Vergleich der Tagestragezeiten	53
4.3.2	Vergleich der Gesamttragezeiten.....	54
4.4	Anmerkung zum Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte .	55
4.5	Kraft	56
4.5.1	Vergleich der Kraftwerte aller Untersuchungszeitpunkte zwischen Frauen und Männern.....	56
4.5.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	59
4.6	Mobilität.....	60
4.6.1	Vergleich der Mobilitätswerte aller Untersuchungszeitpunkte zwischen Frauen und Männer	60
4.6.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	63
4.7	Subjektives Wohlbefinden mittels California Functional Evaluation - Fragebogen.....	63
4.7.1	Ausgewertete Fragen.....	63
4.7.2	Mittlere Differenz der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	64
4.7.3	Alter der Probanden.....	65
4.7.4	Schmerzmitteleinnahme der Probanden.....	66
4.7.5	Rückenschmerzen in Korrelation	66
4.7.6	Rückenschmerzen vor und nach der Haltungstrainerphase	66
4.8	Kyphosewinkel	69
4.8.1	Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in Grad	69
4.8.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	69
4.9	Lordosewinkel	70
4.9.1	Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in Grad	70
4.9.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	70
4.10	Lotabweichung.....	71
4.10.1	Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm	71
4.10.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	71
4.11	Rumpfneigung.....	72

4.11.1	Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm	72
4.11.2	Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	72
4.12	Seitabweichung	73
4.12.1	Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm	73
4.12.2	Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	73
4.13	Kommentare zum Haltungstrainertragekomfort und Förderung des Haltungsbewusstseins	74
5	Diskussion	75
5.1	Diskussion der Fragestellung	75
5.2	Diskussion der Ergebnisse	76
5.3	Diskussion der Methodik	85
5.4	Schlussfolgerung und Ausblick	88
6	Zusammenfassung	90
7	Literaturverzeichnis	92
8	Danksagung	100
9	Lebenslauf	101
10	Anhang	102

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: DAVID 110 System.....	35
Abbildung 2: Finger-Boden-Abstand	37
Abbildung 3: Rasterstereographie	42
Abbildung 4: Kyphose- und Lordosewinkel	43
Abbildung 5: Der ZEGRA-Haltungstrainer	46
Abbildung 6: Firma und Geschlechterverteilung der Probanden	50
Abbildung 7: Altersverteilung der Probanden	51
Abbildung 8: Vergleich der Tragezeiten	54
Abbildung 9: Gesamttragedauer pro Proband nach Tagebuch und Gerät (mit 1. Winkelhalbierender)	55
Abbildung 10: Kraftwerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 2.....	57
Abbildung 11: Kraftwerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 3.....	57
Abbildung 12: Kraftwerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 2.....	58
Abbildung 13: Kraftwerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 3.....	58
Abbildung 14: Mobilitätswerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 2	61
Abbildung 15. Mobilitätswerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 3	61
Abbildung 16: Mobilitätswerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 2	62
Abbildung 17: Mobilitätswerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 3	62
Abbildung 18: CAFE-40 und Alter der Probanden.....	65
Abbildung 19: Schmerzen im Ruhezustand	67
Abbildung 20: Schmerzen beim Arbeiten	67
Abbildung 21: Schmerzen beim Gehen.....	68
Abbildung 22: Schmerzen bei Freizeitaktivitäten.....	68

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Physiotherapeutische Maßnahmen	14
Tabelle 2: Erweiterte physiotherapeutische Maßnahmen.....	15
Tabelle 3: Einteilung der Gruppen und zeitlicher Ablauf.....	48
Tabelle 4: Altersverteilung der Probanden	51
Tabelle 5: Gruppeneinteilung und Untersuchungszeitpunkte	52
Tabelle 6: Ausschnitt der Haltungstrainertragezeiten	53
Tabelle 7: Kraftwerte aller vier Untersuchungszeitpunkte von Frauen und Männern in Nm.....	56
Tabelle 8: Mobilitätswerte aller vier Untersuchungszeitpunkte von Frauen und Männern in cm	60
Tabelle 9: Mittlere Differenzen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte des CAFE-40	65
Tabelle 10: Korrelation der einzelnen Schmerzzustände	66
Tabelle 11: Kyphosewinkel, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte ...	69
Tabelle 12: Kyphosewinkel, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	69
Tabelle 13: Lordosewinkel, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte	70
Tabelle 14: Lordosewinkel, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	70
Tabelle 15: Lotabweichung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte... 71	
Tabelle 16: Lotabweichung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	71
Tabelle 17: Rumpfneigung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte....	72
Tabelle 18: Rumpfneigung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	72
Tabelle 19: Seitabweichung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte..	73
Tabelle 20: Seitabweichung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte	73
Tabelle 21: Haltungstrainerstudien.....	78

1 Einleitung

Rückenschmerzen sind nicht nur epidemiologisch [114], sondern auch individualmedizinisch ein bedeutendes Gesundheitsproblem. Hohe Erkrankungs- und Arbeitsunfähigkeitsraten führen zu hohen direkten und noch mehrfach höheren indirekten Kosten, insbesondere durch Produktionsausfall für die Gesellschaft [65, 70].

Etwa 80-90% der Bevölkerung westlicher Industrienationen erkranken mindestens einmal in ihrem Leben an Rückenschmerzen [89]. 60-80% der deutschen Bevölkerung hatten schon einmal in ihrem Leben Kreuzschmerzen [93]. In hausärztlichen Praxen gehören diese zu den häufigsten Gründen, weshalb Patienten einen Arzt konsultieren (Praxisprävalenz/Woche: 8%) [10]. Zum heutigen Zeitpunkt existiert kaum ein Krankheitsbild, das bezüglich der Prävalenz- und Inzidenzraten eine vergleichbar ansteigende Tendenz aufweisen kann [89]. Die aktuelle Punktprävalenz von Rückenschmerzsyndromen wird in den westlichen Industrieländern auf 30-40%, die jährliche Inzidenzrate auf 15-25% geschätzt [88]. Schmerzen der Lendenwirbelsäule und Verletzungen sind bei Personen im Alter von 30-60 Jahren das häufigste Gesundheitsproblem [18] und bei unter 45-Jährigen der häufigste Grund für eine Behinderung [90].

Einer Untersuchung von Raspe & Kohlmann zufolge [93] entwickeln ca. 37% der Betroffenen chronisch persistierende oder rezidivierende Schmerzen. Nur 40% der Personen, die länger als sechs Monate rüchenschmerzbedingt ausfallen, kehren an ihren Arbeitsplatz zurück. Die Zahl reduziert sich um ca. weitere 2 %, wenn die Arbeitsunfähigkeit ein Jahr lang anhält [113]. Klenerman et al. [60] konnten in ihrer Untersuchung belegen, dass sich bereits nach zwei Monaten abzeichnet, welche Personen gefährdet sind, chronische Schmerzen zu entwickeln. Diesem Befund nach erscheint es geboten, bereits im frühen Stadium (4.-12. Erkrankungswoche) Präventionsmaßnahmen einzuleiten, die eine Chronifizierung von Rückenschmerzen verhindern.

Chronische Verläufe von Rückenschmerzen gehören zu den größten Herausforderungen, mit denen die Gesundheitssysteme in Deutschland und

anderen industrialisierten Ländern konfrontiert sind [88]. Die erheblichen Kosten, die durch Rückenschmerzkrankungen verursacht werden, belaufen sich gemäß neueren Schätzungen auf ca. 17 Mrd. Euro im Jahr. Nach einer Studie des Pharmakonzerns Pharmametics [89] stellt der indirekte Kostenanteil, der durch Arbeitsunfähigkeit und Frühberentungen verursacht wird, mit ca. 12 Mrd. Euro den größten Anteil dar.

Aus den genannten Gründen wurde ein Feedbacksystem zur Haltungsrückmeldung (ZEGRA-Haltungstrainer Fa. P. Fischer) entwickelt. Dieses im Alltag jederzeit anwendbare Haltungstrainer-Feedbackgerät erinnert seinen Benutzer durch Vibrationsfeedback an eine aufrechte Körperhaltung im Sitzen.

In dieser Studie wird mithilfe dieses Haltungstrainers untersucht, ob durch Feedbackmechanismen Veränderungen der Haltung und eine daraus resultierende Verbesserung von Rückenproblemen erzielt werden können.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird das Thema Rückenschmerzen in seinen Grundlagen erläutert. Dabei wird genauer auf das Training von gesunder Sitzhaltung eingegangen und ob diese Auswirkung auf die Rückengesundheit haben kann.

2.1 Pathologie und Pathophysiologie von Rückenschmerzen

Rückenschmerzen können durch eine Vielzahl somatischer, insbesondere vertebraler, aber auch extravertebraler Erkrankungen verursacht werden. Auf der Grundlage somatisch bedingter Rückenschmerzen oder auch ohne ein primär somatisches Korrelat [113] können sich unter Beteiligung psychischer und sozialer Mechanismen chronifizierte Rückenschmerzen entwickeln, die dann maßgeblich das Beschwerdebild bestimmen.

Bedeutendste somatische Ursache von Rückenschmerzen stellt dabei die degenerative Wirbelsäulenerkrankung dar. Anhaltend starke axiale Druckbelastung durch den aufrechten Gang und verlangsamter Stoffaustausch im Zwischenwirbelabschnitt durch mangelnde Bewegung sind wesentlich für das frühzeitige Auftreten degenerativer Veränderungen der Bandscheiben beim Menschen verantwortlich. Zur Bandscheibendegeneration gehören Quelldruckverlust, Rissbildung und Zermübbungserscheinungen, die insgesamt eine Segmentlockerung hervorrufen. Im Rahmen degenerativer Wirbelsäulenveränderungen kann es zu intradiskalen Massenverschiebungen im Zwischenwirbelabschnitt mit Sequesterbildung kommen. Mechanische Bedrängung und entzündliche Prozesse können zu einem wechselnden Irritationszustand der Nozizeptoren in der Nervenwurzel und in Wirbelgelenkkapseln und der Bänder mit entsprechender reflektorischer Reaktion in den Muskeln führen. Ausmaß und Charakter der Schmerzen sowie der Erkrankungsverlauf werden insbesondere bei chronischen Rückenschmerzen oft nur unzureichend durch die zu erhebende Befunde erklärt und sind abhängig von einer Vielzahl weiterer Faktoren. Hier spielen biologische, psychische, berufliche Faktoren und Faktoren der Lebensweise

eine Rolle. Einige dieser Risikofaktoren, wie z. B. biologische und berufliche, fördern oder bedingen degenerative Veränderungen, andere tragen wesentlich zum Chronifizierungsprozess bei [55].

2.2 Definition und Einteilung von Rückenschmerzen

- Einteilung in unspezifische und spezifische Rückenschmerzen:

Oft wird pragmatisch zwischen „**unspezifischen**“ und „**spezifischen**“ Rückenschmerzen unterschieden. **Unspezifische** Rückenschmerzen werden dabei als solche definiert, bei denen sich im Gegensatz zu den spezifischen keine Hinweise auf ursächliche Erkrankungen, wie z. B. Frakturen, Tumore oder Entzündungsprozesse finden lassen.

- Einteilung von Rückenschmerzen nach ihrer Lokalisation:

Bei degenerativen Wirbelsäulenerkrankungen unterscheidet man je nach Lokalisation **Zervikal-, Thorakal-, und Lumbalsyndrome**. Zwei Drittel der Erkrankungen entfallen auf den unteren Abschnitt der Lendenwirbelsäule. Bleiben die Beschwerden auf die betroffene Wirbelsäulenregion beschränkt, spricht man von einem **lokalen Syndrom**, an der Lendenwirbelsäule von einem lokalen Lumbalsyndrom. Das lokale Lumbalsyndrom entspricht dem „simple backache“ und bedeutet einfacher unkomplizierter Rückenschmerz. Strahlen die Schmerzen durch Wurzelkompression in die unteren Extremitäten aus, so bezeichnet man dies als **lumbales Wurzelsyndrom** bzw. **Ischialgie**, wobei je nach Anzahl der affizierten Nervenwurzeln weiterhin zwischen einem mono- und polyradikulären Syndrom unterschieden werden kann. Oft gibt es jedoch ausstrahlende Schmerzen auch ohne Wurzelkompression. Das Kaudasyndrom stellt eine besonders schwere Form des polyradikulären lumbalen Wurzelsyndroms dar. Die resultierenden unterschiedlichen neurologischen Ausfälle erfordern unterschiedliche therapeutische Konsequenzen [55].

- Einteilung von Rückenschmerzen nach ihrer Dauer:

Nach ihrem zeitlichen Auftreten und somatischen sowie psychosozialen komplizierenden Faktoren lassen sich **akute** (Dauer < 4 Wochen), **subakute**

(Episodendauer 4 Wochen bis 3 Monate) oder **chronische bzw. rezidivierende** (> 3 Monate) Rückenschmerzen unterscheiden, wobei sich bei den chronifizierten Beschwerden das Schmerzgeschehen aufgrund psychosozialer Faktoren weitgehend verselbständigt hat.

- **Definition:**

Akuter Rücken-, Kreuzschmerz oder Lumbago ist ein Symptomenkomplex mit akutem, regional begrenztem Schmerz, unterschiedlich ausgeprägter Funktionsstörung und möglicherweise weiteren Symptomen, die einen Teil einer morphologisch definierten Erkrankung sein können [20].

- **Definition:**

Chronischer, rezidivierender unspezifischer Rückenschmerz (engl. Low back pain) wird definiert als Symptomenkomplex von regional begrenztem Schmerz und unterschiedlich ausgeprägter Funktionsstörung der Wirbelsäule; typisch ist die Neigung zu Rezidiven und bei wiederholtem Auftreten die Entwicklung einer chronischen Schmerzkrankheit. Unspezifischer Rückenschmerz ist keine nosologische Diagnose. Eine neurologische Symptomatik besteht nicht [19].

2.3 Prognose von Rückenschmerzen

Meist bessern sich die Kreuzschmerzen innerhalb von 4-6 Wochen. Doch obwohl die Mehrzahl der Patienten ihre gewohnten Tätigkeiten bzw. ihre Arbeit wieder aufnehmen können, leiden mehr als 45% der Betroffenen nach einem Jahr noch immer oder erneut an Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen [21, 100].

2.4 Therapie von Rückenschmerzen

Der Therapieansatz muss die multikausale Genese insbesondere chronischer Rückenschmerzen berücksichtigen. Die verschiedenen Formen der Therapie

haben für die unterschiedlichen Formen und Schweregrade des Rückenschmerzes eine unterschiedliche Bedeutung. So können psychotherapeutische Aspekte und interdisziplinäre Behandlung insbesondere bei chronischen bzw. chronifizierten Beschwerden indiziert sein. Das therapeutische Vorgehen ist den subjektiven Beschwerden sowie der neurologischen Symptomatik anzupassen.

Das Ziel der Behandlung besteht einerseits darin, den Patienten möglichst schmerzfrei und funktionstüchtig zu halten, so dass er seinen täglichen Aktivitäten ohne wesentliche Behinderung nachgehen kann, sowie andererseits darin, eine Chronifizierung des Schmerzes zu verhindern. Hauptaufgabe der einzelnen therapeutischen Maßnahmen ist es, den Circulus vitiosus „Schmerz-Verspannung- Fehlhaltung/Fehlverarbeitung- Schmerz“ zu unterbrechen [55].

In der folgenden Therapieübersicht sind die Empfehlungen der Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft [55] und der Deutschen Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation [19, 20] zusammengefasst.

2.4.1 Nichtmedikamentöse Therapie

- Beratung:

Zur anschaulichen Erklärung des Krankheitsbildes, Belehrung über die möglichst rasche Wiederaufnahme der Aktivität, Übungen, auch im Rahmen von Sport und Training. Bei chronifizierten Rückenschmerzen kann eine weitergehende psychotherapeutische Betreuung erforderlich sein.

- Bettruhe:

Bei akuten und chronischen Rückenschmerzen nur im Ausnahmefall, maximal für 2 Tage, sofern keine radikulären Schmerzen vorliegen. Bei unkomplizierten Rückenschmerzen ist möglichst weitgehende Beibehaltung oder baldige schrittweise Wiederaufnahme der täglichen körperlichen Aktivität anzustreben.

- Entlastung:

Als Beispiel sei die Stufenlagerung genannt, die besonders bei radikulären Schmerzen lindernd ist.

- Wärme:

Indiziert, v.a. in der Anfangsphase der Erkrankung sind in der Regel alle Formen der Wärmeapplikation wie Heizkissen, Fangopackungen, Wärmflasche, bei chronischen Rückenschmerzen auch Bäder. Bei akuten Rückenschmerzen werden manchmal auch Kälteapplikationen als wohltuend und schmerzlindernd empfunden.

- Bewährte physiotherapeutische Maßnahmen und charakteristische Therapiewirkungen:

Tabelle 1: Physiotherapeutische Maßnahmen

Wärmebehandlung incl. Kurzwellentherapie	zur Lösung erhöhten Muskeltonus und zur Verbesserung lokaler Durchblutung
Kryotherapie	zur lokalen Schmerzdämpfung (vorrangig bei hoher Schmerzintensität)
Ultraschalltherapie	zur Schmerzlinderung
Elektrostimulation	zur Schmerzdämpfung und zur Muskelkräftigung
Massagebehandlung (Unterwassermassage)	Detonisierung hypertoner Muskulatur
Krankengymnastik	zur Muskelkräftigung, Schmerzlösung Mobilisierung kontrakter Segmente, Ausgleich muskulärer Dysbalancen
Manuelle Therapie (Manipulation durch Ärzte)	Gelenkblockierung
Manuelle Therapie (Weichteiltechniken usw.)	zur segmentalen Mobilisierung und Stabilisierung

In einem erweiterten Programm zu empfehlen:

Tabelle 2: Erweiterte physiotherapeutische Maßnahmen

Bindegewebsmassage	zur reflektorischen Schmerzhemmung
Krankengymnastik	Korrektur von Fehlstatik
Therapieschwimmen und Medizinische Trainingstherapie	zur Muskelkräftigung, verbesserten Schmerzverarbeitung, allgemeiner Konditionierung
Rückenschule	zur langfristigen Verhaltenskorrektur
Massagen	zur Stabilisierung

- Orthesen:

Der Anwendung passiver therapeutischer Maßnahmen wie Rumpforthesen sollte eine kritische fachärztliche Indikationsstellung vorausgehen.

- Akupunktur:

Systematische Reviews und Metaanalysen [41, 106, 108] weisen auf die unzureichende Datenlage zur Beurteilung der Wirksamkeit der Akupunktur bei akuten und chronischen Rückenschmerzen hin, insbesondere im Vergleich zu Placebo.

- Sekundärprävention:

- Allgemeine Maßnahmen:

Allgemeine Maßnahmen zur Lebensführung (regelmäßige körperliche Bewegung, Training der Rückenmuskulatur, ergonomische Anpassung am Arbeitsplatz, Entspannungstechniken usw.) haben zum Ziel, die Häufigkeit und Schwere von Rückenschmerzen zu vermindern.

- Rückenschule:

Im Wesentlichen bestehen die Lerninhalte der Rückenschule aus drei Teilen:

1. Information über Bau und Funktion der Wirbelsäule.

2. Systematisches Erlernen von Rückenschulregeln.
 3. Aktiver Wirbelsäulenschutz durch Krankengymnastik und Sport, wobei eine Erläuterung der wirbelsäulenstabilisierenden Sportarten wichtig ist.
- Multimodale, interdisziplinäre Schmerzbehandlung bei chronischen Rückenschmerzen:
Das therapeutische Vorgehen besteht aus:
 1. Einem konsequenten körperlichem Training.
 2. (Kognitiv-) Verhaltenstherapeutischen Behandlungsmaßnahmen zur Veränderung eines maladaptiven, auf Ruhe und Schonung ausgerichteten Krankheitsverhaltens.
 3. Ergotherapeutischen Maßnahmen (work hardening), die auf die individuellen Arbeitsplatzanforderungen ausgerichtet sind.

2.4.2 Pharmakotherapie

Die Pharmakotherapie von Rückenschmerzen ist symptomatisch und soll die nichtmedikamentösen Maßnahmen unterstützen. Aufgrund der geringeren Nebenwirkungen sollten zunächst Nicht-Opioid-Analgetika (Paracetamol), bei unzureichender Wirkung nichtsteroidale Antiphlogistika/Antirheumatika (NSAR) eingesetzt werden. Bei mit dieser Medikation nicht zu beherrschenden Schmerzzuständen kann eine kurzfristige Gabe von Opioid-Analgetika gerechtfertigt sein.

- Analgetika (Nicht-Opioide):

In der Therapie von Rückenschmerzen ist allein das Paracetamol von Bedeutung. Es besitzt zwar keine antiphlogistischen Eigenschaften, wie NSAR, scheint aber in der analgetischen Wirkung bei der Behandlung von akuten und chronischen Rückenschmerzen vergleichbar zu sein. Hinzu kommt, dass

Paracetamol im Vergleich zu NSAR eine geringere Rate an unerwünschten Wirkungen hat.

- Nichtsteroidale Antirheumatika/Antiphlogistika (NSAR):

Nichtsteroidale Antirheumatika verfügen über die Wirksamkeit bei Rückenschmerzen, jedoch auch über ein erhebliches Nebenwirkungs- und Interaktionspotenzial. Zu beachten ist das häufigere Auftreten von gastrointestinalen und renalen Nebenwirkungen der NSAR im höheren Lebensalter. NSAR sind: Acetylsalicylsäure, Diclofenac, Ibuprofen, Naproxen.

- Opioid-Analgetika:

Bei schwersten akuten, auf andere analgetisch wirkende Substanzen refraktären Rückenschmerzen, oder bei Unverträglichkeit anderer Analgetika können Opioide (Tramadol, Tilidin und Naloxon) kurzfristig (normalerweise bis zu 3 Tagen, jedoch maximal 2-3 Wochen) gegeben werden. In Ausnahmefällen sind stark wirkende Opioid-Analgetika in retardierter Form (z.B. Morphin oder Buprenorphin) der Stufe drei des Stufenplanschemas der WHO sinnvoll und notwendig. Die Indikationsstellung bei chronischen Rückenschmerzen sollte in Beratung mit einem in der Schmerztherapie erfahrenen Kollegen erfolgen, da Nebenwirkungs- und Abhängigkeitspotenzial zu beachten sind.

- Myotonolytika:

Myotonolytika (Tetrazepam, Tizanidin) können kurzfristig ergänzend eingesetzt werden, wenn Muskelspasmen im Vordergrund stehen und nichtmedikamentöse Maßnahmen keine Besserung bewirken. Bei den meisten Myotonolytika sind Sedierung und ggf. Beeinträchtigungen der Fahrtauglichkeit zu beachten. Insbesondere bei Benzodiazepinen (Tetrazepam, Diazepam) kommt die Gefahr der Abhängigkeit hinzu, deswegen ist hier die Indikation kritisch zu hinterfragen.

- Antidepressiva:

Bei der nicht seltenen Koinzidenz von chronischen Rückenschmerzen und depressiven Symptomen und/oder Schlafstörungen kann eine Behandlung mit Antidepressiva indiziert sein.

- Perkutan applizierbare Antiphlogisika und Hyperämika:

Auch Externa wie Einreibungsmittel mit Salicylsäurederivaten, hyperämisierenden Stoffen und etherischen Ölen sind sehr beliebt. Sie verbessern möglicherweise auch durch die lokale Massagewirkung die Befindlichkeit des Patienten.

- Lokale Injektionsbehandlungen:

- Subkutane/intramuskuläre Infiltrationen von Lokalanästhetika und/oder Glucocorticosteroiden im Bereich paravertebraler „Triggerpunkte“.
- Intraartikuläre (Facet-)Injektion von Lokalanästhetika und/oder Glucocorticosteroiden in die Zwischenwirbelgelenke zur Behandlung des „Facet-Syndroms“.
- Applikation von Lokalanästhetika und/oder Glucocorticosteroiden in den Epiduralraum oder die Umgebung der Spinalnervenwurzel. Da hier teilweise die Wirksamkeit für akute und chronische Rückenschmerzen aufgrund unzureichender Datenlage nicht gesichert ist, sollte auch hier die Indikation kritisch gestellt werden.

2.4.3 Chirurgische Maßnahmen

Bei therapieresistenter Ischialgie von mehr als 6 Wochen, Wurzelzeichen, Lasegue unter 60 Grad und CT (Computertomographie), MRT (Magnetresonanztomographie) mit Protusion oder Prolaps, die dem klinischen Befund entsprechen, müssen bei radikulären Schmerzen invasive Verfahren in Betracht gezogen werden.

- Intradiskale Verfahren:
 - perkutane Nukleotomie, perkutane Laser-Nukleotomie
 - Chemonukleolyse
- Offene Operationen:
 - lumbale Bandscheibenoperation
 - mikrochirurgische Operationsmethoden
- Versteifungsoperationen

2.5 Schlechte Sitzhaltung als Ursache von Rückenproblemen bzw. Rückenschmerzen

Verschieden Studien belegen, dass insbesondere längeres Sitzen als Risikofaktor für Rückenschmerzen angesehen wird [1-5]. Nach Hedtmann und Pope [51, 91] sind diese Schmerzen in erster Linie auf eine undynamische und fixierte Haltung während des Sitzens, v.a. am Arbeitsplatz, zurückzuführen. Nach Ernst [40] ist die Ursache für die durch das Sitzen entstandenen Rückenschmerzen eine schlechte Haltung.

Beach [9] untersuchte die passive Beweglichkeit der LWS an Probanden während des Sitzens. Schon nach einer Stunde nahm die passive Beweglichkeit der LWS ab und die Probanden reagierten darauf mit einer vermehrten Lordose in der LWS. Veränderungen der passiven Beweglichkeit erhöhen das Risiko von Verletzungen der unteren Wirbelsäule nach langem Sitzen und tragen möglicherweise zu Schmerzen während des Sitzens bei.

Es ist davon auszugehen, dass sich die Haltung v.a. beim langen Sitzen dahingehend verändert, dass man aus einer aufrechten Körperhaltung eher in die zusammengesunkene Haltung, also einer vermehrten Rundrückenhaltung, gerät, oder die aufrechte Sitzhaltung gar nie eingenommen hat. Sitzen kann die posteriore Rotation des Beckens, die Verminderung der lumbalen Lordose und die Zunahme einer vermehrten Muskelspannung (reflektorische Hyperaktivität der paraspinalen Muskeln, v.a. beim langen und unbewegten Sitzen [102]) induzieren. Daraus resultiert eine Erhöhung des intradiskalen Drucks und des

Drucks auf das Sitzbein und das Steißbein, was alles wiederum mit Rückenschmerzen im Zusammenhang steht [69].

Dass diese zusammengesunkene Haltung wesentlichen Einfluss auf Rückenschmerzen hat, wurde in einer Studie von Williams herausgefunden [115]. In dieser Studie wurden zwei unterschiedliche Sitzhaltungen miteinander verglichen, um herauszufinden, welchen Einfluss sie auf Schmerzen im Rücken und ausstrahlende Schmerzen haben. 210 LWS-Schmerzpatienten wurden randomisiert und entweder der kyphotischen (zusammen gesunkenen) Sitzhaltungsgruppe oder der lordotischen (aufrechten) Sitzhaltungsgruppe zugeteilt. Das Ergebnis spricht für die lordotische Haltung als Mittel gegen LWS-Schmerzen, da die lordotische Sitzhaltung, unterstützt von einer Rolle im LWS-Bereich, die Schmerzen in Rücken und Beinen wesentlich verringert und projizierten Schmerz zentralisiert, eine kyphotische Sitzhaltung hingegen nicht.

Zudem führt das zusammen gesunkene Sitzen zu einer Belastung, bzw. über längere Zeit gesehen, zu einer Schädigung bestimmter Strukturen der Wirbelsäule, wie zum Beispiel der Bandscheiben.

Dies stimmt mit einer Studie von Nachemson [77] überein, welcher den intradiskalen Druck (in vitro) in unterschiedlichen Körperpositionen maß. Er stellte bei Extension einen verminderten Bandscheibendruck fest. Der intradiskale Druck war beim ungestützten Sitzen höher, als beim aufrechten Stehen.

Gordon [48] wies durch eine Untersuchung an Leichen nach, dass wiederholte Belastungen der einzelnen Segmente mit 1334 N bei 7 grad Flexion und Rotation zu Rupturen im posterioren Anteil des Anulus fibrosus führt.

Schließlich untersuchte Konno et al. [62] den intramuskulären Druck der lumbalen paraspinalen Muskeln von 122 Personen im Stehen mit neutraler, flektierter und extendierter LWS. Im Vergleich zur neutralen Haltung sank der Druck in der extendierten und stieg in der flektierten Haltung.

Sitzt man zusammen gesunken und schaut dabei geradeaus nach vorne, führt dies zu einer Haltung des Kopfes vor dem Körper. In dieser Haltung ist die

obere HWS extendiert, während die untere HWS und die obere BWS flektiert sind. Dies verändert das C0-2- Lateralflexions- Rotationskopplungsmuster [83]. Weiterhin ist bekannt, dass diese Haltung zur Hauptursache von zervikaler degenerativer Gelenkerkrankungen, Myelopathie, Impingementsyndrom der Schulter, Kopfschmerz und temporomandibuläre Dysfunktionen werden kann [84].

Eine HWS-Flexion fördert einen mehr symmetrischen Blutstrom in den Aa. Carotes communes [17], wohin gegen eine Streckung der physiologischen Lordose der HWS einer der Faktoren zu sein scheint, die zur Pathogenese von Spannungskopfschmerz beitragen [78]. Diese Art Kopfschmerz kann durch eine Behandlung, die auch Haltungskorrektur umfasst, wesentlich gebessert werden [50].

In den Studien von Basler, O' Sullivan und Callaghan [7, 16, 81, 82] wurde der Einfluss von unterschiedlichen Sitzpositionen auf die Aktivität der Rückenmuskulatur untersucht.

Basler [7] untersuchte an 32 schmerzfreien Patienten die Aktivität der paraspinalen Muskeln in zwei unterschiedlichen Sitzpositionen. Er wollte damit herausfinden, ob sich die Muskelaktivität verändert, wenn man von einer schlechten Sitzposition (nicht aufrecht, locker, Arme seitlich hängend), in eine physiologische Position nach Brügger (aufrecht) übergeht. Das Ergebnis war eine signifikante Abnahme der cervikalen paraspinalen Muskulatur und eine deutliche Zunahme der Aktivität des M. trapezius und der Muskeln im thorakalen Bereich. Ähnliche Ergebnisse brachte die Untersuchung von 26 weiblichen Angestellten, welche eine dreimonatige Rückenschule absolvierten. O'Sullivan [81] beobachtete eine deutliche Abnahme der Muskelaktivität des oberflächlichen lumbalen M. multifidus und der transversalen Fasern des M. obliquus internus beim Übergang vom aufrechten zum zusammen gesunkenen Sitzen. Was ihn in seiner Annahme bestätigt, dass die mittlere bis endgradig gebeugte Sitzhaltung mit einer Relaxation der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur einhergeht.

In einer zweiten Studie 2006 [82] konnte er zeigen, dass die Aktivität des M. erector spinae deutlich zunimmt, wenn man beim Sitzen die Brustwirbelsäule in Extension aufrichtet.

Callaghan [16] knüpft an diese Studien an, indem er die Hypothese aufstellt, dass durch die Flexion der Wirbelsäule eine Entspannung der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur erfolgt und dies wiederum eine Verbindung zu den Rückenschmerzen herstellt, die viele Menschen in Ihrer sitzenden Tätigkeit erfahren. Die Ergebnisse über die Aktivität des thorakalen M. erector spinae, welcher beim zusammen gesunkenen Sitzen in seiner Aktivität deutlich abnimmt, waren gleich wie bei O'Sullivan. Zudem stellte er fest, solange die Aktivität des lumbalen M. erector spinae nicht zunimmt, ist es wahrscheinlich, dass die passiven Gewebe des Rückrads belastet werden, um den Moment L4/L5 zu unterstützen. Bänder enthielten eine große Anzahl von freien Nervenendigungen, die als Schmerzrezeptoren fungieren und deshalb eine potentielle Quelle für Rückenschmerzen während sitzender Tätigkeiten sein können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine neutrale, aufrechte Sitzhaltung die Wirbelsäule auf die Dauer mehr entlastet als eine endgradige Flexion (Kyphose, Rundrücken). Diese Aufrichtung schließt nicht aus, dass man sie dynamisch mit viel Bewegung der Wirbelsäule um den Mittelpunkt „neutraler Haltung“ wählt. Schließlich ist die dynamische Haltung im neutralen Bereich auf jeden Fall gesünder als eine statische Dauerbelastung der Gewebe am Ende der Bewegungsfähigkeit, wie etwa bei einer nach vorne verschobenen Kopfhaltung, wenn man zusammengesunken sitzt. Welche Vorteile die dynamische Haltung gegenüber der bewegungslosen, statischen Dauerbelastung hat, haben Twomey und Taylor [105] gut beschrieben.

2.6 Haltungstrainingsmethoden

Die bislang veröffentlichte Literatur liefert nur wenig Antworten auf die Frage nach effektiven Haltungstrainingsmethoden und ihrer

Gesundheitsauswirkungen. Meistens wird lediglich die kumulative Wirkung einer Reihe von Behandlungsvariablen untersucht, ohne sich spezifisch um Haltungstraining zu kümmern.

2.6.1 Ergonomische Gestaltung in Kombination mit bewusster Haltung

Ein Ansatz um Einfluss auf die Haltung zu nehmen ist die ergonomische Gestaltung unserer Umwelt. Eine gesunde Haltung kann aber nur erzielt werden, wenn diese ergonomische Gestaltung mit bewusster Haltung kombiniert wird. Ernst [40] weist auf die Wichtigkeit arbeitsplatzergonomischer Interventionen für eine verbesserte Haltung hin. Diese Meinung wird von Hedtmann [51] unterstützt, welcher durch adäquate Stühle und das Zeigen einer individuell angepassten Sitzhaltung die durch das Sitzen bedingte Verletzungen vermeiden möchte. Beispielsweise führt eine Erhöhung des Computerbildschirms zu einer weniger nach vorne verschobenen Kopfhaltung [110]. Dowler [34] untersuchte an 67 Büroangestellten 4 unterschiedliche Arbeitshaltungen an regulierbaren Arbeitsplätzen. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Effekte des ergonomischen Eingreifens positive Effekte auf Muskelverspannungen und Schmerzen haben.

2.6.2 Rückenschulen

Über den Vergleich, die Effektivität und den Einsatz von Rückenschulen gibt es unzählige Veröffentlichungen. Die Autoren sind sich einig, dass sich der Einsatz von Rückenschulen positiv auf chronische Rückenschmerzen auswirkt [58, 107, 108]. Mit ausgesprochen breiter Indikationsstellung (Primär-, Sekundär und Tertiärprävention von unspezifischen Rückenschmerzen) werden „Rückenschulen“ eingesetzt [68], wobei der Effekt auf die Primärprävention von Rückenschmerzen nach Linton und di Fabio [32, 65] sehr umstritten ist.

Rückenschulen sind eine Kombination aus verschiedenen Behandlungsvariablen und nur ein Teil davon befasst sich ausschließlich mit Haltung und Haltungstraining. Unter Rückenschulen sind Programme zu

verstehen, die durch Modifikation der persönlichen Einstellungen und Verhaltensmuster zu einer Entlastung der Wirbelsäule als zentralem Halte- und Stützorgan das Auftreten von unspezifischen Rückenschmerzen primär verhindern, Rezidive vermeiden oder bestehende chronische Beschwerden mildern sollen. Rückenschulprogramme werden typischer Weise Gruppen von Patienten vermittelt und enthalten in der Regel folgende Komponenten [68]:

- Theoretische Unterrichtseinheiten zur Anatomie und Physiologie von Wirbelsäule, Bandscheiben, Rückenmuskulatur, Bindegewebe und nervalen Strukturen des Rückens.
- Theoretische und praktische Unterrichtseinheiten zu rückengerechten Bewegungsmustern und rückenkräftigender Gymnastik.
- Verhaltenstherapeutische bzw. psychologische Ansätze zu Schmerzbewältigungsstrategien.

2.6.3 Rückengürtel, Sitzkeile und Lendenkissen

In einer Literaturübersicht zur Wirkung verschiedener Rückengürtel als Arbeitsschutzausrüstung kam Hodgson [54] zu dem Schluss, dass sich die meisten Ursachen von Rückenverletzungen kaum mit Rückengürteln beeinflussen lassen, sie zur Verbesserung der Muskelkraft eine begrenzte Wirkung haben können, gesunden Personen von ihrem Gebrauch abgeraten wird (National Institute of Occupational Safety and health-USA) und ihre Nützlichkeit als psychische Unterstützung weiter untersucht werden muss.

Kaplan und Sinaki [57] gaben an, von 23 Patienten mit Osteoporose verspürten 17 eine deutliche Linderung ihrer Rückenschmerzen, nachdem sie 3 Monate lang (2 mal 4 Stunden pro Tag) einen Gürtel zur mechanischen Haltungsunterstützung getragen hatten.

Lee [63, 64] untersuchte in zwei Studien den Effekt von Lenden- und Beckengürteln auf den lumbo-sagittalen-Winkel und die Rückenmuskelaktivität

in drei verschiedenen Haltungen. Im aufrechten Sitzen, Stehen und dem zusammen gesunkenen Sitzen. Das Tragen während des zusammen gesunkenen Sitzens vergrößerte den Winkel von L1/S1, ebenso nahm eine Einschränkung der Beckenbeweglichkeit zu. Eine Änderung des lumbosagittalen-Winkel und Beckenwinkels nach dem Tragen eines Gürtels zusammen mit der Haltungsänderung scheint zu einer Zunahme der myoelektrischen Aktivität der Rückenmuskulatur zu führen.

Auch beim Einsatz von Kissen zur Unterstützung der Lendenwirbelsäule, ebenso wie beim Einsatz von Sitzkeilen [69, 94, 102, 118] besteht Einigkeit, dass der Komfort und die Bequemlichkeit des Sitzens erhöht wird.

Bei Reinecke [94] verbesserte sich der Sitzkomfort durch ein aufblasbares Lendenkissen, welches automatisch zyklisch aufgeblasen wird und somit dem Träger eine dauernde passive Bewegung der Lendenwirbelsäule vermittelt.

Stevanovic [102] ermittelte die paraspinale Muskelaktivität mittels EMG an Piloten, wenn sie mit und ohne Lendenkissen arbeiteten. Bei 6 von 8 Probanden nahm die Muskelaktivität nach dem Gebrauch der Lendenunterstützung ab. Daraus schloss er, dass die reflektorische Hyperaktivität der paraspinalen Muskeln, welche eine der Gründe für Rückenschmerzen durch langes und fixiertes Sitzen ist, bei einer Unterstützung der Lendenwirbelsäule abnimmt.

Zusätzliche anatomische Parameter untersuchte Makhous [69] in seiner Studie. Er fand heraus, dass das Sitzen mit reduzierter ischialer Unterstützung und einer angepassten Unterstützung der unteren Lendenwirbelsäule mittels Rückenlehne, die Kontaktfläche des Sitzens verändert. Dadurch reduziert sich der Maximaldruck unter den Sitzbeinen, die Muskeltätigkeit wird reduziert und die segmentale und lumbale Lordose wird aufrechterhalten. Das os sacrum rotiert vorwärts und die Höhe der Bandscheibenfächer wird vergrößert.

Die Beckenunterstützung mittels Schaumstoffkeil hat positive Effekte auf das Sitzen, verbessert jedoch nicht die Haltung [118].

2.6.4 Haltungstrainer mit Feedbacksystem

Nachfolgend werden einige Studien beschrieben, in denen untersucht wird, ob Geräte zur Korrektur und Überprüfung der Haltung über eine Art Feedback die Haltung beeinflussen.

Bertoti und Gross [13] entwickelten eine Biofeedback-Sitzeinsatz, welcher leicht an jeder Rückenlehne eines Stuhls angebracht werden kann. Über Druck wird ein Kontaktschalter aktiviert, sobald sich der Benutzer im Sitzen aufrichtet. Dieser Schalter wiederum aktiviert dann gleichzeitig einen Videokassettenrekorder. Mit diesem Biofeedbackgerät untersuchten sie, inwieweit die Rumpfkontrolle und die aufrechte Haltung von Kindern mit spastischer Zerebralparese verbessert werden kann. An 5 Kindern (im Durchschnitt 4 Jahre alt) wurde geprüft, ob sie aufrechter saßen, wenn der Film, den sie anschauten nur solange lief, wie sie eine aufrechte Haltung beibehielten. Zwei 5-minütige Perioden mit und ohne Feedback zeigten, dass die Kinder sich nur solange aufrichteten, wie das Feedback durch den Film andauerte und danach sofort wieder in ihr gewohntes Haltungsmuster zurückfielen.

Um den Einfluss von Elektrostimulation auf die Rumpfkontrolle zu überprüfen brachte Park [85] Elektroden auf dem Bauch und auf der Rückenmuskulatur an. In seiner Studie erhielten 8-16 Monate alten Kinder mit spastischer Zerebralparese über 6 Wochen Physiotherapie und die Hälfte davon zusätzlich Elektrostimulation über Elektroden. Radiologisch wurden anschließend der Kyphosewinkel und der Cobb-Winkel untersucht. Das Ergebnis war eine Vergrößerung des Kyphosewinkels und eine verbesserte Sitzkontrolle.

Metherall [76] entwickelte eine aufwendige Apparatur, welche die Haltung mittels Videoanalysetechnik quantifiziert. In dieser Analysetechnik wird eine Schwelle für schlechte Haltung, ab 30 Grad von der vertikalen Ebene festgelegt. Ein Steuerungssystem mit einem Quecksilberneigungsschalter transferierte die Haltungsposition. Falls die Haltung über die 30 Grad

hinausgeht, bekommt der Benutzer Feedback in Form von elektronisch taktilen Reizen auf den unteren Rücken. In einer Pilotstudie untersuchte Metherall [76] an einem 14 Jahre alten Mädchen mit zerebraler Kinderlähmung den Effekt von Biofeedback auf die Sitzhaltung. Nach 4 Wochen konnte die Haltung signifikant verbessert werden.

Ein automatisches und tragbares Haltungstrainingsgerät, welches mittels zweier Gurte befestigt wird, entwarf Dworkin [38]. Einer dieser Gurte wird einmal rund herum von dem 7. Halswirbel bis zum os pubis durchgezogen und der zweite um die Brust herum. Das Gerät misst kontinuierlich die Wirbelsäulenkrümmung, indem es Längenveränderungen dieser zweier Gurtzüge bei Bewegungsänderung misst. Eingestellt wird die Basislänge am aufrechten Patienten. Sobald der Patient länger als 20 Sekunden diese aufrechte Haltung verlässt, sendet das Gerät ein akustisches Signal. Bei 10 von 12 heranwachsenden Mädchen mit Skoliose, die ca. 1 Jahr lang 23 Stunden pro Tag ein Gerät zum Haltungsfeedback durch akustische Signale getragen hatten, konnte das Fortschreiten der skoliotischen Krümmungen zum Stillstand gebracht werden [38].

Azrin [6] entwickelte schon 1968 ein tragbares Gerät zur Korrektur der Haltung. Dieses etwas aufwendigere Gerät besteht aus einer Signalkomponente, welche um den Nacken angebracht wird, einem Schalter, der mittels Tape am Rücken angeklebt wird. Mit Riemen wird es um die Schultern angelegt und ein Kabel zieht vom Schalter zur Signalkomponente. Das Gerät erteilt seinem Träger einen Warnstimulus, mittels eines unangenehmen Tones, wenn er zusammen sinkt. Der Ton endet wieder bei einer Haltungskorrektur. Dieses Gerät wurde an 25 Erwachsenen während eines ganz normalen Arbeitstages getestet. Das Ergebnis war, dass die Probanden ihre Haltung durchschnittlich um 86% korrigierten. Als Ergebnis wurde angegeben, wie oft die Probanden auf den Warnstimulus mit einer Aufrichtung reagierten.

In seiner Studie wollte Lou [67] herausfinden, ob ein Wirbelsäulenaufrichtungsgerät Patienten hilft, ihre Kyphose selber korrigieren zu können und sich somit Rückenschmerzen reduzieren lassen. Das Wirbelsäulenaufrichtungsgerät besteht aus einem Accelerometer und einer Mikrocomputereinheit. Das Accelerometer misst den Kyphosewinkel und die Mikrocomputereinheit kontrolliert einen Empfängervibrator, um den Patienten zu alarmieren, wenn dessen persönliche Haltungsschwankungen überschritten werden. Das System wurde im Labor getestet und die Ergebnisse wurden mit den Rückendaten von einem Laser-Scanner-Aufnahmesystem verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die maximale Winkelabweichung gering war. Zwei Freiwillige testeten das System für 2 Tage. Die Laborversuche demonstrierten, dass die Probanden ihre Haltung verbessern können, wenn ein Feedbacksignal erteilt wurde.

Ein ganz neues Haltungsmesssystem ist das sonoSens® der Firma Friendly Sensor AG [61]. Zwei Messsysteme erlauben die Erfassung der Haltung des Rückens (sonoSens® 8) und die Haltung der Arme und Beine (sonoSens® 16). Die Haltungsmessung erfolgt mittels Ultraschalldistanzmessung über Hautdehnung. Dazu werden zahlreiche Sensoren an vorbestimmten Stellen des Rückens (sonoSens® 8) angebracht. Bei einer Flexion beispielsweise werden die Sensorenabstände länger (vgl. Schober- und Ott-Test in der Medizin). Über jeweils zwei parallele und zwei gekreuzte Messstrecken an jedem funktionellen Wirbelsäulenabschnitt können die Oberkörperbewegungen erfasst werden. Im gemessenen Datensatz selbst können detaillierte Informationen, wie Handlungsveränderungen, Trends im Tagesverlauf, Handlungsverfall, Bewegungsaktivität, Arbeitsanteile und Häufigkeit, sowie Dauer von statischen Haltungen abgeleitet werden. Häufigkeiten von extremen Haltungen des Rumpfes können so aufgedeckt und dem Patienten bzw. Probanden sofort verdeutlicht werden. Somit können Rückschlüsse auf die aktuelle Belastungssituation des Rückens geschlossen werden. Dieses mobile und universell anwendbare System kann zur ergonomischen Bewertung von Arbeitsplätzen und zur Prävention arbeitsbedingter Gesundheitsgefahren

eingesetzt werden. In einer ersten Studie, deren Ziel es war, definierte Haltungen zu messen und durch Software automatisch zu klassifizieren, war die Validierung mittels Testmessungen erfolgreich.

Um die Haltung v. a. im Sitzen zu kontrollieren und zu beeinflussen entwickelte die Fa. P. Fischer ein Feedbacksystem zur Haltungsrückmeldung, den ZEGRA-Haltungstrainer. Dieser Haltungstrainer misst mit einem elektronischen Sensor die Wirbelsäulenkrümmung und alarmiert seinen Benutzer per Vibrationssignal, wenn dieser seine individuelle Schwelle der Wirbelsäulenkrümmung überschreitet. Dieser Sensor wird mittels Gurt am Brustbein platziert. Optisch erinnert dieses System an die typischen Pulsmessgürtel, welche beim Ausdauertraining Verwendung finden. Die Haltungsdaten werden im Haltungstrainer gespeichert und können später auf einen PC heruntergeladen und als Excel-Dateien ausgelesen werden. In der vorliegenden Studie soll untersucht werden, ob durch Feedback dieses Haltungstrainers die habituelle Haltung verändert werden kann und ob dies eine Auswirkung auf die Rückengesundheit hat und somit zur Verbesserung von Rückenproblemen verhilft.

2.6.5 Weiter Methoden zur Beeinflussung der Haltung

Des Weiteren werden hier noch Studien erläutert, die ansatzweise mit dem Thema Haltung und deren Beeinflussung zu tun haben. Auf diese wird aber nicht sehr ausführlich eingegangen, da sie teilweise im Stand verwendet werden, zusätzliche Einflüsse zur Haltungskorrektur beinhalten, Haltungsübergänge untersuchen oder mit Myofeedback im engeren Sinne zu tun haben.

Patienten mit Rückenschmerzen zu motivieren, vorgeschriebene Übungen zu machen und diese Compliance zu überprüfen ist eine schwierige Aufgabe. Deshalb entwarf Donatell [33] ein einfaches Gerät um die Flexion und Lateralflexion der Lendewirbelsäule zu überwachen. Das Gerät wurde für

Patienten entwickelt, damit sie zu Hause ein Feedback über ihre Lendenwirbelsäulenposition bekommen, während sie Übungen machen. Dabei nimmt das Gerät die Position auf und erteilt gleichzeitig auch Feedback über die lumbale Position in der mittleren Saggitalebene und Frontalebene während dieser Übungen. In Vergleichstests mit einem Standard Elektrogoniometer schnitt dieses Gerät sehr gut ab. Diese Studie untersuchte aber nicht die Auswirkung dieses Gerätes auf die Haltung.

Wong [117] entwickelte ein Biofeedbackgerät im Stand, welches einen positiven Einfluss auf die Haltungssymmetrie von Hemiplegiepatienten hat. Fukuoka [46] fand heraus, dass somatosensorisches Feedback im Stand eine aufrechte Körperposition ermöglicht. Kincl [59] entwickelte ein Gerät um Haltungs- bzw. Gleichgewichtsschwankungen zu erfassen, bei Arbeitern, die unterschiedliche Schutzausrüstung tragen müssen.

Die optimale Aktivierung einzelner cervikaler-, thorakaler und lumbaler Haltungsmuskeln konnte Falla [42] mittels verbaler und manueller Fazilitierung erreichen.

Vollenbroek-Hutten [112] und Voerman [111] konnten nachweisen, dass sich Myofeedbacktraining positiv auf Myalgien und Verspannungen auswirkt und somit zu mehr Muskelbalance beiträgt, was wiederum die Schmerzen reduziert.

Vergara [109] entwarf ein System, welches über Elektroden die Kontaktfläche des Rückens zur Rückenlehne misst und somit anzeigt, wie sehr man an selbige angelehnt ist.

Als neue Methode um Bewegungsübergänge (vom Liegen zum Sitzen, beim Drehen usw.) zu detektieren, um bei älteren Menschen die tägliche physische Aktivität zu überwachen, entwickelte Najafi [79] einen Kinematiksensoren, welcher an der Brust angebracht wird.

Schließlich konnte Roberts [95] nachweisen, dass Patienten mit Rückenschmerzen sich ein rückengesünderes Verhalten im Alltag antrainieren, wenn sie schon von ihrem Hausarzt ein Blatt mit Verhaltensregeln mitbekommen.

2.7 Wissenschaftliche Fragestellung

Im Sitzen sollte man sich aufrichten. Das ist nicht umstritten und wird seit Jahren in jeder Berufsgruppe propagiert. Jeder weiß es, und trotzdem scheitert diese Umsetzung im Alltag an vielen Kleinigkeiten. Oft ist der Arbeitsplatz nicht ergonomisch eingerichtet, die Umgebungsbedingungen sind zu nicht optimal usw. Die Umsetzung scheitert aber auch an dem „es sich bewusst machen“, dem „Aufnehmen“ und dem „Verinnerlichen“ und dem „unbewussten Ausführen“. Holt einen erst einmal der Alltagsstress ein, sind die guten Vorsätze für das aufrechte Sitzen schnell wieder vergessen. Da die Menschen heutzutage von Kindheit an viel sitzen müssen (Schule, Ausbildung) und sitzende Berufe immer mehr zunehmen, ist es sehr effektiv, Rückenschmerzen dort zu bekämpfen, wo sie auch entstehen. Ideal ist es daher, im Sitzen etwas für die Haltung und die Rückengesundheit zu unternehmen.

Es existieren aktuell kaum Studien, die effektive Haltungstrainingsmethoden und ihre Gesundheitswirkung untersuchen.

Diese Studie untersucht daher mithilfe eines Feedbacksystems zur Haltungsrückmeldung (ZEGRA-Haltungstrainer Fa .P. Fischer), welches jederzeit am Arbeitsplatz (v.a. sitzende Computerarbeiten) einsetzbar ist, ob sich durch Feedbackmechanismus die Aufrichtung im Sitz trainieren bzw. konditionieren lässt und sich somit Haltungsgewohnheiten im Alltag verändern lassen. In diesem Zusammenhang wird untersucht, ob diese Aufrichtung positive Auswirkungen auf die Rückengesundheit (Kraft, Mobilität, subjektives Wohlbefinden und Haltung selbst) hat und dadurch Rückenproblemen entgegen wirkt.

3 Probanden und Methoden

In diesem Kapitel werden zunächst die Probanden dieser Studie und mögliche Ausschlusskriterien genannt. Anschließend werden die Messmethoden der Parameter der Rückengesundheit beschrieben, danach wird die Funktion und Anwendung des Haltungstrainers und der Versuchablauf geschildert. Zum Schluss werden die statistischen Methoden erläutert.

3.1 Probanden

Für die vorliegende prospektive Studie stellten sich primär 61 Mitarbeiter aus drei unterschiedlichen Firmen aus Tübingen als Probanden zur Verfügung, die mindestens 80 % ihrer Arbeitszeit sitzend verbringen. Das Alter der Probanden schwankt zwischen 25 und 58 Jahren; der Altersdurchschnitt liegt bei 38,8 Jahren. 22 Probanden (39%) sind weiblich, 34 (61 %) männlich.

Eine schriftliche Untersuchungsaufklärung und Einverständniserklärung für die Auswertung der Probandendaten und der Untersuchungsergebnisse wurde eingeholt.

Ausgeschlossen für die Teilnahme an dieser Studie wurden Personen mit geringem Stehvermögen und Schwindelgefühlen. Personen mit Adipositas, sehr dunkler Hautfarbe, Tätowierungen oder starker Körperbehaarung wurden ebenfalls ausgeschlossen, da das Rasterstereographiegerät in diesen Fällen die anatomischen Bezugspunkte, die zur Oberflächenanalyse benötigt werden, nicht mehr eindeutig feststellen kann. Außerdem führt eine deutliche Adipositas zu erheblichen Problemen bei der Messung der Kraft der Rückenstreckermuskulatur, da die Personen nicht mehr die richtige Sitzposition im Messgerät einnehmen können. Aus diesem Grund musste eine Patientin während der ersten Untersuchung ausgeschlossen werden.

Im Rahmen der Einverständniserklärung wurde der/die Proband/in explizit darauf hingewiesen, dass er/sie jederzeit ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie beenden konnte.

5 Probanden nahmen nach der 1. Untersuchung von dem Recht Gebrauch, die Studie abzubrechen, womit ihre Daten auch nicht in die Auswertung flossen. Nach der 2. Messung schieden weiter 6 Probanden aus, wobei deren Daten in der Auswertung Verwendung fanden

3.2 Messmethoden

Wie unter 2.5 deutlich wurde, wird insbesondere längeres Sitzen als Risikofaktor für Rückenschmerzen angesehen [1-5]. Durch Sitzen wird die passive Beweglichkeit der LWS eingeschränkt [9] und bei Patienten mit Rückenschmerzen ist die Gesamtmobilität der Lenden- und Brustwirbelsäule in allen Bewegungsebenen eingeschränkt [24]. Die Muskelaktivität der Rückenstrecker Muskulatur im zusammengesunkenen Sitzen ist sehr gering [7, 16, 81, 82], ebenso ist die isometrische Maximalkraft aller Hauptmuskeln von Rumpf und Halswirbelsäule bei Rückenschmerzpatienten hochsignifikant geringer, als bei untrainierten, beschwerdefreien Referenzpersonen gleichen Alters [24]. Anzunehmen ist auch, dass das subjektive Wohlbefinden bei Patienten mit Rückenschmerzen deutlich abnimmt.

Aus den oben genannten Gründen wurden die folgenden Parameter ausgewählt, um zu objektivieren, ob der ZEGRA-Haltungstrainer Auswirkung auf die Haltungsgewohnheit und die Wirbelsäulengesundheit hat.

- Messung der Kraft der Rückenstrecker Muskulatur
- Messung der Mobilität der Wirbelsäule
- Messung des subjektiven Wohlbefindens
- Statische Haltungsaufnahmen der Wirbelsäule

Nachfolgend werden die Messmethoden, welche in dieser Studie verwendet wurden und mögliche Alternativen genannt um eine Verlaufskontrolle zu protokollieren.

3.2.1 Kraft der Rückenstrecker Muskulatur

Die Komplexität der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur erfordert den Einsatz speziell entwickelter apparativer Analyse- und Trainingssysteme [27]. Derartige Apparaturen werden von verschiedenen Herstellern aus Deutschland, Großbritannien, Skandinavien und der USA produziert. In Verbindung mit einem differenzierten methodischen Vorgehen, ermöglichen sie zuverlässige und valide Analysen, die selbst für chronische Patienten als gefahrlos und motivierend einzustufen sind [25, 49, 96, 119].

Die Standardmethode zur Quantifizierung der Maximalkraft einer Muskelgruppe ist die apparativ gestützte isometrische Maximalkraftanalyse [30]. Ein in die Drehachse des Analysesystems integrierter Drehmomentsensor registriert dabei das maximale Nettodrehmoment (= Summe aller Momente bzw. Kräfte), das von der getesteten Muskelgruppe in einer definierten Gelenkstellung auf die Drehachse des Analysesystems ausgeübt wird (Einheit: Nm) [30].

Bei der Erfassung der isometrischen Maximalkraft wurde spezifisch für diese Studie eine Muskelgruppe herausgegriffen, welche wesentlich an der Stabilisierung der Wirbelsäule beteiligt ist. Die Rückenstrecker Muskulatur (Synonymbegriffe u.a.: Rückenextensoren, Rumpfextensoren) bestehend aus Interspinalem System, transversospinalem System, sowie Lateralem Strang, wird zusammenfassend M. erector spinae genannt [28].

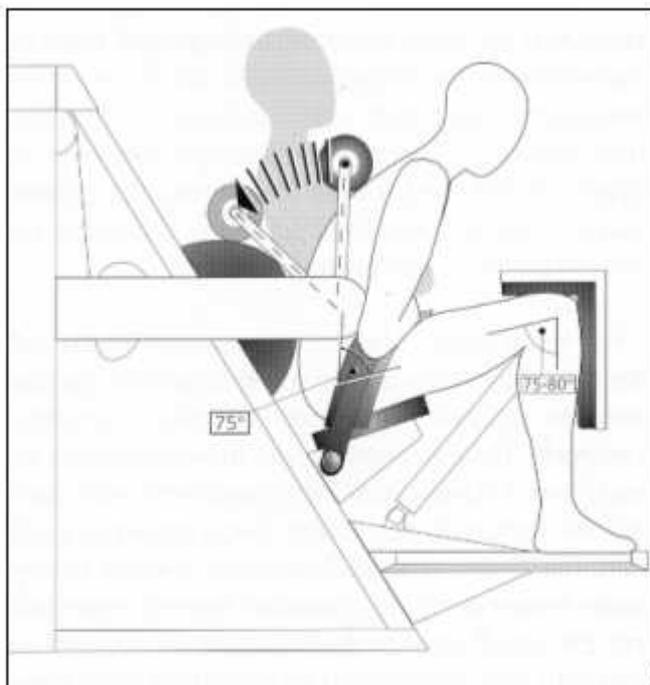
Zur Analyse der isolierten lumbalen/thorakalen Extensionsmuskulatur wurde das DAVID 110 System eingesetzt. Dieses apparative System entstand mit fünf weiteren in den Jahren 1989-1994 in Zusammenarbeit mit dem finnischen Unternehmen David Fitness & Medical Ltd [26]. Verschiedene Studien konnten dem DAVID 110 System eine gute Reliabilität, sowie Validität nachweisen [23].

Für die isometrische Maximalkraftanalyse lässt sich der Bewegungsarm des Systems in eine standardisierte und exakt definierte Positionen mechanisch verriegeln [26].

Damit jede der drei Einzelmessungen in der gleichen Sitzposition (Abbildung 1)

der Probanden stattfinden konnte, wurde bei der ersten Sitzung die richtige Einstellung für die jeweilige zu testende Person bestimmt und ins Analyseprotokoll eingetragen. Dabei wurde das Rückenpolster entsprechend der Körpergröße so eingestellt, dass dieses im Bereich der oberen BWS aufsitzt. Die Sitzhöhe wurde so eingestellt, dass sich der Darmbeinkamm auf derselben Höhe befindet, wie die Markierung am Rückenpolster. Zuletzt wurde die Fußplatte so positioniert, dass der Winkel zwischen Oberkörper und Oberschenkel etwas unter 90 Grad beträgt. Das Becken der Probanden schob sich so tief wie möglich in die Aussparung zwischen Rückenstütze und Sitz, dabei wurde die Kniefixierung fest auf die Knie abgesenkt und die Schienbeinpolster hatten auf ihrer ganzen Länge Kontakt zu den senkrecht stehenden Unterschenkeln.

Abbildung 1: DAVID 110 System



Zur Messung der isometrischen Kraft kreuzte der Patient die Arme vor der Brust oder lies diese seitlich herabhängen. Nun wurde der Bewegungsarm in der 30 Grad Position arretiert und der Proband bekam das Kommando, ca. 3 Sekunden so fest wie möglich mit gerundetem Rücken gegen den

Bewegungsarm zu drücken. Der erzielte Kraftwert (in Nm) wurde dann von der Messkassette abgelesen und ins Analyseprotokoll aufgenommen.

Die Messung der isometrischen Maximalkraft der Rückenextensoren wurde an jedem Untersuchungstermin zweimal durchgeführt. Beide Werte wurden in das Analyseprotokoll aufgenommen. Zur statistischen Auswertung wurde der größere der beiden Werte in die Exceltabelle übernommen.

3.2.2 Mobilität der Wirbelsäule

Unter Mobilität (Synonymbegriffe u.a.: Beweglichkeit, Flexibilität, Gelenkigkeit) versteht man die Fähigkeit, Bewegungen gemäß den funktionellen Möglichkeiten der beteiligten Gelenke mit großer Amplitude optimal ausführen zu können [29].

Die segmentale Mobilität der Wirbelsäule kann nur mit invasiven Methoden (radiologische Techniken, Computertomographie usw.) untersucht werden. Der Einsatz invasiver Methoden ist kosten-, zeit- und arbeitsintensiv. Darüber hinaus wird die zu untersuchende Person einer erheblichen Strahlenbelastung ausgesetzt [66, 74, 75, 86, 103]. Für klinische und wissenschaftliche Zwecke werden überwiegend nichtinvasive Methoden (Goniometrie, Messung mittels Bandmaß, optoelektrische Systeme usw.) angewandt [29]. Nichtinvasive Methoden dienen primär zur Analyse der Gesamtmobilität der Wirbelsäule bzw. einzelner Bewegungsebenen und ermöglichen i.d.R. keine bzw. nur eingeschränkte Aussagen über die segmentale Mobilität [29].

Da der Finger-Boden-Abstand (FBA) über diese Gesamtmobilität Aussagen macht und zudem noch kostengünstig und einfach durchzuführen ist, wurde er als Maß für die Mobilität in dieser Studie ausgewählt.

Der FBA ist ein einfaches, kostengünstiges und schnell durchzuführendes Instrument zur Quantifizierung der Rumpfbeuge aus dem Stand. Er vermittelt dem Untersucher einen Eindruck über die Gesamtbeweglichkeit der lumbalen und thorakalen Wirbelsäule, des Beckens, der Hüftgelenke und der Arme [99]. Zudem bestätigten mehrere Studien dem Test eine gute bis sehr gute Inter- und Intratesterreliabilität [39, 45, 56, 87, 92]. Eine ausgezeichnete Validität,

Reliabilität und Verlaufssensitivität bestätigt eine Studie von Perret et al.[87], so dass der FBA gut im klinischen Alltag ebenso wie in der Physiotherapie als Beweglichkeitsmaß verwendet werden kann. Daneben wurde deutlich, dass selbst unerfahrene und in der Methode ungeübte Therapeuten gute Ergebnisse erzielen [47]. Zwar verändern Schmerzen beim Test das Bewegungsausmaß, beeinflussen aber nicht die Reliabilität [47]. Da die Tageszeit den Test verändern kann, sollte möglichst immer zur gleichen Zeit gemessen werden, um Vergleiche zu gestatten bzw. Veränderungen im Behandlungsverlauf objektiv darzustellen [39] und die Verlaufssensitivität zu erhöhen.

Beim Finger-Boden Abstand wird das Ausmaß einer Rumpfbeuge vorwärts aus dem Stand mit einem Bandmaß gemessen. Der Patient steht ohne Schuhe, die Beine hüftbreit auseinander und mit extendiertem Knie. Er wird aufgefordert, sich maximal nach vorne zu bücken, wobei er versuchen soll, mit den Fingerspitzen den Boden zu berühren (Abbildung 2). Gemessen wird die Distanz in cm zwischen einem Mittelfinger und dem Boden [39].

Abbildung 2: Finger-Boden-Abstand



Als Variante können mobile Patienten auch erhöht stehen, so dass die Fingerspitzen tiefer als die Fußsohlen gestreckt werden können. Diese Variante wurde für diese Studie gewählt.

Die Probanden standen ohne Schuhe auf einem Holzpodest von 20 cm Höhe; hüftbreit, mit maximal extendierten Beinen, so dass die Zehenspitzen bündig

mit der Vorderkante des Podestes abschlossen. Um den Abstand zum Boden besser messen zu können, hielten die Probanden eine eckige Metallstange fest in beiden Fäusten geschlossen, die Arme dabei schulterbreit. Sie bekamen nun den Auftrag sich maximal nach unten zu bücken. Gemessen wurde der Abstand zwischen Boden und Unterkante der Stange.

3.2.3 Subjektives Wohlbefinden mittels Fragebogen

Ein effektives Gesundheitssystem setzt voraus, dass seine Leistungserbringer die Effektivität Ihrer Behandlung messen und dokumentieren [11, 14]. Oft stehen aber zur Messung von funktionellen Therapieeffekten und subjektiven Wohlbefinden keine passenden Messinstrumente zur Verfügung [97]. Oft sind Fragebögen nicht kosteneffizient und praktisch in ihrer Anwendung. Vielen fehlt eine ausreichende Sensitivität um funktionelle Veränderungen zu messen, eine adäquate Anleitung, wie sie anzuwenden sind, oder eine Möglichkeit Therapieeffekte unabhängig vom Grad vorbestehender Behinderungen zu erfassen [15, 31]. Zudem ist das Ausfüllen oder die Auswertung der folgenden Fragebögen oft zu kompliziert oder zu zeitaufwendig [97]: Der SIP (Sickness Impact Profile), der MHIQ (Mc Master Health Index Questionnaire), der Kenny Self Care Evaluation, der Katz Index of Activities of Daily Living, der Barthel Index und der Functional Independence Measure.

Die California Research Special Interest Group entwickelte daher einen subjektiven Fragebogen zu Wohlbefinden und Funktionalität, den CAFE-40 (siehe Anhang), speziell für ambulante Patienten in physiotherapeutischer Behandlung, welcher leicht zu lesen, leicht zu verstehen und schnell zu beantworten ist [97].

Der California Functional Evaluation - Fragebogen (kurz CAFE-40) wurde wegen seiner oben genannten Vorteile für diese Studie ausgewählt. Er enthält Fragen zu den Bereichen Allgemeine Gesundheit, Aktivitätsniveau und Hilfsbedürftigkeit, die vom Probanden auf einer Ordinalskala von 0-7 bewertet werden. Die Zahl 7 bedeutet hier absolut richtig und die Zahl 1 absolut falsch. Die Zahl 4 bedeute weder richtig noch falsch.

In einer methodologischen Studie [97] wurde der CAFE-40 auf Reliabilität,

innere Konsistenz und Sensitivität getestet.

Das Ergebnis der Studie ergab, dass der CAFE-40 funktionelle Veränderungen von gesunden Erwachsenen und ambulanten Patienten der Physiotherapie mit hoher Test-Retest Reliabilität ($r=0,71$), ausreichender innerer Konsistenz (Spearman-Rang-Korrelationskoeffizienten 0,41-0,82 im Bereich Allgemeine Gesundheit und Aktivitätsniveau und 0,46-0,745 im Bereich Hilfsbedürftigkeit) und ausreichender Sensitivität misst [97].

Für die vorliegende Haltungstrainerstudie wurde eine angepasste Version mit Schwerpunkt auf die allgemeine Gesundheit und das Aktivitätsniveau in deutscher Übersetzung verwendet (siehe Anhang).

Die Fragen 1 bis 8 betreffen den Bereich der allgemeinen Gesundheit und beinhalten Fragen wie z.B.: „Ich bin allgemein sehr gesund oder ich werde nicht so oft krank wie andere“. Der zweite Abschnitt des Fragebogens bezieht sich auf das Aktivitätsniveau und umfasst die Fragen 9 bis 21, welche sich auf Aktivitäten des alltäglichen Lebens, wie z.B. das Gehen, das Sitzen, das Tragen oder das Schreiben beziehen. Bei der Frage 36 konnten die Probanden Angaben zur Schmerzmitteleinnahme machen. In der letzten Frage (Frage 37) sollten die Probanden Angaben auf einer Skala von 1 (kein Rückenschmerz) bis 10 (den schlimmsten Rückenschmerz den ich kenne) zu verschiedenen Aktivitätszuständen machen. Diese waren a) der Ruhezustand, b) das Arbeiten, c) das Gehen und d) Freizeitaktivitäten.

3.2.4 Statische Haltungsaufnahmen der Wirbelsäule

Schwierig ist es nach wie vor, die Form und Haltung der Wirbelsäule reproduzierbar zu messen. Durch anthropometrische Untersuchungsverfahren ist jedoch die physische Grundlage der „Haltung“ eines Individuums erfassbar. Auf diese Weise erhält der Begriff „Haltung“ eine quantifizierbare Grundlage, die es ermöglicht, auch zu Fragen der Norm und der Abweichungen von dieser Norm, Aussagen zu machen. Nachfolgend werden die heute noch üblichen Methoden dargestellt, die ihren Ursprung teilweise am Anfang des 20. Jahrhunderts fanden.

- Direkte Messung und mechanische Abtastung:
Am häufigsten wurden die direkten Messungen zur Berechnung von Indizes und Formeln herangezogen [80]. Zu den einfachsten Methoden gehörte das Lot, der Kompass, der Messzirkel und das Maßband. Modernere Geräte, die auch heute noch im Gebrauch sind, gehen auf den Buckelmesser von Ssiltschenko (1927), dem von Wolanski (1957) entwickelten Spherodorsimeter zurück, welche bei Matzdorff [72] näher beschrieben werden. Ein apparativ und zeitlich weniger aufwendiges und daher praktikableres Verfahren, stellte Debrunner [22] mit dem Kyphometer vor, welches auch heute noch angewandt wird. Um die Wirbelsäule insgesamt beurteilen zu können, entwickelte Willner [116] den Spinal Pantograph.
- Röntgenuntersuchung:
Die radiologischen Messtechniken bieten dem Untersucher zwar ein exaktes zweidimensionales Bild des Bewegungsapparates des Patienten. Das biomechanische Verhalten des Beckens und der Wirbelsäule in ihrer Dreidimensionalität kann jedoch nicht mit einer einzelnen Röntgenaufnahme, sondern nur mit einer Serie von Funktionsaufnahmen mit einer Strahlenbelastung von bis zu 350 cGycm² Flächendosisprodukt pro Wirbelsäulenganzaufnahme erfasst werden [12].
- Rückenmaus (analog-digitales Messgerät):
Die Rückenmaus ist ein durch einen Computer unterstütztes Messgerät. Es beinhaltet ein mechano-elektronisches Messsystem, welches mit einem kompatiblen PC die Konturenerfassung an einem beliebig im Raum positionierten Probanden erlaubt. Als Orientierungsreferenz dient lediglich die Schwerkraft. Ein Laufrad registriert die abgefahrene Wegstrecke mittels einer Lichtschranke, ein Pendelpotentiometer den Winkel relativ zum Lot [71, 101].

- Photogrammetrische Verfahren:

Hierbei wird eine berührungslose, nicht invasive, optische Vermessung der Rückenkulisse durch Aufprojektion eines Linienrasters ermöglicht. Zu nennen wäre die Moiretopographie [35], das Verfahren von Mauritzson mittels Ultraschall [73], das mit Videoscan arbeitende ISIS [104] und nicht zuletzt die sich ständig weiterentwickelnde Rasterstereometrie [36, 37].

Wir entschieden uns für unsere Studie für das nichtinvasive, berührungslose und strahlenfreie Photogrammetrische Verfahren, die Rasterstereographie.

In der nachfolgenden Beschreibung der Rasterstereographie wird nur auf die wichtigsten Prinzipien des Verfahrens eingegangen, welche für unsere Studie relevant waren. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in der Zusammenfassung von Hierholzer und Drerup von 1995 [53].

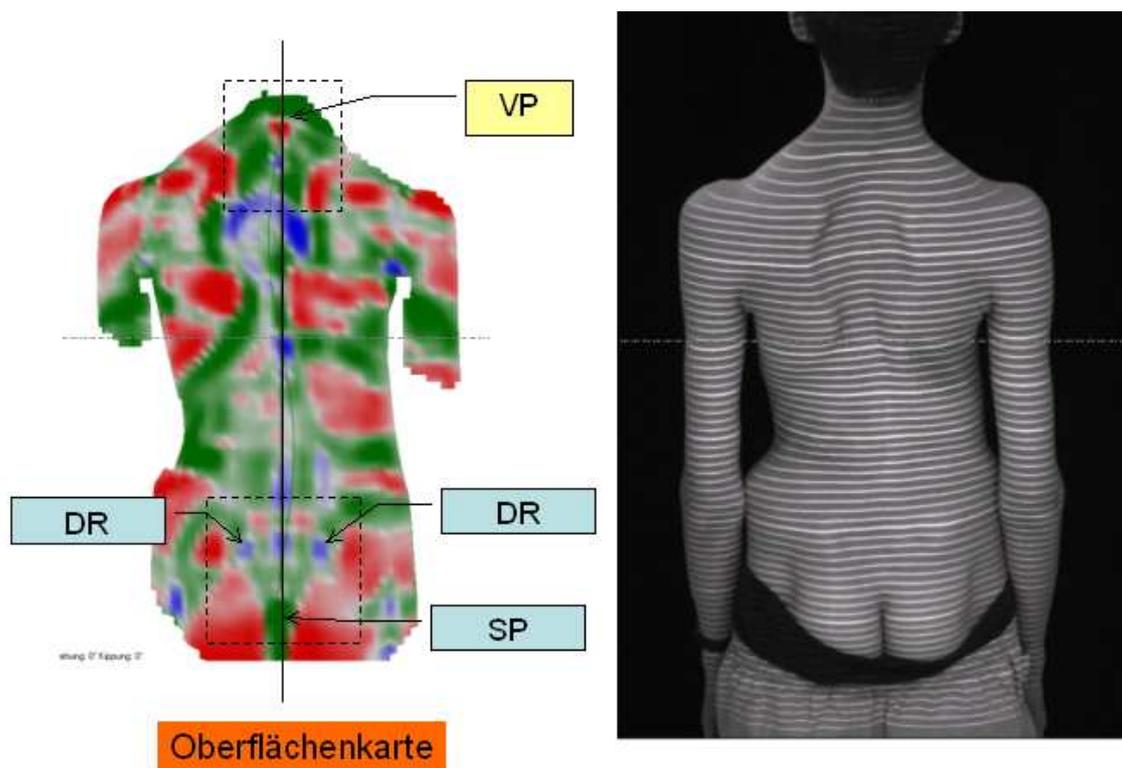
Bei der Rasterstereographie handelt es sich um ein berührungsfreies, photogrammetrisches Verfahren, das nach dem Grundprinzip der Triangulation arbeitet, wie es auch bei der Luftbild- Landvermessung angewandt wird. Durch den Einsatz zweier Kameras entstehen Stereobildpaare, die durch geeignete Bildanalyse die Form und Lage des zu untersuchenden Objekts dreidimensional rekonstruieren können. Eine der beiden Kameras wird durch einen Projektor mit einem Rasterdiapositiv ersetzt. Der Projektor entspricht optisch einer umgekehrten Kamera, das Diapositiv zu dem dazugehörigen Bild. Dieses enthält ein System von parallelen Linien, die auf die Körperoberfläche projiziert werden. Entsprechend der dreidimensionalen Flächenform erscheinen die Linien deformiert. In Abbildung 3 auf der rechten Seite kann man diese Linien sehen. Die dicker erscheinenden weißen Linien sind notwendig für die Linienzuordnung und entsprechen den Referenzlinien (Abbildung 3, rechts). Die Linien im Bereich zwischen Schulterblatt und Hüfte entsprechen dem System immanenten 0-Linien (Abbildung 3, rechts).

Das deformierte Linienmuster wird von einer Videokamera aufgenommen und bildet das zweite Stereo-Teilbild [43, 44].

Die Bildauswertung und die Rekonstruktion erfolgen mittels eines Computersystems (FORMETRIC der Firma Diers, Georgenborn) automatisch [52]. Es resultiert ein geometrisches Modell der vermessenen Rückenoberfläche mit einer Messgenauigkeit von 0,2 mm [53].

Eine sich anschließende Formanalyse berechnet aus den Koordinaten der rekonstruierten Flächenpunkte die Flächenkrümmungen. Basierend auf signifikanten konvexen und konkaven Arealen können anatomische Fixpunkte berechnet werden [52]. Als konvexe Bildpunkte stellen sich der siebte Halswirbel, der Vertebra Prominens (VP) und die oberen und unteren Spitzen der Schulterblätter dar (Abbildung 3, links). Konkave Krümmungen kennzeichnen die Rami Ani, die Dornfortsatzanteile, die Grübchen der Michaelisraute (DR) und der Sakrum-Punkt (Sp), (Abbildung 3, links).

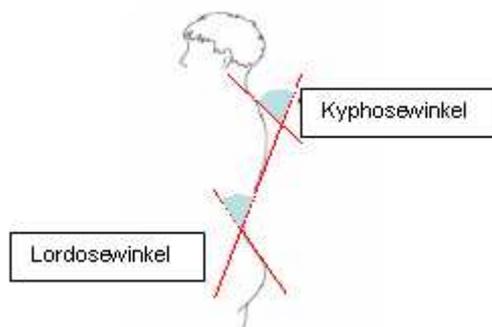
Abbildung 3: Rasterstereographie



Ausgehend von diesen Fixpunkten ist es möglich, ein biomechanisches Modell der Wirbelsäule zu rekonstruieren, aus welchem man diverse klinisch relevante Formparameter, wie z.B. Lordose- und Kyphosewinkel (Abbildung 4),

Abweichungen der Wirbelsäule zur Seite und Parameter des Beckens ableiten kann.

Abbildung 4: Kyphose- und Lordosewinkel



In dieser Studie wurden die Probanden bei allen Untersuchungen auf die gleiche Art und Weise vermessen. Sie wurden locker freistehend, auf einer Hebebühne so platziert, dass ihre Füße etwas hüftbreit auseinander über der Mittelmarkierung standen. In dieser Position wurde eine Reihe von Bildserien aufgenommen, die anschließend in einen Computer eingelesen und mit entsprechenden Analysemethoden innerhalb weniger Sekunden bearbeitet wurden.

Für eine Vergleichbarkeit in der statistischen Auswertung wurde jeweils das dritte Bild aus der ersten Bilderserie pro Untersuchungstermin verwendet.

Mittels Rasterstereographie lassen sich zahlreiche Formparameter ermitteln. Für die Studie jedoch wurden die folgenden 5 Formparameter herausgegriffen, da sie als besonders wichtig betrachtet wurden.

Anatomische Parameter:

- Der Kyphosewinkel

Dies ist der maximale Kyphosewinkel, gemessen zwischen dem cervico-thorakalen Wendepunkt ICT in der Nähe von Vertebra Prominens (7. Halswirbel) und dem thorako-lumbalen Wendepunkt ITL. Die zugehörigen Tangenten sind als gestrichelte Linien in der Lateralprojektion eingezeichnet. Gemessen wird der Kyphosewinkel in Grad (Abbildung 4).

- Der Lordosewinkel

Dieser Winkel wird analog zu den entsprechenden Kyphosewinkeln definiert, wobei der Fixpunkt Vertebra Prominens (7. Halswirbel) durch Dimple middle ersetzt (Mitte der Lumbalgrübchen) wird. Der maximale Lordosewinkel ist definiert durch den thorako-lumbalen Wendepunkt ITL und den lumbo-sacralen Wendepunkt ILS in der Nähe von Dimple middle. Gemessen wird der Lordosewinkel in Grad (Abbildung 4).

- Die Lotabweichung

Die Lotabweichung, gemessen in Millimetern oder Grad, ist definiert als Lateralabweichung der Vertebra Prominens (7. Halswirbel) von der Mitte zwischen den Lumbalgrübchen. Ein positiver Wert bedeutet eine Verschiebung von Vertebra Prominens nach rechts, ein negativer eine solche nach links (in posterior anterior - Richtung gesehen).

- Die Rumpfneigung

Die Rumpfneigung, angegeben in mm, ist der Winkel zwischen der Schwerelinie und der Verbindungslinie Vertebra Prominens-Dimple middle (in seitlicher Projektion). Der Winkel ist positiv, wenn Vertebra Prominens anterior zu Dimple middle (Mitte der Lumbalgrübchen) liegt (Vorneigung) und negativ bei Vertebra Prominens posterior zu Dimple middle (Rückneigung).

- Die Seitabweichung

Dieser Parameter, angegeben in mm, beschreibt die dem Betrage nach maximale Abweichung der Mittellinie der Wirbelsäule von der Linie Vertebra Prominens-Dimple middle, d.h. den Wert am Apex (in der Frontalebene). Bei positivem bzw. negativem Vorzeichen ist die Abweichung nach rechts bzw. nach links.

3.3 Funktion und Anwendung des Feedbacksystems

Die Vermittlung einer momentanen Körperposition erfolgt mittels eines kommerziellen Feedbackgerätes. Version 1 des ZEGRA-Haltungstrainers misst mit einem passiven Sensor am Brustbein (zeiten zur Auswertung verwendet.

Abbildung 5) die Wirbelsäulenkrümmung und leitet diese Informationen über ein Kabel an eine Speichereinheit am Gürtel. Beim Einschalten des Gerätes wird die aktuelle Krümmung als Schwellenwert gespeichert und das Gerät misst im weiteren Verlauf die aktuelle Haltung (maximale Frequenz = 1 Hz). Wird dieser Schwellenwert über- oder unterschritten, wird der Benutzer durch einen Vibrationsalarm an eine aufrechte Haltung erinnert. In der praktischen Umsetzung bedeutet das, dass die Probanden selbst wählen können, ab welchem Krümmungsgrad der Wirbelsäule sich der Alarm auslöst und sie sich somit wieder aufrichten sollen. Der Sensor wird Klebepflastern auf die Haut geklebt oder mit einem Gurt befestigt. Bei Frauen kann er, wenn sie eine BH tragen, auch direkt dort angebracht werden.

In dieser Studie konnten wir zusätzlich bei einer Hälfte der Probanden eine weiterentwickelte Version dieses Haltungstrainers anwenden. Bei der 2. Version des ZEGRA-Haltungstrainers können die Haltungsdaten zusätzlich im Haltungstrainer gespeichert werden und so später auf einen PC heruntergeladen und als Excel-Dateien ausgelesen werden. Die ausgelesenen Haltungsdaten sind ordinale Werte, die anzeigen, ob die Haltung des Benutzers mehr oder weniger aufrecht war. Um sie klinisch nutzbar zu machen, müssen zu Beginn jeder Aufzeichnung die Werte klinisch relevanter Wirbelsäulenkrümmungen aufgezeichnet werden, um als Referenz eine sinnvolle Interpretation der Haltungsdaten zu ermöglichen. Da dies in der vorliegenden Studie noch nicht umgesetzt wurde, wurde von den aufgezeichneten Daten nur die Tragedauer und –zeit verwendet. Da das Gerät (Version 2) in den ersten 3 Wochen noch nicht über eine integrierte Uhr mit Datumsaufzeichnung verfügte, konnte man bei manchen Probanden die vom Gerät aufgezeichnete Tragezeit im Nachhinein nicht dem genauen Tag zuordnen. Deswegen wurden hier die Gesamttragezeiten zur Auswertung verwendet.

Abbildung 5: Der ZEGRA-Haltungstrainer



Das Studientagebuch (siehe Anhang) enthält zum einen eine genaue Anleitung zur Anwendung des ZEGRA-Haltungstrainers. Des Weiteren war hier jeder einzelne Tag der Haltungstrainerphase (für Gruppe A und B unterschiedliche Zeiträume) in einer Excel-Tabelle aufgeführt. Hier sollten die Probanden an dem Tag, an dem sie den Haltungstrainer trugen, die entsprechende Spalte ausfüllen, die folgende Inhalte hatte:

1. Rückenschmerz zu Beginn des Arbeitstages (auf einer Skala von 0-10, wobei 0 gar kein Schmerz bedeutet und 10 der schlimmste Schmerz, den man sich vorstellen kann).
2. Rückenschmerz am Ende des Arbeitstages (Skala 0-10).
3. Haltungstrainer-Tragedauer in Stunden.
4. Schmerzmedikation am entsprechenden Tag (ja oder nein).
5. Batteriewechsel (mit x gekennzeichnet).

Zum Schluss hatten die Probanden noch die Möglichkeit, ihren Kommentar zu dem Haltungstrainer bzw. zur ganzen Studie abzugeben.

Aus dem Tagebuch wurde nur die Haltungstrainer-Tragedauer der Gruppe B mit in die statistische Auswertung genommen. Da die Gruppe B die 2. Version des Haltungstrainers hatte, welcher die Tragezeit am jeweiligen Tag

aufgezeichnet hatte, konnte hier die im Tagebuch angegebene Haltungstrainer-Tragedauer mit der vom Haltungstrainer aufgezeichneten Tragezeit verglichen werden. Da im CAFE-40 die Fragen nach Rückenschmerzen und Schmerzmedikation ebenfalls gestellt wurden, wurde auf die Auswertung der Angaben im Tagebuch verzichtet. Die teilweise angegebenen Kommentare nach Abschluss des Haltungstrainings werden am Schluss der Arbeit diskutiert.

3.4 Versuchsablauf

Um zu untersuchen, inwieweit der Haltungstrainer Auswirkungen auf die Sitzhaltung hat, wurden die 56 Probanden in 2 Gruppen aufgeteilt. Die Mitarbeiter der Firma 1 und 2 wurden zur Gruppe A (n=22) zusammengefasst und die Mitarbeiter Firma 3 stellten die Gruppe B (n=34) dar. Diese ungleiche Verteilung wurde in Kauf genommen, damit alle Mitarbeiter aus einer Firma unter den genau gleichen Versuchsbedingungen an der Studie teilnehmen konnten.

Die Studie wurde dann in eine **Untersuchungsphase** und eine **Haltungstrainerphase**, in der aufrechte Körperhaltung geschult wurde, eingeteilt.

- **Untersuchungsphase:**

Alle Probanden (Gruppe A und B) wurden insgesamt drei Mal in der Medizinischen Klinik, Abteilung Sportmedizin der Universität Tübingen untersucht. Die 1. Untersuchung fand Anfang April 2005 statt, die 2. 7 Wochen später und die 3. 14 Wochen später. Um die vielen Probanden möglichst schnell und immer unter den gleichen Bedingungen zu untersuchen, wurde jeweils eine Woche (Montag bis Donnerstag) von 17.00 Uhr bis ca. 20.30 Uhr untersucht.

Zu jedem Untersuchungstermin wurde von den Probanden der CAFE-40-Fragebogen ausgefüllt mitgebracht oder vor Ort ausgefüllt. Ein Untersuchungstermin dauerte ca. 15 min und beinhaltete folgende Einzelmessungen:

- Rasterstereographieaufnahmen im Stand.

- Messung der Mobilität der Wirbelsäule mithilfe des „Finger-Boden-Abstands“.
- Messung der Kraft der Rückenstrecker Muskulatur mit dem DAVID 110 System.

• **Haltungstrainerphase:**

Insgesamt gab es zwei Haltungstrainerphasen mit der Dauer von 6 Wochen. Die erste Haltungstrainerphase fand zwischen der 1. und 2. Untersuchung statt und betraf nur Probanden der Gruppe A. In dieser Zeit sollte der Haltungstrainer mit Vibrationsalarm (Version 1) 3 Tage die Woche für jeweils 4 Stunden getragen werden. Die 2. Haltungstrainerphase fand zwischen der 2. und 3. Untersuchung statt und betraf nur Probanden der Gruppe B, die den Haltungstrainer (Version 2) ebenfalls unter den genau gleichen Bedingungen wie die Gruppe A tragen sollten.

Am ersten Tag der jeweiligen Haltungstrainerphase wurden die Probanden in ihrer Firma aufgesucht und mit einem Haltungstrainer, welcher jedem Teilnehmer individuell angepasst wurde, inkl. Studientagebuch und –anleitung ausgestattet. Zudem erhielten alle Teilnehmer eine Schulung in die Physiologie des Sitzens von einem erfahrenen Physiotherapeuten. Diese bestand in der Aufklärung von Folgeschäden der Wirbelsäule und ihrer umgebenden Weichteile durch falsches Sitzen (falsche Belastung), anschaulicher Demonstration aufrechter Sitzhaltung und anschließender Schulung des eigenen Körpergefühls für eine gute Sitzposition durch verschiedene Übungen.

Tabelle 3: Einteilung der Gruppen und zeitlicher Ablauf

	Gruppe A	Gruppe B	Zeit
Untersuchung 1	X	X	1. Woche
Haltungstrainerphase 1	X		2.-7. Woche
Untersuchung 2	X	X	8. Woche
Haltungstrainerphase 2		X	9.-14. Woche
Untersuchung 3	X	X	15. Woche

3.5 Statistische Methoden

Alle Untersuchungsergebnisse wurden in Excel-Tabellen dokumentiert. Ebenso wurde die tabellarische Darstellung einzelne Messergebnisse und die Darstellung einiger Histogramme mithilfe des Programms Microsoft Office® 2000 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) gefertigt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm JMP® IN 5.1 (SAS Institute, North Carolina, USA).

Zur Charakterisierung nominaler Daten wurden Anzahlen und Anteile angegeben, zur Darstellung zweier nominaler Variablen wurde ein Mosaikplot verwendet.

Um Verteilungen ordinaler Daten zu beschreiben, wurden die Maximalwerte, Minimalwerte und der Median angegeben. Zur grafischen Darstellung ordinaler Daten wurden Stabdiagramme verwendet.

Um Verteilungen kontinuierlicher Daten zu beschreiben, wurden der (arithmetische) Mittelwert und die Standardabweichung angegeben, teilweise auch der Maximal- und Minimalwert. Grafisch wurden sie mit Histogrammen dargestellt.

Es wird angenommen, dass die Variablen Alter, Kraft, Mobilität und die des CAFE-40 normalverteilt sind.

Für den Vergleich der einzelnen Messergebnisse derselben Person an zwei unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten wurde bei normalverteilten Daten ein gepaarter t-Test durchgeführt, dabei wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha=5\%$ gewählt. Da mehrere Tests zwischen Daten von vier Zeitpunkten durchgeführt wurden, wurde auf multiples Testen adjustiert. Hierzu wurde die Methode nach Bonferroni verwendet. Meist wurden drei Tests durchgeführt: Zeitpunkte 1 zu 2, 2 zu 3 und 3 zu 4. Ein einzelner Test ist nach Adjustierung signifikant, falls ein Signifikanzniveau von $\alpha^*=0,05/3= 0,017$ unterschritten wurde.

Korrelationen zwischen zwei normalverteilten Variablen wurden mittels des Korrelationskoeffizienten nach Pearson geschätzt. Bei nicht-normalverteilten oder ordinalen Daten wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman verwendet. Grafisch wurden diese Daten in Streudiagrammen dargestellt.

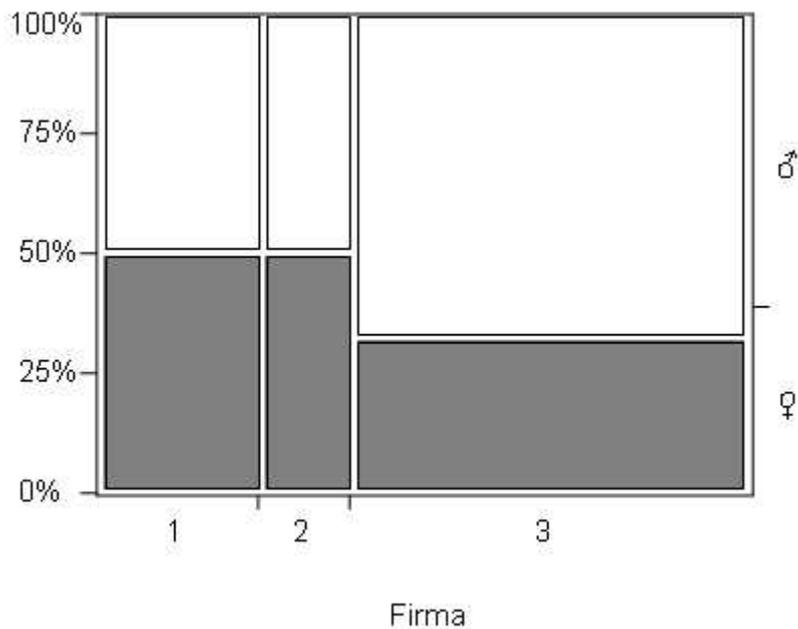
4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Parameter der Rückengesundheit aller 3 Untersuchungen vorgestellt und miteinander verglichen.

4.1 Probandenbeschreibung

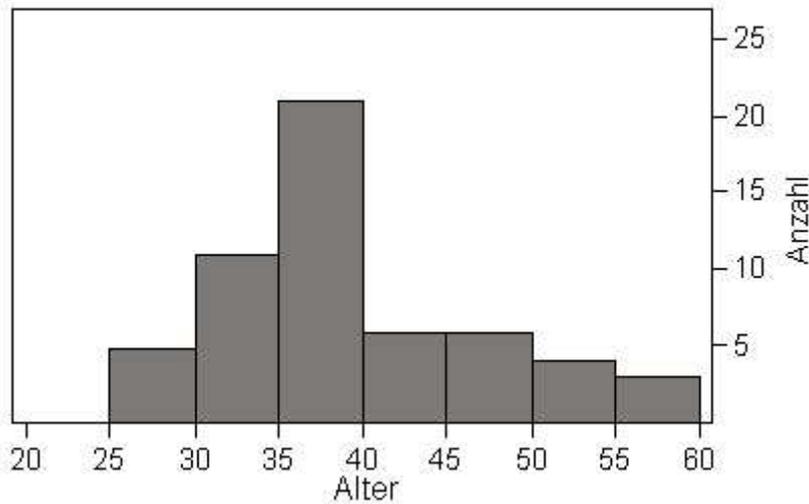
Die Probanden stammen aus 3 unterschiedlichen Firmen (Firma 1, 2, 3). An der 1. und 2. Messung waren 14 Probanden der Firma 1 (7 Frauen und 7 Männer), 8 Probanden der Firma 2 (4 Frauen und 4 Männer) und 34 Probanden der Firma 3 (11 Frauen und 23 Männer) anwesend. Vor der 3. Messung schieden ein Mann der Firma 1 und 3 Frauen und 2 Männer der Firma 3 aus.

Abbildung 6: Firma und Geschlechterverteilung der Probanden



Der jüngste Proband war 25 und der älteste 58 Jahre alt. Die Altersverteilung wird in folgender Grafik (Abbildung 7) dargestellt.

Abbildung 7: Altersverteilung der Probanden



Hierbei liegt der Mittelwert des Alters bei 38,8 Jahren und die Standardabweichung beträgt 8,1 Jahre.

Die mittlere Altersverteilung der einzelnen Firmen in Jahren:

Tabelle 4: Altersverteilung der Probanden

Firma	Jüngste/er	Älteste/er	Mittelwert
1	25	55	40
2	30	58	44
3	25	52	37

4.2 Gruppeneinteilung und Untersuchungszeitpunkte

Wie im Versuchsablauf unter 3.4 beschrieben, trug die Gruppe A zwischen 1. und 2. Messung den Haltungstrainer und Gruppe B zwischen 2. und 3. Messung. Bei beiden Gruppen wurden 3 Messungen vorgenommen. Zum besseren Vergleich in der Auswertung wurden folgende Untersuchungszeitpunkte festgelegt.

- Untersuchungszeitpunkt 1: 6 Wochen vor der Haltungstrainerphase
(Kontrollgruppe B)
- Untersuchungszeitpunkt 2: direkt vor der Haltungstrainerphase
- Untersuchungszeitpunkt 3: direkt nach der Haltungstrainerphase
- Untersuchungszeitpunkt 4 : 6 Wochen nach der Haltungstrainerphase
(Kontrollgruppe A)

Tabelle 5: Gruppeneinteilung und Untersuchungszeitpunkte

	Gruppe A	Gruppe B
Untersuchungszeitpunkt 1	Keine Untersuchung	Kontrollgruppe B (6 Wochen vor Haltungstrainerphase)
Untersuchungszeitpunkt 2	Direkt vor Haltungstrainerphase	Direkt vor Haltungstrainerphase
Haltungstrainerphase		
Untersuchungszeitpunkt 3	Direkt nach Haltungstrainerphase	Direkt nach Haltungstrainerphase
Untersuchungszeitpunkt 4	Kontrollgruppe A (6 Wochen nach Haltungstrainerphase)	Keine Untersuchung

Bei Gruppe A wurde direkt vor und nach der Haltungstrainerphase untersucht und dann noch einmal nach 6 Wochen.

Bei Gruppe B wurde 6 Wochen vor der Haltungstrainerphase untersucht, direkt davor und direkt danach.

4.3 Studientagebuch

Hier wird die, von den Probanden angegebene Haltungstrainertragedauer mit der tatsächlich aufgezeichneten Tragedauer des Haltungstrainers verglichen. Da wir bei der Gruppe B die überarbeitete Version des Haltungstrainers mit Datenspeicher (2.Version) zur Verfügung hatte, konnte bei 29 Probanden dieser Vergleich angestellt werden.

Tabelle 6: Ausschnitt der Haltungstrainertragezeiten

Nr.	Tag	Start	Ende	Tragedauer	
				Angegeben	Aufgezeichnet
7	1	06.06.05	07.06.05	3.30	3.08
7	2	07.06.05	08.06.05	-	-
7	3	08.06.05	09.06.05	3.00	-
7	4	09.06.05	10.06.05	-	-
7	5	10.06.05	11.06.05	4.00	4.04
7	6	11.06.05	12.06.05	-	-
7	7	12.06.05	13.06.05	-	-
7	8	13.06.05	14.06.05	4.00	3.59
7	9	14.06.05	15.06.05	-	-
7	10	15.06.05	16.06.05	-	-
7	11	16.06.05	17.06.05	-	-
7	12	17.06.05	18.06.05	4.00	6.43
7	13	18.06.05	19.06.05	-	-
7	14	19.06.05	20.06.05	-	-

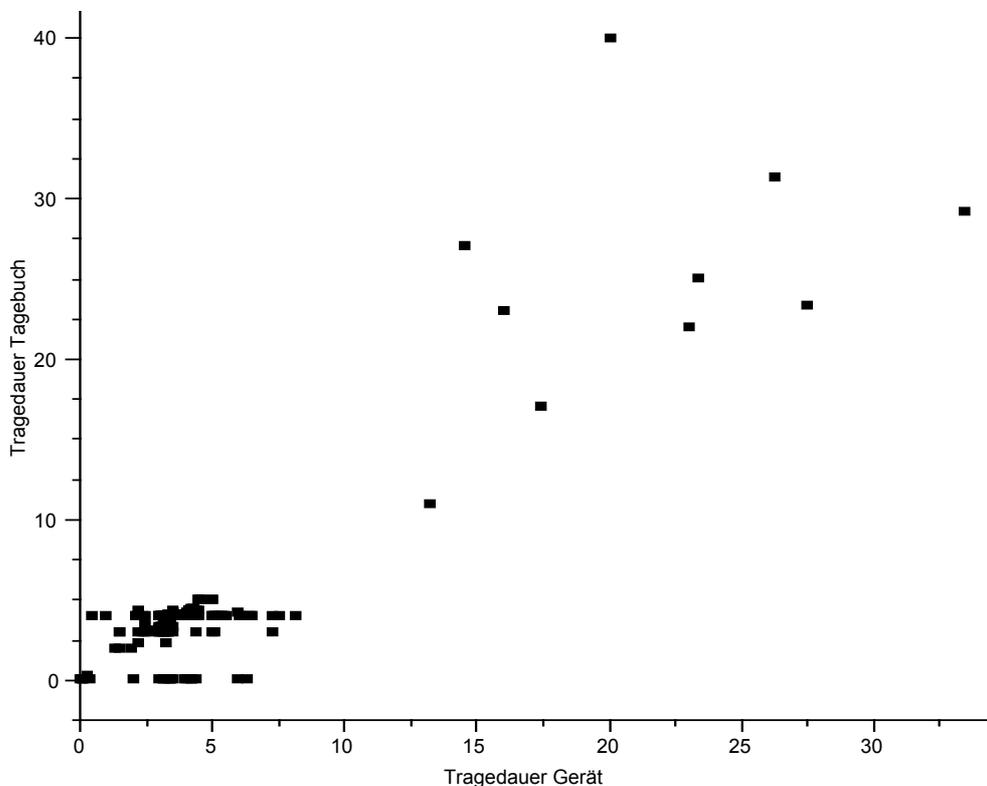
Die Nr. bezeichnet den Probanden. Am Tag 3 hatte der Proband Nr. 7 eine Tragezeit angegeben, das Gerät hat jedoch nichts aufgezeichnet. Dies könnte daran liegen, dass der Proband vergessen hatte wein Gerät einzuschalten, oder dies aus technischen Gründen nichts aufzeichnen konnte (Tabelle 6).

4.3.1 Vergleich der Tagedragezeiten

In der folgenden Abbildung sind die, von den Probanden angegebenen Tragezeiten und die Tragezeiten, welche der Haltungstrainer aufgezeichnet hat, dargestellt.

Die Anordnung der Punkte in teilweise horizontalen Linien für Tragezeiten unter 10 Stunden resultieren aus den gerundeten Angaben der Probanden (Bsp.: 4,00 Stunden). Das Haltungstrainergerät zeichnete jedoch minutengenau auf. Bei Punkten über 10 Stunden wurde die gesamte Tragezeit verglichen. Dies liegt daran, dass das Gerät teilweise nur die Gesamttragedauer erfassen konnte. Die Punkte in einer Linie bei $y=0$ kommen dadurch zustande, dass die Probanden den Eintrag in Ihr Tagebuch vergessen hatten, oder das Gerät war eingeschaltet und es wurde aber nicht getragen und zeichnete trotzdem Tragezeiten auf.

Abbildung 8: Vergleich der Tragezeiten

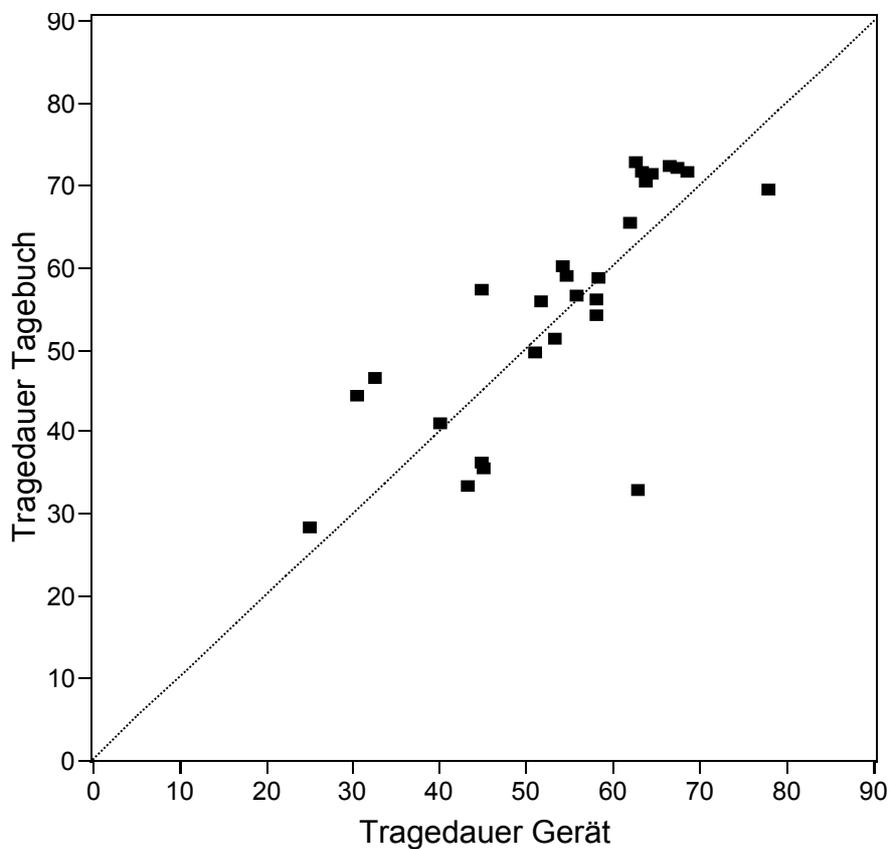


4.3.2 Vergleich der Gesamttragezeiten

Auch der Vergleich der Gesamttragezeiten konnte bei der Hälfte der Probanden (Gruppe B) durchgeführt werden, da sie über die 2. Version des ZEGRA-Haltungstrainer mit Datenspeicher verfügten.

In der folgenden Grafik werden die gesamten Tragezeiten für jeden Probanden nach Tagebuch und Gerät angegeben und miteinander verglichen. Bei manchen Probanden ist die Angabe im Tagebuch höher, bei manchen niedriger als vom Gerät aufgezeichnet. Im Mittel wurden im Tagebuch 55,0 Stunden angegeben, das Gerät erfasste im Mittel 54,2 Stunden. Im Tagebuch wurden im Durchschnitt 0,8 Stunden mehr Tragezeit angegeben. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman ist $r_s=0,79$.

Abbildung 9: Gesamttragedauer pro Proband nach Tagebuch und Gerät (mit 1. Winkelhalbierender)



4.4 Anmerkung zum Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Generell ist zu bemerken, dass bei den Vergleichen zwischen 1. und 2. und zwischen 3. und 4. Untersuchungszeitpunkt nur etwa von der Hälfte der Probanden Daten vorliegen und beim Vergleich zwischen 2. und 3. Untersuchungszeitpunkt von allen Probanden. Deshalb kann derselbe

Unterschied beim Vergleich 2 und 3 signifikant sein, beim Vergleich 1 und 2 oder 2 und 3 nicht.

4.5 Kraft

4.5.1 Vergleich der Kraftwerte aller Untersuchungszeitpunkte zwischen Frauen und Männern

Tabelle 7: Kraftwerte aller vier Untersuchungszeitpunkte von Frauen und Männern in Nm

Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Alle Probanden Mittelwert (STD)	Frauen Mittelwert (STD)	Männer Mittelwert (STD)
1	34	265,0 (94,4)	167,3 (38,0)	311,7 (75,2)
2	56	247,4 (92,8)	167,8 (43,5)	298,9 (78,8)
Haltungstrainerphase				
3	51	261,7 (103,2)	176,9 (49,3)	312,1 (93,4)
4	20	231,3 (90,9)	172,2 (40,4)	290,3 (89,8)

In den folgenden vier Schaubildern werden die Ergebnisse der Kraftmessungen von Untersuchungszeitpunkt 2 und 3, d.h. direkt vor und nach der Haltungstrainerphase von den Frauen und Männern dargestellt.

- Kraftwerte Frauen:

Abbildung 10: Kraftwerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 2

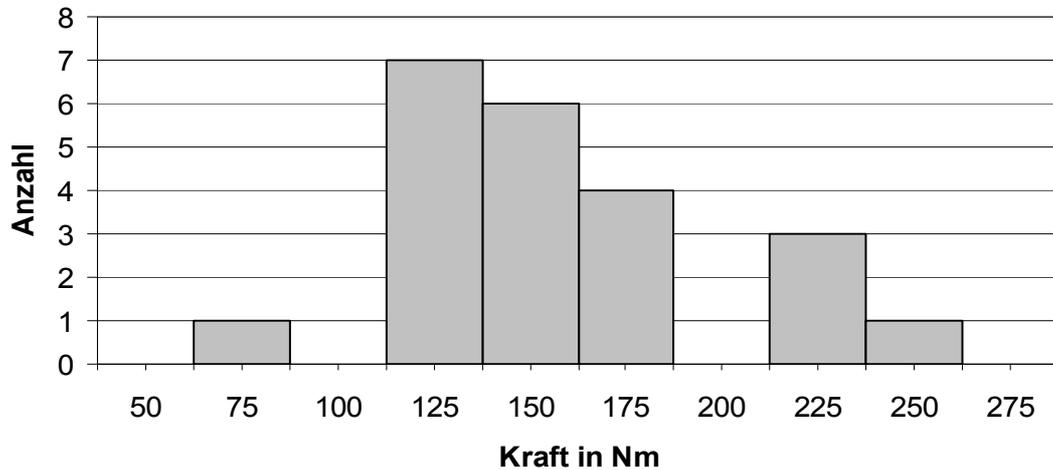
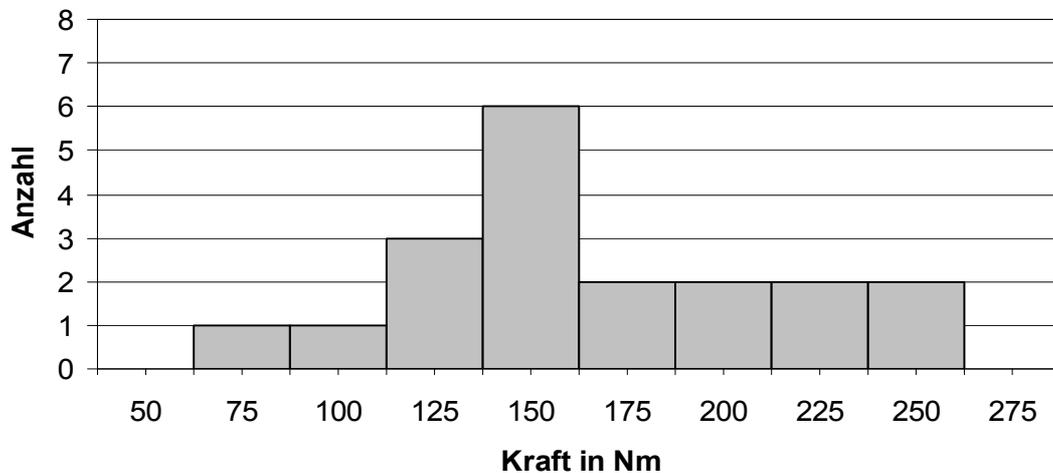


Abbildung 11: Kraftwerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 3



Zum Untersuchungszeitpunkt 2 beträgt der Minimalwert 66,0 Nm und der Maximalwert 263,0 Nm. Zum Untersuchungszeitpunkt 3 ist der Minimalwert um 13 Nm gestiegen und der Maximalwert um 6 Nm gesunken.

- Kraftwerte Männer

Abbildung 12: Kraftwerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 2

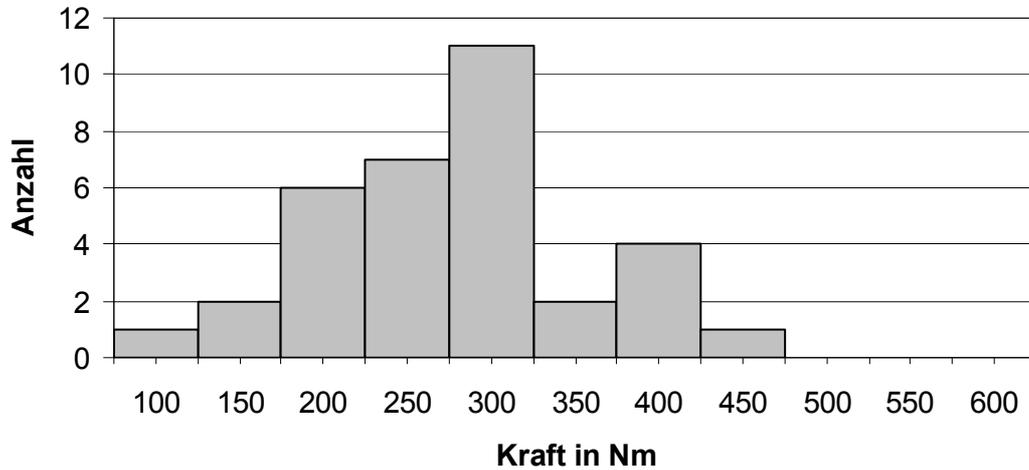
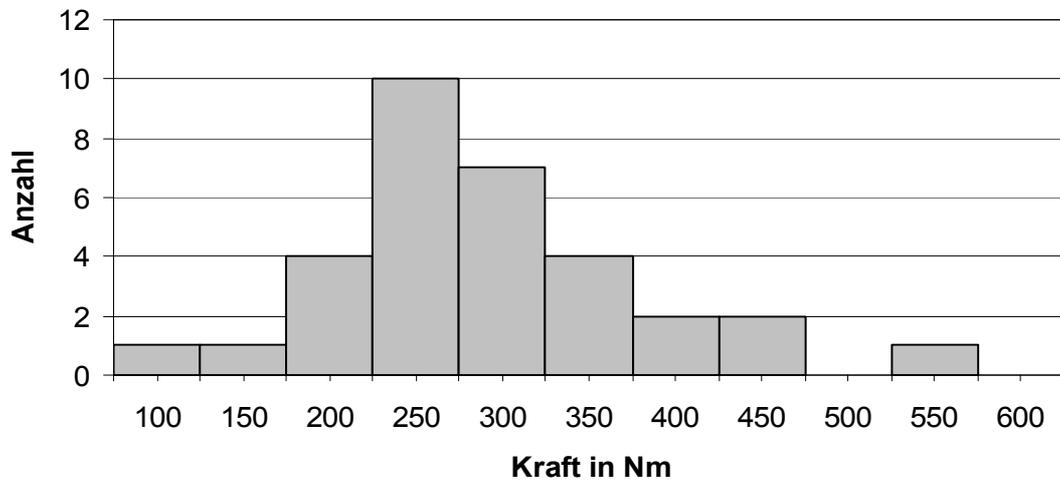


Abbildung 13: Kraftwerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 3



Zum Untersuchungszeitpunkt 3 beträgt der Minimalwert 117,0 Nm und der Maximalwert 557,0 Nm. Zum Untersuchungszeitpunkt 2 beträgt der Minimalwert 113,0 Nm und der Maximalwert 470,0 Nm. Zum Untersuchungszeitpunkt 3 ist der Minimalwert um 4 Nm gestiegen und der Maximalwert immerhin um 87 Nm gestiegen.

4.5.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 (Kontrollgruppe B):

Der Untersuchungszeitraum zwischen 1 und 2 betrifft nur Probanden der Gruppe B (n=34). Bei diesen Probanden nimmt die Kraft von Untersuchungszeitpunkt 1 zu 2 um 1,3 Nm zu. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,85).

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 3 und 4 (Kontrollgruppe A):

Der Untersuchungszeitraum zwischen 3 und 4 betrifft nur Probanden der Gruppe A (n=20). Bei diesen Probanden nimmt die Kraft von Untersuchungszeitpunkt 3 zu 4 um 2,7 Nm zu. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,81).

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (Haltungstrainerphase):

Dieser Vergleich kann mit beiden Gruppen durchgeführt werden (n=51). Bei diesen Probanden nimmt die Kraft von Untersuchungszeitpunkt 2 zu 3 um 13,3 Nm zu. In einem gepaarten t-Test ist dieser Unterschied signifikant, auch nach Adjustierung für multiples Testen (p-Wert = 0,016).

- Vergleich zwischen dem Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (Haltungstrainerphase) für Männer und Frauen getrennt betrachtet:

Bei Frauen (n=19) nahm die Kraft zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 um 6,9 Nm, bei Männern (n=32) um 17,1 Nm, zu.

4.6 Mobilität

4.6.1 Vergleich der Mobilitätswerte aller Untersuchungszeitpunkte zwischen Frauen und Männer

Tabelle 8: Mobilitätswerte aller vier Untersuchungszeitpunkte von Frauen und Männern in cm

Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Alle Probanden Mittelwert (STD)	Frauen Mittelwert (STD)	Männer Mittelwert (STD)
1	34	31,1 (10,9)	24,1 (8,3)	34,4 (10,4)
2	56	31,3 (11,3)	26,0 (9,5)	34,8 (11,2)
Haltungstrainerphase				
3	51	29,6 (11,4)	24,7 (11,1)	32,4 (10,7)
4	20	29,8 (12,2)	27,8 (11,7)	31,7 (13,1)

In den folgenden vier Schaubildern werden die Ergebnisse der Mobilitätsmessungen von Untersuchungszeitpunkt 2 und 3, d.h. direkt vor und nach der Haltungstrainerphase von den Frauen und Männern dargestellt.

- Mobilitätswerte Frauen

Abbildung 14: Mobilitätswerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 2

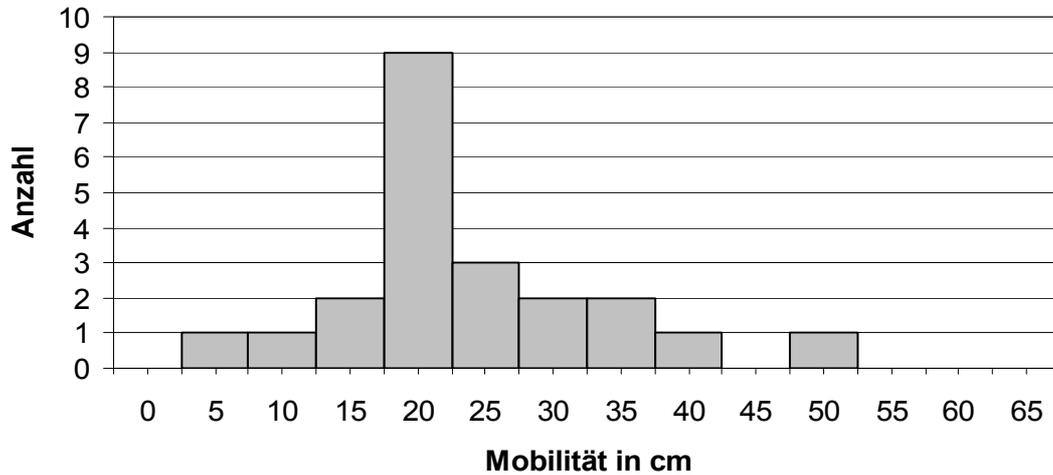
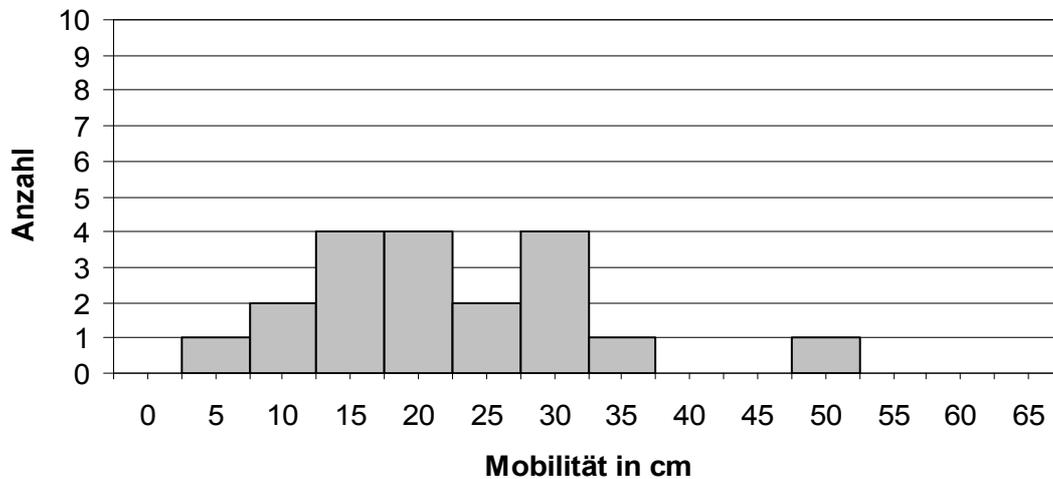


Abbildung 15: Mobilitätswerte Frauen zum Untersuchungszeitpunkt 3



Zum Untersuchungszeitpunkt 2 beträgt die maximale Beweglichkeit 6,0 cm (Finger-Boden-Abstand) und die minimale Beweglichkeit 50,0 cm. Zum Untersuchungszeitpunkt 3 ist die maximale Beweglichkeit gleich geblieben und die minimale Beweglichkeit um 4 cm gesunken.

- Mobilitätswerte Männer

Abbildung 16: Mobilitätswerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 2

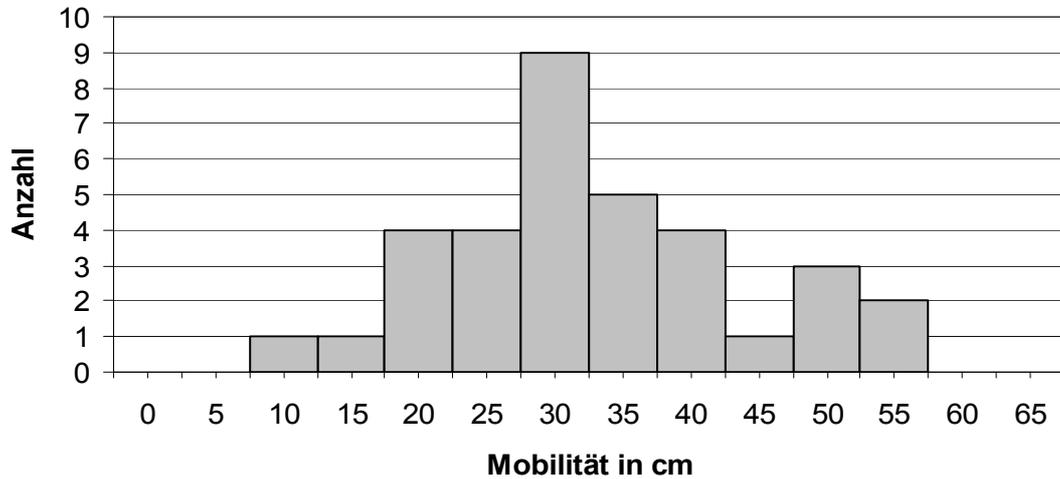
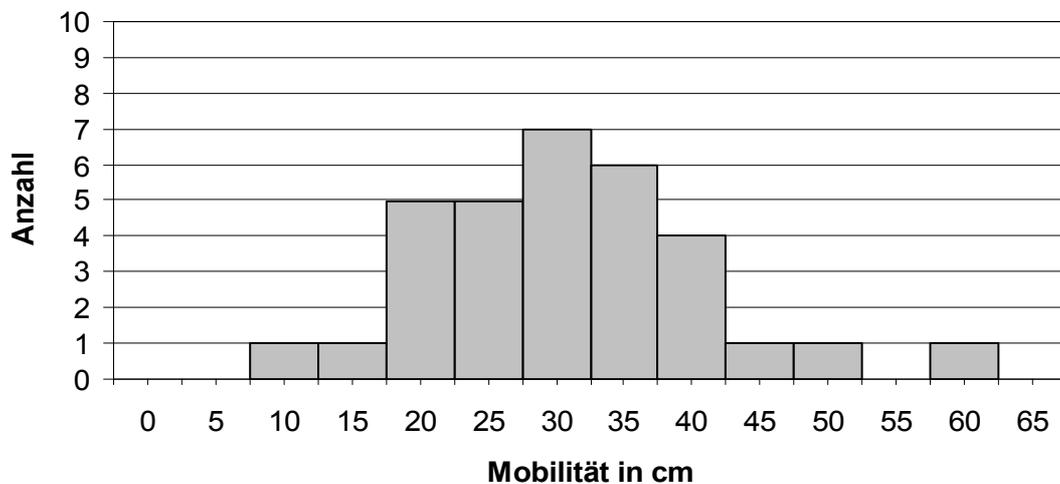


Abbildung 17: Mobilitätswerte Männer zum Untersuchungszeitpunkt 3



Zum Untersuchungszeitpunkt 2 beträgt die maximale Beweglichkeit 12,0 cm (Finger-Boden-Abstand) und die minimale Beweglichkeit 59,0 cm. Zum Untersuchungszeitpunkt 3 ist die maximale Beweglichkeit um 2 cm gestiegen und die minimale Beweglichkeit um 2 cm gesunken.

4.6.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 (Kontrollgruppe B):

Der Untersuchungszeitraum zwischen 1 und 2 betrifft nur Probanden der Gruppe B (n=34). Bei diesen Probanden nimmt die Beweglichkeit von Untersuchungszeitpunkt 1 zu 2 um 0,4 cm zu. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,56).

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 3 und 4 (Kontrollgruppe A):

Der Untersuchungszeitraum zwischen 3 und 4 betrifft nur Probanden der Gruppe A (n=20). Bei diesen Probanden nimmt die Beweglichkeit von Untersuchungszeitpunkt 3 zu 4 um 0,6 cm zu. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,61).

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (Haltungstrainerphase):

Hier gibt es einen signifikanten Unterschied direkt vor und nach der Haltungstrainerphase, d.h. bei allen Studienteilnehmern (n=51) hat sich die Beweglichkeit verbessert, dadurch dass sich der Finger-Boden-Abstand im Schnitt von Untersuchungszeitpunkt 2 zu 3 um 1,7 cm verkleinert hat. Der gepaarte t-Test ergibt einen p-Wert von $< 0,001$. Der Unterschied ist auch nach Adjustierung signifikant.

4.7 Subjektives Wohlbefinden mittels California Functional Evaluation - Fragebogen

4.7.1 Ausgewertete Fragen

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 (Kontrollgruppe B) :

Der Untersuchungszeitraum zwischen 1 und 2 betrifft nur Probanden der Gruppe B (n=34). Bei diesen Probanden nehmen die Angaben zur allgemeinen

Gesundheit und dem Aktivitätsniveau von Untersuchungszeitpunkt 1 zu 2 um 0,01 ab. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,80). Dies spricht dafür, dass CAFE-40 reproduzierbare Ergebnisse liefert.

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 3 und 4 (Kontrollgruppe A):

Der Untersuchungszeitraum zwischen 3 und 4 betrifft nur Probanden der Gruppe A (n=20). Bei diesen Probanden nehmen die Angaben zur allgemeinen Gesundheit und dem Aktivitätsniveau von Untersuchungszeitpunkt 3 zu 4 um 0,02 ab. Dieser Unterschied ist in einem gepaarten t-Test nicht signifikant (p-Wert = 0,85). Dies spricht dafür, dass CAFE-40 reproduzierbare Ergebnisse liefert.

- Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (Haltungstrainerphase):

Dieser Vergleich kann mit beiden Gruppen durchgeführt werden (n=50). Hier stellt sich bei den Probanden eine Zunahme der allgemeinen Gesundheit und des Aktivitätsniveaus von Untersuchungszeitpunkt 2 zu 3 von 0,14 heraus. In einem gepaarten t-Test ist dieser Unterschied signifikant, auch nach Adjustierung für multiples Testen (p-Wert = 0,006).

4.7.2 Mittlere Differenz der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

In folgender Tabelle sind die mittleren Differenzen der Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte dargestellt. Dabei wird der CAFE-40-Fragebogen gesamt und die Bereiche Allgemeine Gesundheit (Frage 1-8) und der Bereich Aktivitätsniveau (Frage 9-20) separat betrachtet.

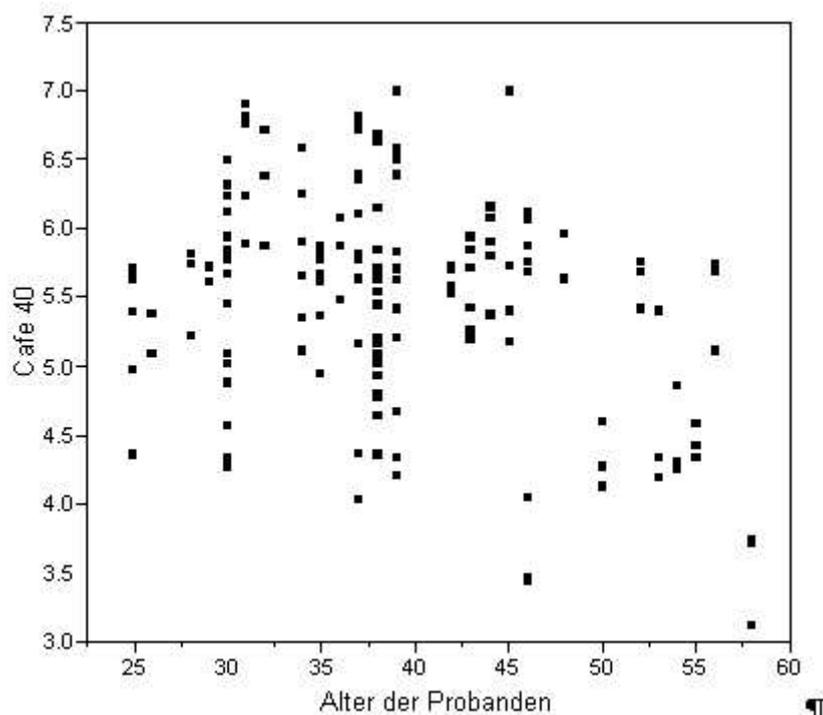
Tabelle 9: Mittlere Differenzen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte des CAFE-40

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Mittlere Differenz Cafe-40 gesamt	Mittlere Differenz CAFE-40 Frage 1-8	Mittlere Differenz CAFE-40 Frage 9-20
1 und 2	+0,01	-0,05	+0,08
2 und 3	-0,14	-0,12	-0,15
3 und 4	+0,02	+0,06	-0,03

4.7.3 Alter der Probanden

Bei diesem Vergleich besteht ein schwacher linearer Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten nach Pearson von -0.32 . D.h., dass die Probanden mit zunehmendem Alter auch ein geringeres Aktivitätsniveau und geringere Werte beim allgemeinen Gesundheitszustand im CAFE-40-Fragebogen angaben.

Abbildung 18: CAFE-40 und Alter der Probanden



4.7.4 Schmerzmitteleinnahme der Probanden

Bei der Frage: „Mit Rückenschmerzen wie Heute nehme ich Schmerzmittel etwa ___mal pro Tag“; gab ein Proband 0-1 und ein weiterer 3 an. Dies waren die einzigen zwei Fragebögen, die an dieser Stelle ausgefüllt wurden.

4.7.5 Rückenschmerzen in Korrelation

Die paarweise Korrelationskoeffizienten nach Spearman zwischen Schmerzen bei a) Ruhezustand, b) Arbeiten, c) Gehen und d) Freizeitaktivitäten liegen zwischen 0,64 und 0,81. Dies weist auf einen positiven Zusammenhang zwischen den Schmerzangaben bei den verschiedenen Zuständen hin.

Tabelle 10: Korrelation der einzelnen Schmerzzustände

Variable	Zu Variable	Spearman Rho
Arbeiten	Ruhezustand	0,69
Gehen	Ruhezustand	0,64
Gehen	Arbeiten	0,67
Freizeitaktivitäten	Ruhezustand	0,69
Freizeitaktivitäten	Arbeiten	0,64
Freizeitaktivitäten	Gehen	0,81

4.7.6 Rückenschmerzen vor und nach der Haltungstrainerphase

In den folgenden Abbildungen werden die Schmerzangaben der einzelnen Probanden direkt vor und direkt nach der Haltungstrainerphase miteinander verglichen. D. h. es wird nur Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 miteinander verglichen.

Abbildung 19: Schmerzen im Ruhezustand

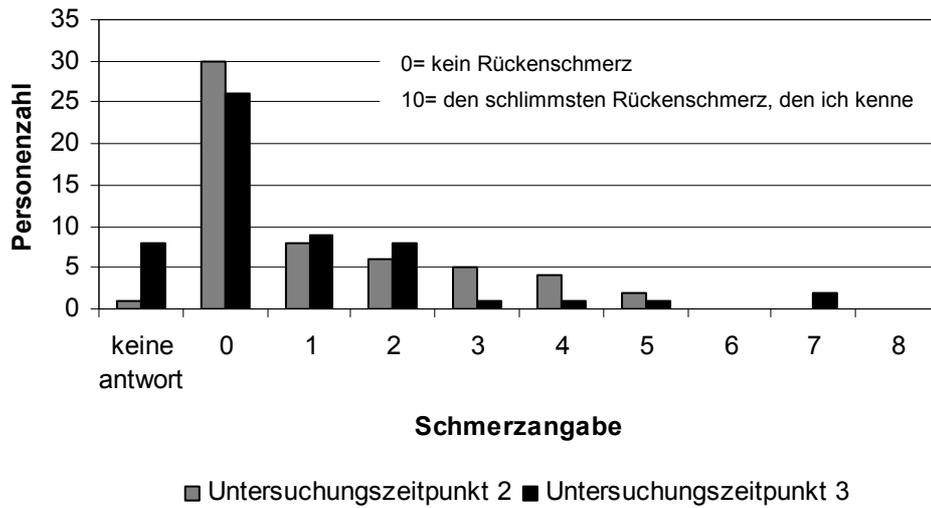
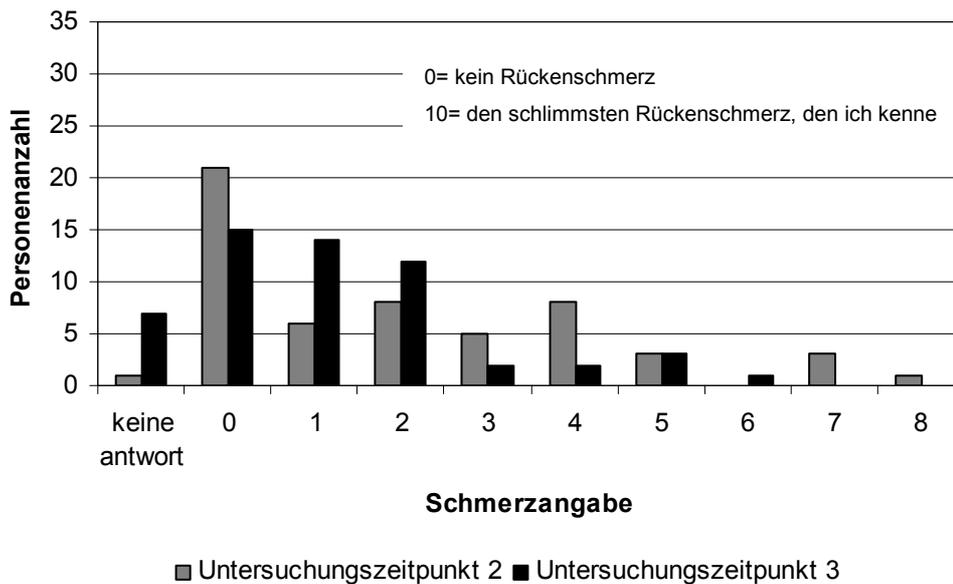


Abbildung 20: Schmerzen beim Arbeiten



In Abbildung 19 werden die Schmerzangaben der Frage 37 a), Schmerzen im Ruhezustand vor und nach der Haltungstrainerphase angezeigt. Abbildung 20 beschreibt die Frage 37 b) Schmerzen beim Arbeiten.

Abbildung 21: Schmerzen beim Gehen

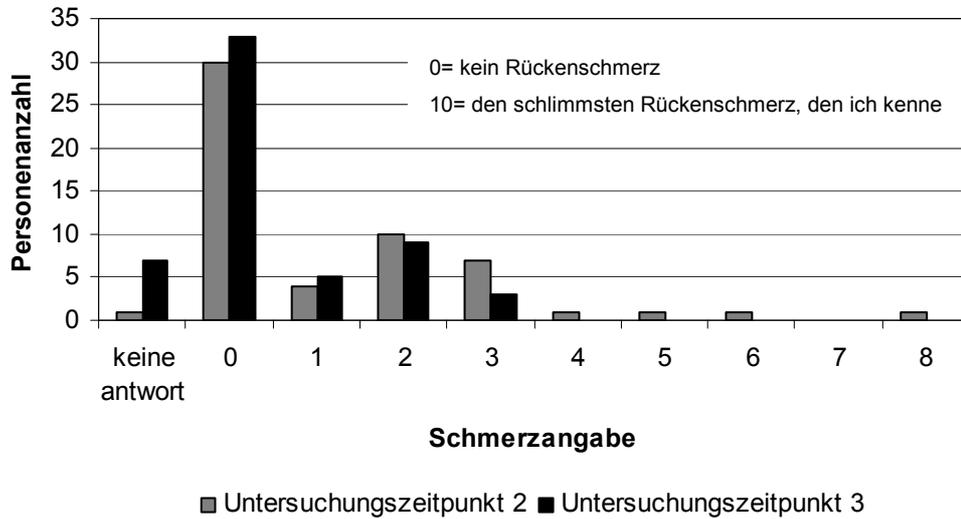
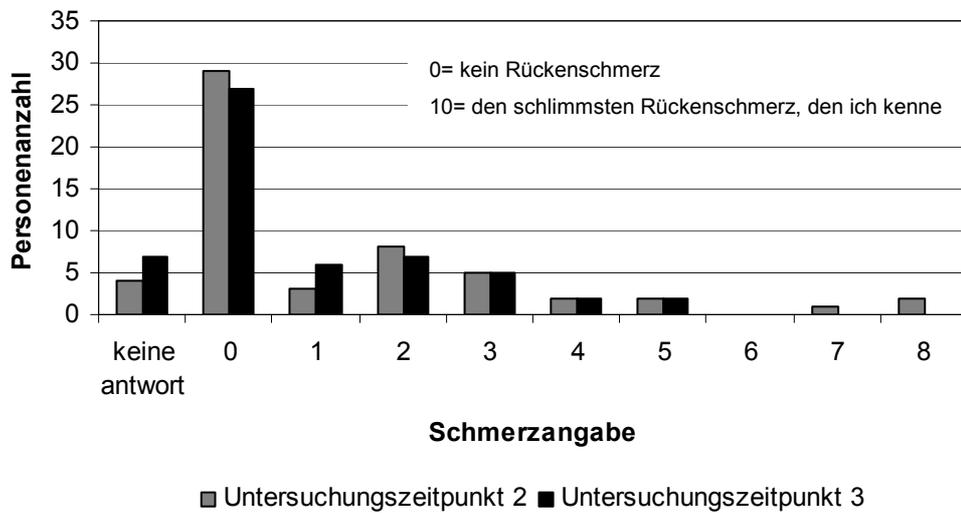


Abbildung 22: Schmerzen bei Freizeitaktivitäten



In Abbildung 21 werden die Schmerzangaben der Frage 37 c), Schmerzen beim Gehen vor und nach der Haltungstrainerphase angezeigt. Abbildung 22 beschreibt die Frage 37 d) Schmerzen bei Freizeitaktivitäten.

4.8 Kyphosewinkel

4.8.1 Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in Grad

Tabelle 11: Kyphosewinkel, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkt	Maximalwert	Minimalwert	Mittelwert
1	71,7	37,5	55,1
2	71,5	35,3	54,1
Haltungstrainerphase			
3	74,9	33,7	54,6
4	71,3	35,7	53,3

4.8.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Unter der Annahme, dass die Beträge normalverteilt sind, konnten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Untersuchungszeitpunkte festgestellt werden.

Tabelle 12: Kyphosewinkel, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Mittlere Differenz in Grad	p-Wert (gepaarter t-Test)
1 und 2	30	+0,2	0,66
2 und 3	43	+0,3	0,61
3 und 4	16	+0,9	0,23

4.9 Lordosewinkel

4.9.1 Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in Grad

Tabelle 13: Lordosewinkel, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkt	Maximalwert	Minimalwert	Mittelwert
1	56,8	26,5	41,3
2	73,4	20,3	41,7
Haltungstrainerphase			
3	72,8	22,3	42,2
4	69,7	19,2	42,2

4.9.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Unter Annahme, dass die Beträge normalverteilt sind, konnten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte festgestellt werden.

Tabelle 14: Lordosewinkel, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Mittlere Differenz in Grad	p-Wert (gepaarter t-Test)
1 und 2	34	-0,6	0,22
2 und 3	50	-0,4	0,31
3 und 4	19	+0,4	0,60

4.10 Lotabweichung

4.10.1 Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm

Tabelle 15: Lotabweichung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkt	Max. rechts	Max. links	Mittelwert
1	1,5	3,9	0,9
2	3,8	3,7	0,9
Haltungstrainerphase			
3	3,1	3,7	1,0
4	1,7	3,5	1,1

In der 2. Spalte der Tabelle 15 wird die maximale Abweichung nach rechts dargestellt. Die 3. Spalte stellt die maximale Abweichung nach links dar und die letzte Spalte enthält den Mittelwert vom Betrag.

4.10.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Unter der Annahme, dass die Differenzen normalverteilt sind, konnten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte festgestellt werden.

Tabelle 16: Lotabweichung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Mittlere Differenz in mm	p-Wert (gepaarter t-Test)
1 und 2	34	-0,00	1,00
2 und 3	50	+0,07	0,60
3 und 4	19	-0,07	0,83

4.11 Rumpfneigung

4.11.1 Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm

Tabelle 17: Rumpfneigung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkt	Max. vorne	Max. hinten	Mittelwert
1	53,0	14,4	17,5
2	47,3	31,8	18,9
Haltungstrainerphase			
3	48,7	20,2	16,9
4	51,6	10,0	23,2

In der 2. Spalte der Tabelle 17 wird die maximale Abweichung nach vorne dargestellt. Die 3. Spalte stellt die maximale Abweichung nach hinten dar und die letzte Spalte enthält den Mittelwert vom Betrag.

4.11.2 Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Unter der Annahme, dass die Differenzen normalverteilt sind, konnten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte festgestellt werden.

Tabelle 18: Rumpfneigung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Mittlere Differenz in mm	p-Wert (gepaarter t-Test)
1 und 2	34	+1,01	0,62
2 und 3	50	+1,72	0,34
3 und 4	19	-3,48	0,15

4.12 Seitabweichung

4.12.1 Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte in mm

Tabelle 19: Seitabweichung, Ergebnisse aller vier Untersuchungszeitpunkte

Untersuchungszeitpunkt	Max. rechts	Max. links	Mittelwert
1	20,2	13,6	11,0
2	29,4	24,5	11,2
Haltungstrainerphase			
3	27,1	20,5	11,0
4	17,5	22,1	10,2

In der 2. Spalte der Tabelle 19 wird die maximale Seitabweichung nach rechts dargestellt. Die 3. Spalte stellt die maximale Seitabweichung nach links dar und die letzte Spalte enthält den Mittelwert vom Betrag.

4.12.2 Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Unter der Annahme, dass die Differenzen normalverteilt sind, konnten keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte festgestellt werden.

Tabelle 20: Seitabweichung, Vergleiche der einzelnen Untersuchungszeitpunkte

Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt	Anzahl der Probanden	Mittlere Differenz in mm	p-Wert (gepaarter t-Test)
1 und 2	34	+1,42	0,53
2 und 3	50	-1,38	0,33
3 und 4	19	+5,69	0,11

4.13 Kommentare zum Haltungstrainertragekomfort und Förderung des Haltungsbewusstseins

Von den insgesamt 56 Studienteilnehmern, gaben nur 34 (61%) freie Kommentare zum Haltungstrainertragekomfort und zur Förderung des Haltungsbewusstseins ab.

- Förderung des Haltungsbewusstseins:

Von 28 Probanden gaben 82% an, dass der Haltungstrainer das Haltungsbewusstsein während des Tragens fördert. Lediglich ein Einziger (3%) gab an, dass das Haltungsbewusstsein während des Tragens nicht gefördert wird. 5 Probanden (15%) machten hierzu keine Angaben.

- Haltungstrainertragekomfort:

Von diesen 34 Probanden (100%) äußerten sich 11 (32%) positiv zum Haltungstrainertragekomfort und zum Handling, 10 (29,5%) äußerten sich negativ und 10 (29,5%) gaben eine neutrale Wertung ab. 3 Probanden (9%) machten keine Angaben.

Die Hauptkriterien für den Diskomfort waren dabei das Verrutschen des Gurtes und ein unangenehmes Gefühl bei längerem Tragen, vor allem bei sehr warmen Temperaturverhältnissen.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Fragestellung

Rückenschmerzen sind zum heutigen Zeitpunkt ein Krankheitsbild, welches eine steigende Prävalenz- und Inzidenzrate zeigt. Da langes Sitzen und insbesondere zusammen gesunkenes Sitzen durch negativen Einfluss auf eine Reihe anatomischer Strukturen diese Rückenschmerzen begünstigen oder sogar verursachen kann, wurde ein Haltungstrainer mit Feedbackmechanismus entwickelt (ZEGRA-Haltungstrainer Fa. P. Fischer), um die Haltung im Sitzen zu korrigieren und zu verbessern.

Die Ergebnisse dieser prospektiven Studie zeigen, dass ein Feedback zur Haltungsrückmeldung positive Auswirkungen haben kann.

Dass der Haltungstrainer durchaus einen Trend zur alltäglichen Anwendung am Arbeitsplatz zeigt, bestätigen die Auswertungen der Kommentare zum Haltungstrainertragekomfort. Damit der Haltungstrainer in größerem Rahmen Anwendung finden kann, sollten jedoch der Tragekomfort und die Bedienerfreundlichkeit weiterentwickelt werden. Dies bestätigen Einzelaussagen der Probanden bei den Untersuchungsterminen, sowie die Abbruchkriterien der Probanden, die frühzeitig aus der Studie ausgeschieden sind. Diese Probanden bemängelten, dass das richtige Positionieren des Gurtes zunächst nicht einfach war und dass dieser öfter verrutschte, v.a. bei sehr warmen Temperaturen. Einzelne hatten auch Probleme mit dem kalibrieren, so dass das Feedback des Haltungstrainers zu früh oder zu spät anschluss und die Probanden somit zu sehr in ihrem Arbeitsablauf abgelenkt waren. Für manche war der Vibrationsalarm zu laut, insbesondere in Meetings oder wichtigen Gesprächen, so dass sie ihr Gerät hierbei ausschalten mussten.

Zu der Frage, ob sich durch Feedbackmechanismus dieses Haltungstrainers individuelle, habituelle Haltungsgewohnheiten im Alltag, insbesondere am Arbeitsplatz, verändern lassen, liefert diese Studie keine konkrete Antwort. Das liegt daran, dass wir unsere Probanden nicht täglich am Arbeitsplatz aufgesucht

und deren Haltung beobachtet haben. Immerhin konnten wir im Laufe der Studie weiter entwickelte Geräte einsetzen, welche über einen Datenspeicher verfügten, der die Haltungsdaten aufzeichnete. Da zu dieser Zeit noch keine geeignete Software vorlag um diese Haltungsdaten einfach und schnell auszuwerten, flossen sie nicht in die Ergebnisse dieser Studie mit ein. Zudem lagen diese Haltungsdaten nur bei ungefähr der Hälfte der Probanden vor und somit konnten wir hier keinen Vergleich anstellen. Die Auswertung und Darstellung dieser Haltungsdaten sind jedoch in einer weiteren Studie geplant.

Da das Tragen des ZEGRA-Haltungstrainers aber positiven Einfluss auf die Parameter der Rückengesundheit hatte, konnten wir indirekt schlussfolgern, dass sich die habituelle Haltung am Arbeitsplatz dahingehend verändert hat, dass sich die Probanden vermehrt in die aufrechte Sitzhaltung begeben haben. Also könnte das Gerät zu einer Verbesserung einer schlechten habituellen Sitzhaltung beitragen. Dies wird von den Angaben der Probanden unterstützt, da immerhin 82 % von Ihnen angaben, dass der Haltungstrainer das Haltungsbewusstsein während des Tragens förderte.

Während der Haltungstrainerphase konnte eine deutliche Zunahme der Rückenstreckermuskulatur, eine Zunahme der Mobilität, sowie des subjektiven Wohlbefindens verzeichnet werden. Dies zeigt, dass ein Feedback, das zu einer aufrechten Haltung auffordert, eine positive Auswirkung auf verschiedene Parameter, die im Zusammenhang mit Rückenproblemen beobachtet werden, haben kann.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Anwendung eines Haltungstrainers positiven Einfluss auf die Kraft der Rückenstreckermuskulatur, die Mobilität und das subjektive Wohlbefinden und die Förderung des Haltungsbewusstseins hat. Leider gibt es bisher keine veröffentlichten, vergleichbaren Studien, die diesen Effekt untersuchen.

Studien über Haltungstrainergeräte, die die Haltung über eine Art Feedback beeinflussen, und/ oder Haltungsdaten aufzeichnen, sind rar. Dazu kommt, dass diese Geräte oft aus einer viel zu aufwendigen Apparatur bestehen, welche nicht bediener-/ und alltagsfreundlich sind und nicht alleine vom Benutzer angewendet werden können [6, 13, 38, 61, 76]. Der in dieser Studie angewandte Haltungstrainer wurde aber genau für diese Alltagssituationen entwickelt, insbesondere für sitzende Tätigkeiten. Es sollte ein Gerät zur Haltungskorrektur sein, welches alleine vom Benutzer schnell anzulegen und jederzeit anwendbar ist. Die Auswertungen zum Tragekomfort bestätigten diesem Haltungstrainer diese Eigenschaft.

Oft werden in bisherigen Studien Geräte zur Haltungskorrektur nur an kranken Personen, Kindern oder Säuglingen getestet [6, 13, 38, 67, 76, 85]. Des Weiteren sind einige dieser Studien Pilotprojekte mit Einzelfallbetrachtung, die unter Laborbedingungen stattfanden und somit nicht aussagekräftig für die Durchschnittsbevölkerung sind. In der vorliegenden Studie wurden berufstätige, gesunde Erwachsene mit einem Altersdurchschnitt von 38,8 Jahren untersucht, um möglichst realistisch die arbeitende Allgemeinbevölkerung wiederzuspiegeln.

Zudem erfassen die veröffentlichten Studien meist objektiv unzureichend, inwieweit sich die Haltung verändert, an welchen Parametern dies festgemacht wird und ob die Untersuchungen im Sitzen oder im Stand durchgeführt wurden. Deswegen war ein Einschlusskriterium dieser Studie, dass die Probanden 80% ihrer Arbeitszeit sitzend verbringen sollen. Um objektiv die Auswirkung des Haltungsfeedbacks beurteilen zu können, wurde in dieser Studie als Parameter die Veränderung der Kraft der Rückenstrecker-muskulatur, der Mobilität der gesamten Wirbelsäule, des subjektive Wohlbefindens und der Haltung selbst ausgewählt.

In folgender Tabelle soll nochmals übersichtlich dargestellt werden, warum die Ergebnisse der ZEGRA-Haltungstrainer-Studie nicht mit den Ergebnissen bisheriger Studien vergleichbar sind.

Tabelle 21: Haltungstrainerstudien

Autor und Jahr	Haltungstrainerart	Probanden	Untersuchte Parameter	Begründung
Azrin, N. (1968) [6]	Aufwendige Haltungstrainerapparatur mit Signalfeedback	25 gesunde Erwachsene	Häufigkeit der Haltungskorrektur während Feedback	Nur Haltungskorrektur während Feedback untersucht; keine Aussage, ob Training im Sitz oder Stand stattfand
Dworkin, B. (1985) [38]	Aufwendiger Haltungstrainer mit Signalfeedback	12 Teenager mit Skoliose	Cobb-Winkel	kranken Probanden; Haltungsverbesserung nur an Cobb-Winkel gemessen; Keine Aussage, ob Training im Sitz oder im Stand stattfand
Bertoti, D. B. (1988) [13]	Biofeedback Sitzeinsatz mit Aktivierung eines Videorekorders	5 Kinder mit spastischer Zerebralparese	Beobachtung der Aufrichtung des Rumpfes während Feedback	Apparatur nicht anwendbar im beruflichen Alltag; keine Objektivierung der Haltung
Metherall, P. (1996) [76]	Aufwendiges Videoanalysesystem mit Steuerungssystem und Elektrofeedback	14-jähriges Mädchen mit zerebraler Kinderlähmung	Lediglich Beobachtung der Haltungsveränderung	Apparatur nicht anwendbar im beruflichen Alltag; keine Objektivierung der Haltung; Elektrofeedback nicht adäquat
Park, E. S. (2001) [85]	Elektrostimulation der Rumpfmuskulatur	8-16 Monate alte Babys mit spastischer Zerebralparese	Kyphosewinkel und Cobb-Winkel	Zusätzlich zur Elektrostimulation bekamen Babys Physiotherapie; Elektrostimulation fand hauptsächlich im Liegen statt.
Lou, E. (2002) [67]	Wirbelsäulenaufrichtungsgerät mit Vibrationsfeedback	2 Erwachsene mit Kyphose	Laborvergleich des Geräts mit einem Laser-Scanner-Aufnahmesystem	Keine Objektivierung der Haltungsveränderung; Gerät wurde mit Standardverfahren verglichen

Autor und Jahr	Haltungstrainerart	Probanden	Untersuchte Parameter	Begründung
Kletzin, U. (2004) [61]	Haltungsmesssystem sonoSens	Einzelne Erwachsene	Validierung des Gerätes	Studie untersuchte nicht Effekte auf Haltungsveränderung; Gerät dient nur zur Arbeitsplatzanalyse; nicht als täglicher Feedbacktrainer gedacht

- **Gruppeneinteilung und Untersuchungszeitpunkte**

Zur statistischen Auswertung wurden vier Untersuchungszeitpunkte festgelegt.

- Untersuchungszeitpunkt 1: 6 Wochen vor der Haltungstrainerphase
(Kontrollgruppe B)
- Untersuchungszeitpunkt 2: direkt vor der Haltungstrainerphase
- Untersuchungszeitpunkt 3: direkt nach der Haltungstrainerphase
- Untersuchungszeitpunkt 4 : 6 Wochen nach der Haltungstrainerphase
(Kontrollgruppe A)

Die Ergebnisse zeigen, dass die Unterschiede bei den Parametern Kraft, Mobilität und subjektives Wohlbefinden zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (direkt vor und nach der Haltungstrainerphase) größer waren als zwischen 1 und 2 bzw. 3 und 4.

Jedoch war durch das Studiendesign bedingt, dass beim Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 bzw. 3 und 4 die Stichprobe nur etwa halb so groß war, wie beim Vergleich zwischen 2. und 3. Untersuchungszeitpunkt. Derselbe Unterschied, der zwischen den Zeitpunkten 2 und 3 signifikant ist, kann aufgrund der kleineren Stichprobengröße zwischen 1 und 2 (bzw. 3 und 4) nicht signifikant sein.

Um hier die Ergebnisse von allen Probanden miteinander vergleichen zu können, hätte man insgesamt 4 Untersuchungen, anstatt 3 durchführen müssen.

- **Studientagebuch und Tragezeiten**

Das Studientagebuch diente in erster Linie dazu, um die von den Probanden angegebenen Tragezeiten mit den vom ZEGRA-Haltungstrainer aufgezeichneten Tragezeiten zu vergleichen. Dies diente zur Kontrolle, ob sich die Probanden an die vorgegebene Tragezeit hielten (3 mal 4 Stunden pro Woche). Leider konnte dieser Vergleich nur bei Probanden der Gruppe B (n=29) gemacht werden.

Beim Vergleich der Tagestragezeiten sieht man in der Abbildung 10 dass sich die meisten der Probanden an die vier Stunden gehalten haben.

Aussagekräftiger war der Vergleich der Gesamttragezeiten, denn nur hier konnten alle Probanden mit einbezogen werden. Da der ZEGRA-Haltungstrainer (2. Version) erst ab ca. der Hälfte der Haltungstrainerphase über eine integrierte Uhr mit Datumsaufzeichnung verfügte, konnte man im Nachhinein nicht bei allen Probanden genau zuordnen, an welchem Tag sie den Haltungstrainer benutzten. Deshalb wurden hier die Gesamttragezeiten verglichen. Beim Vergleich ergab sich der Korrelationskoeffizienten nach Spearman von $r_s=0.79$. Dies bedeutet dass hier ein positiver Zusammenhang zwischen der von den Probanden angegebenen Tragezeit und der aufgezeichneten Tragezeit besteht. In der gesamten Haltungstrainerphase (6 Wochen) haben die Probanden im Durchschnitt 0,8 Stunden mehr Tragezeit angegeben, als das Gerät aufgezeichnet hat.

- **Kraft**

Von Untersuchungszeitpunkt 1 zu 2 (Kontrollgruppe B, n=34) bzw. 3 zu 4 (Kontrollgruppe A, n=20) stiegen die Werte der Kraftmessungen gering um 1,3 Nm bzw. 2,6 Nm an. Diese Unterschiede waren nicht signifikant (p-Wert = 0,85 bzw. 0,81).

Bei den Werten direkt vor und nach der Haltungstrainerphase (Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3) konnte bei den 51 Probanden im Mittel ein deutlicher Kraftzuwachs von 13,3 Nm festgestellt werden. Dieser Unterschied ist signifikant (p-Wert = 0,016). Deswegen ist stark davon

auszugehen, dass der Haltungstrainer während der Zeit, wo er getragen wird, die Kräftigung der Rückenstrecker Muskulatur fördert. Dies wiederum bestätigt die Annahme, dass der ZEGRA-Haltungstrainer die aufrechte Haltung trainiert, da die aufrechte Haltung mehr Aktivität der Rückenstrecker Muskulatur erfordert. Diese Aussage wird von zwei Studien von O'Sullivan unterstützt. In der ersten Studie [81] ermittelte er mittels EMG an 11 von 24 Erwachsenen eine Abnahme ($p=0,001$) der Aktivität des M. erector spinae, wenn die Probanden aus der aufrechten Haltung in eine zusammen gesunkene Haltung gingen. In einer weiteren Studie [82] nahm die Aktivität des thorakalen M. erector spinae bei der Aufrichtung der Brustwirbelsäule zu ($p<0,001$). Da also eine gewisse Aktivität der Rückenstrecker Muskulatur nötig ist um aufrecht zu Sitzen und diese Muskulatur natürlich auch trainiert werden kann, um so optimal den passiven Bewegungsapparat Wirbelsäule unterstützen, bietet sich dieser Haltungstrainer in dieser Hinsicht zur Prävention von Wirbelsäulenerkrankungen- oder Beschwerden an. Als Alternative zu sonst vielleicht etwas aufwendigeren konservativen Therapiemöglichkeiten aus dem Bereich der Physiotherapie (Rückenschule, Rückenkräftigung), die deutlichen zeitlichen und auch teilweise finanziellen Aufwand erfordern, könnte dieser Haltungstrainer ganz einfach während der normalen Arbeitstages getragen werden. Ein Nachteil dieses Haltungstrainers könnte sein, dass er durch sein Vibrationsfeedback manche Träger vielleicht zu sehr ablenkt und somit die Konzentration während der Arbeit sinken lässt.

Die Mittelwerte der Kraftmessungen waren zu jedem der vier Zeitpunkte bei den Frauen deutlich geringer als bei den Männern. Auch der mittlere Zuwachs während der Haltungstrainerphase ist bei den Männern mit 17,1 Nm deutlich höher als bei den Frauen mit 6,9 Nm.

- **Mobilität**

Von Untersuchungszeitpunkt 1 zu 2 (Kontrollgruppe B, $n=34$) bzw. 3 zu 4 (Kontrollgruppe A, $n=20$) vergrößerte sich die Mobilität gering um 0,4 cm bzw. 0,6 cm. Diese Unterschiede waren nicht signifikant (p -Wert = 0,56 bzw. 0,61).

Direkt vor und direkt nach der Haltungstrainerphase gab es bei allen Probanden (n=51) eine mittlere Beweglichkeitszunahme von 1,7 cm beim Finger-Boden-Abstand. Das entspricht einem signifikanten Unterschied (p-Wert < 0,001). Dieses Ergebnis könnte evtl. damit zusammenhängen, dass durch die Aufrichtung im Sitz durch Anwendung des ZEGRA-Haltungstrainers eine verminderte Belastung auf verschiedene passive Strukturen der Wirbelsäule wirkt und auch weniger reflektorische Muskelverspannungen entstehen. Dies wiederum würde der Entstehung von Rückenschmerzen entgegenwirken; denn bei Patienten mit Rückenschmerzen ist die Gesamtmobilität der Lenden- und Brustwirbelsäule in allen Bewegungsebenen eingeschränkt [24]. Unterstützt wird dies durch eine Studie von Beach [8], welcher herausfand, dass die passive Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule bei Männern während normaler Schreiarbeit im Sitzen schon nach einer Stunde abnimmt. Automatisch reagierten seine Probanden mit einer Aufrichtung der Lendenwirbelsäule. Auch hier sehen wir durch den Einsatz des Haltungstrainers einen Ansatz zur Prävention von Rückenbeschwerden. Denn mehr Mobilität deutet auf weniger Schmerz im Bereich des Rückens und einer vermehrten Balance passiver sowie aktiver Strukturen des Stützapparates hin.

- **Subjektives Wohlbefinden mittels California Functional Evaluation - Fragebogen**

Ausgewertete Fragen:

Die Angaben der Probanden zur allgemeinen Gesundheit und dem Aktivitätsniveau nahmen zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 (Kontrollgruppe B, n=34) bzw. 3 und 4 (Kontrollgruppe A, n=20) geringfügig ab (0,01 und 0,02). Diese Unterschiede waren nicht signifikant (p-Wert = 0,80 bzw. 0,85).

Beim Vergleich der Gesamtauswertung zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (direkt vor und direkt nach der Haltungstrainerphase) gab es eine geringe Zunahme (0,14) der Angaben zum subjektiven Wohlbefinden, welche jedoch signifikant war (p-Wert = 0,006). Dies bestätigt die Annahme, dass die Haltungsverbesserung, erreicht durch Feedbacktraining während der Arbeit

positiven Einfluss auf die allgemeine Gesundheit (Lebensqualität, Krankheit, Konzentration, Energieniveau, Stimmung, usw.) und das Aktivitätsniveau während der Arbeit und der Freizeit hat. Indirekt schließen wir daraus, dass durch eine Haltungsverbesserung die Rückengesundheit zunimmt und Rückenschmerzen abnehmen bzw. erst gar nicht entstehen und dies letztendlich zu mehr Lebensqualität führt.

Auch in der Einzelauswertung der allgemeinen Gesundheit (Frage 1-8) und des Aktivitätsniveaus (Frage 9-21) konnte im Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 2 und 3 (direkt vor und nach der Haltungstrainerphase) eine größere mittlere Differenz, als beim Vergleich zwischen Untersuchungszeitpunkt 1 und 2 (Kontrollgruppe B); 3 und 4 festgestellt werden

Alter der Probanden:

Physiologisch einleuchtend ist, dass Probanden mit zunehmendem Alter auch ein geringeres Aktivitätsniveau und geringere Werte beim allgemeinen Gesundheitszustand haben.

Schmerzmittleinnahme der Probanden:

Bei den beiden Probanden, die hier eine positive Angabe machten, schied einer nach der ersten Messung aus. So dass nur noch einer Schmerzmittel am besagten Untersuchungstag einnahm. Dass die restlichen Studienteilnehmer hier keine Angabe machten ist positiv, da Schmerzmittel natürlich Einfluss auf subjektive Empfindlichkeit haben und so vielleicht v.a. die Ergebnisse bei der Kraftmessung und des Finger-Boden-Abstandes verfälscht gewesen wären.

Rückenschmerzen in Korrelation:

Es konnte ein positiver Zusammenhang bei den Schmerzangaben der Probanden in den einzelnen Zuständen (a) Ruhezustand, b) Arbeiten, c) Gehen und d) Freizeitaktivitäten) festgestellt werden.

Rückenschmerzen vor und nach der Haltungstrainerphase:

Wie man an den Histogrammen unter 4.7.6 sehen kann, beeinflusste das Tragen des ZEGRA-Haltungstrainers teilweise auch die Schmerzen in verschiedenen Zuständen (a) in Ruhe; b) beim Gehen, c) beim Arbeiten und d) bei Freizeitaktivitäten). Sehr deutlich ist die Schmerzabnahme in den Bereichen 7 und 8 (starke Schmerzen) nach der Haltungstrainerphase. Aber auch in den unteren Bereichen (v.a. 3 und 4) konnte man in den Zuständen a), b), und c) eine deutliche Schmerzreduktion verzeichnen. Am deutlichsten ist eine Schmerzabnahme beim Gehen (c). Um eine Angabe über eine signifikante Veränderung machen zu können, war diese Art der Schmerzerfassung nicht adäquat, da zu viele die Zahl 0 (keine Schmerzen) angegeben haben und die Verteilung der Werte nicht gleichmäßig war (zu viele, die die gleiche Zahl angaben).

Da zur Behandlung von Rückenschmerzen primär in erster Linie Medikamente zum Einsatz kommen, bei diesen aber teilweise mit erhebliches Nebenwirkungs- und Interaktionspotenzial rechnen ist, stellt sich hier der Zegra-Haltungstrainer in seiner Anwendung zur Beeinflussung von Rückenschmerzen als gute Alternative dar.

Einzelne Probanden berichteten, dass sie zu Beginn der Haltungstrainerphase eine vermehrte Verspannung im Bereich ihrer Rückenmuskulatur verspürten, welche als Rückenschmerz zu deuten waren. Diese Verspannungen verschwanden aber nach mehrmaliger Anwendung des Feedbackgerätes. Wir schlussfolgern daraus, dass durch die vermehrte Aufrichtung eine Mehrbeanspruchung der Rückenstrecker-muskulatur resultiert, welche sich als eine Art Muskelkater bemerkbar macht.

- **Rasterstereographie**

Nachfolgend werden die Ergebnisse aller 5 Parameter (Kyphosewinkel, Lordosewinkel, Lotabweichung, Rumpfneigung und Seitabweichung) zusammenfassend diskutiert, da sich die Ergebnisse nicht wesentlich unterscheiden.

Wie angenommen zeigte der Vergleich aller vier Untersuchungszeitpunkte keine signifikanten Unterschiede bei den jeweiligen Parametern, weder 6 Wochen vor, direkt vor, direkt nach oder 6 Wochen nach der Haltungstrainerphase.

Wir gehen davon aus, dass es daran liegt, dass wir diese Untersuchung nicht im Sitzen durchführen konnten, da sie nur für den Stand validiert ist. Im Stand richtet sich die Wirbelsäule allerdings automatisch auf und somit konnten diese Ergebnisse nicht effektiv beurteilen, ob Haltungstraining zu einer aufrechteren Sitzhaltung führt.

Wir vermuten außerdem, dass eine 6-wöchige Anwendung des ZEGRA-Haltungstrainers zu kurz war um eine Veränderung relativ fester Wirbelsäulenparameter bewirken. Dazu wäre vermutlich eine viel längere Anwendungszeit des Haltungstrainers nötig gewesen.

Dafür sollten zunächst Messungen der Rasterstereographie im Sitzen validiert werden, um dann in einer sehr lang angelegten Studie im Verlauf zu untersuchen, ab wann sich Veränderungen der Haltungsparameter in der Rasterstereographie einstellen. Interessant wäre dann, diese Ergebnisse mit dem von dem ZEGRA-Haltungstrainer aufgenommenen Haltungsdaten zu vergleichen.

5.3 Diskussion der Methodik

Die Einteilung der Probanden in 2 Gruppen erfolgte nicht zufällig, da es aus organisatorischen Gründen einfacher war, Mitarbeiter aus einer Firma unter den gleichen Versuchsbedingungen an der Studie teilnehmen zu lassen. Dies hat sich in der Hinsicht als positiv herausgestellt, da sich die Probanden gegenseitig bei Fragen helfen konnten, sie sich auch in der Haltungstrainerphase gegenseitig motivierten und sie oft zu einheitlichen Zeiten zu den Untersuchungsterminen erschienen. Um möglichst viele Einflussfaktoren auszuschließen, wäre es prinzipiell Besser gewesen zu randomisieren. Da wir aber nicht die Unterschiede zwischen den Gruppen untersucht haben, sondern

zwischen zwei Zeitpunkten, dürfte dies in dieser Studie nicht von großer Bedeutung sein.

In allen drei Untersuchungswochen fanden keine Interventionen für die Probanden statt, d.h. keiner der Probanden trug in dieser Zeit den Haltungstrainer. Auch der Ablauf aller drei Untersuchungswochen war nahezu identisch, auch dahingehend dass die Probanden in einem vergleichbaren Zeitfenster untersucht wurden, um tageszeitlichen Schwankungen entgegen zu wirken. Die Untersuchungen wurden von geschulten Mitarbeitern und erfahrenen Physiotherapeuten durchgeführt, deren Untersuchungsabläufe standardisiert waren und die gleiche Reihenfolge hatten.

Trotzdem sind die Messergebnisse auch in dieser Studie einer Reihe von Einflussfaktoren ausgesetzt. Als intraindividuelle Einflussfaktoren sind Persönlichkeitsmerkmale, der Trainingszustand und äußere Umwelteinflüsse, die die physische und psychische Konstitution beeinflussen, zu nennen. Bei den einzelnen Untersuchungen wurden die Umgebungsbedingungen weitgehend kontrolliert, für zwei Untersuchungen stand jedoch kein separater Raum zur Verfügung, wodurch Störeinflüsse von Außen nicht völlig auszuschließen sind.

Um eine schnelle Abwicklung der Untersuchungswochen zu gewährleisten, wurden einfache, schnelle und aussagekräftige Messverfahren angewendet. Dies hatte zwei Gründe:

1. Die Untersuchungen mussten alle abends stattfinden, da die Probanden alle berufstätig waren.
2. Um den Studienablauf nicht zu sehr zu unterbrechen, wurde jeweils eine Woche ausgewählt, die dann für alle Probanden gleich ablief.

Somit konnten wir gewährleisten, dass möglichst wenig äußere Einflüsse die Ergebnisse verfälschen, da immer direkt vor und nach einer Intervention untersucht wurde, ohne dass in den Untersuchungswochen selbst Interventionen stattfanden. Zudem wurden die Parameter auch so gewählt, dass sie ohne Probleme an einem Ort stattfinden konnten.

Durch Erfassung der Rückenstrecker-muskulatur mittels DAVID 110 System, konnte gewährleistet werden, dass die Probanden durch individuelle Einstellung des Gerätes anhand des Untersuchungsprotokolls immer unter den genau gleichen Bedingungen untersucht wurden. Wir gehen davon aus, dass durch die valide, standardisierte und zuverlässig apparativ gestützte isometrische Maximalkraftanalyse zur Erfassung der Rückenstrecker-muskulatur, geringe Veränderungen bei den Probanden angezeigt werden konnten [25, 30, 49, 96, 119].

Der Finger-Boden-Abstand, als einfaches, nicht invasives und schnell durchzuführendes Instrument, wurde ausgewählt, um mit einer Messung Aussagen über die Gesamtmobilität der Wirbelsäule zu machen [98]. Da dieser Test auch modifiziert durchzuführen ist, erwies sich in dieser Studie als äußerst positiv.

Der CAFE-40-Fragebogen war für die Probanden ein schnell auszufüllender, leicht zu lesender und auch meist schnell zu verstehender Fragebogen zur Funktionalität und dem subjektiven Wohlbefinden. Da dieser Fragebogen bisher aber im klinischen Alltag noch keine Anwendung fand und es keine standardisierten Auswertungsmethoden gibt, gestaltete er sich in der statistischen Auswertung als sehr aufwendig.

Bei der Rasterstereographie handelt es sich um ein berührungsfreies, nicht invasives Verfahren zur Rekonstruktion des räumlichen Verlaufs der Wirbelsäule [53]. Somit wurden die Patienten keiner unnötigen Strahlenbelastung ausgesetzt, wie es bei dem Alternativverfahren des Röntgens der Fall gewesen wäre [12]. So war es möglich, die Haltung der Probanden über die Formparameter der Wirbelsäule zu quantifizieren. Als kleine Anmerkung wäre hier noch zu nennen, dass jeder der Probanden einen Ausdruck über die Formanalyse seiner Wirbelsäule mit zusätzlicher Erklärung bekam und das für die meisten Probanden ein sehr positiver Nebenaspekt war. Die Rasterstereographie-Untersuchungen wurden im Stehen durchgeführt, da die Methode nur für Messungen im Stehen validiert ist.

Dass dabei vor und nach dem Training aufrechter Sitzhaltung keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten, war zu erwarten, da

sich die Wirbelsäule im Stehen automatisch aufrichtet:

Eine aufrechte Sitzhaltung verlangt mehr Muskelaktivität als zusammengesunkenes Sitzen. Im Stehen kommt es dagegen durch die Streckung der Hüfte zu einer Spannung in der vorderen Muskel-, Bänder- und Kapselanteilen, wodurch das Becken und damit auch die Wirbelsäule, auch ohne zusätzliche Muskelaktivität, in eine aufrechte Haltung gezogen werden. Da die Haltung im Stehen daher ohnehin unabhängig vom Trainingszustand relativ aufrecht ist, eignet sich Stehen nicht als Haltung um Effektivität eines Trainings zu beurteilen, welches einer zusammengesunkenen Haltung entgegenwirkt.

Daher wäre es wünschenswert die Rasterstereographie auch für Messungen im Sitzen zu validieren, damit sie in Zukunft kontextspezifisch und damit sinnvoll in Studien zur Effektivität von Sitzhaltungstraining eingesetzt werden kann.

Das Tagebuch diente in erster Linie dazu, um zu kontrollieren, inwieweit sich die Probanden an die angegebene Tragezeit hielten, insofern hat es seinen Zweck erfüllt.

5.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Die genannten Ergebnisse zeigen, dass ein Feedbacksystem zur Haltungsrückmeldung (ZEGRA-Haltungstrainer Fa. P. Fischer) in einer 6-wöchigen Anwendungszeit positiven Einfluss auf die Beweglichkeit der Wirbelsäule, die Kraft der Rückenstrecker-muskulatur und das subjektive Wohlbefinden in den Bereichen allgemeine Gesundheit und Aktivitätsniveau hatte. Darum schließen wir daraus, dass durch das Tragen dieses Haltungstrainers eine habituelle Sitzhaltung am Arbeitsplatz dahingehend verändert werden konnte, dass sich die Probanden vermehrt in eine aufrechte Sitzposition begeben haben.

Das einfache, unauffällige und bedienerfreundliche Gerät eignet sich somit als Feedbackgerät zur Korrektur der zusammengesunkenen Sitzhaltung, aber auch als Gerät zur Aufzeichnung der Haltingsdaten.

Eine Überarbeitung des Gurtsystems um individuell einen bestmöglichen Tragekomfort zu gewährleisten und eine Optimierung der Kalibrierung und des Vibrationsfeedbacks ist bereits im Gange. Die Studie zeigt, dass der ZEGRA-Haltungstrainer in größerem Umfang anwendbar ist. Gut vorzustellen ist, dass er in noch größerem Rahmen Anwendung findet und somit vielen Menschen, die eine sitzende Tätigkeit ausüben, zu einer einfachen Haltungskorrektur verhilft.

Weitere Studien sollten erfolgen, um Langzeiteffekte und die aufgezeichneten Haltingsdaten zu untersuchen.

6 Zusammenfassung

Rückenschmerzen stellen heutzutage durch ihre steigenden Prävalenz- und Inzidenzraten [89] ein bedeutendes medizinisches und volkswirtschaftliches Gesundheitsproblem dar. Da insbesondere längeres Sitzen als Risikofaktor für Rückenschmerzen angesehen wird [1-5], wurde ein Feedbacksystem zur Haltungskorrektur (ZEGRA-Haltungstrainer Fa. P. Fischer) entwickelt, um seinen Benutzer bei zusammen gesunkener Sitzhaltung über Feedback an eine Aufrichtung des Rumpfes zu erinnern. Das Äußere dieses Haltungstrainers erinnert an einen Pulsmessgurt, wie er üblicherweise beim Ausdauersport verwendet wird. Mit einem passiven Sensor im Bereich des Brustbeins misst er die aktuelle Krümmung der Wirbelsäule und speichert diese Haltingsdaten in einer separaten Speichereinheit, welche gut am Gürtel angebracht werden kann. Der Benutzer kann selbst wählen, ab welchem Grad der Wirbelsäulenkrümmung er Vibrationsfeedback zur Korrektur der Körperhaltung erhalten möchte.

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, ob durch den ZEGRA-Haltungstrainer eine aufrechte Körperhaltung während des Sitzens trainiert werden kann und ob dies eine Auswirkung auf eine Reihe von Parametern der Rückengesundheit hat. Hierzu wurden 56 Erwachsene aus drei unterschiedlichen Firmen, die mindestens 80% ihrer Arbeitszeit im Sitzen verbringen, in zwei Gruppen unterteilt (Gruppe A und Gruppe B). Beide Gruppen trugen den Haltungstrainer 3 Tage in der Woche für 4 Stunden über 6 Wochen. Gruppe A trug ihn in den ersten 6 Wochen und Gruppe B in den darauf folgenden 6 Wochen. Dazwischen fanden drei Untersuchungswochen statt, in denen die Parameter der Rückengesundheit untersucht wurden. Die erste Untersuchungswoche fand vor den ersten 6 Wochen statt und die zweite danach. Die dritte Untersuchungswoche erfolgte dann nach der 14. Woche. Bei jedem Untersuchungstermin wurden Rasterstereographieaufnahmen zur Beurteilung der Haltung im Stand, Messung der Wirbelsäulenbeweglichkeit (Mobilität) mithilfe des „Finger-Boden-Abstands“, Messung der Kraft der

Rückenstrecker Muskulatur mit einem DAVID 110 System und die Erfassung des subjektiven Wohlbefindens mittels CAFE-40-Fragebogen gemacht.

Bei der Mobilität, der Kraft und dem subjektiven Wohlbefinden konnte bei allen Probanden ein deutlicher Unterschied im Vergleich direkt vor und direkt nach der 6-wöchigen Haltungstrainerphase festgestellt werden. Bei den Probanden vermehrte sich also die Kraft der Rückenstrecker Muskulatur (13,3 Nm) und erhöhte sich die Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule (1,7 cm). Das subjektive Wohlbefinden stieg um 0,14 Punkte. Diese drei Unterschiede waren signifikant. Dass bei den Rasterstereographieaufnahmen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten, war zu erwarten, da diese Untersuchung im Stand und nicht im Sitzen durchgeführt wurde und sich die Wirbelsäule im Stand automatisch aufrichtet. Zudem vermuten wir, dass hier eine 6-wöchige Haltungstrainerphase zu kurz war.

Durch die Verbesserung der oben genannten Parameter gehen wir davon aus, dass sich durch das Haltungstrainerfeedback die habituelle Sitzhaltung der Probanden am Arbeitsplatz dahingehend verändert hat, dass sie sich vermehrt in eine aufrechte Sitzposition begeben haben. Somit erwies sich der ZEGRA-Haltungstrainer als zuverlässiges Instrument, um die aufrechte Körperhaltung v.a. im Sitzen zu trainieren.

7 Literaturverzeichnis

1. Anderson R. The back pain of bus drivers. Prevalence in an urban area of California (1992) *Spine*; 17:1481-1488
2. Andersson BJ, Ortengren R. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. 3. Studies on a wheelchair (1974) *Scand J Rehabil Med*; 6:122-127
3. Andersson BJ, Ortengren R. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. II. Studies on an office chair (1974) *Scand J Rehabil Med*; 6:115-121
4. Andersson BJ, Ortengren R, Nachemson A, Elfstrom G. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. I. Studies on an experimental chair (1974) *Scand J Rehabil Med*; 6:104-114
5. Andersson BJ, Ortengren R, Nachemson A, Elfstrom G. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. IV. Studies on a car driver's seat (1974) *Scand J Rehabil Med*; 6:128-133
6. Azrin N, Rubin H, O'Brien F, Ayllon T, Roll D. Behavioral engineering: postural control by a portable operant apparatus (1968) *J Appl Behav Anal*; 1:99-108
7. Basler HD, Keller S, Herda C. Good postural habits: a pilot investigation using EMG scanning of the paraspinals (1997) *Appl Psychophysiol Biofeedback*; 22:171-182
8. Beach TA, Mooney SK, Callaghan JP. The effects of a continuous passive motion device on myoelectric activity of the erector spinae during prolonged sitting at a computer workstation (2003) *Work*; 20:237-244
9. Beach TA, Parkinson RJ, Stothart JP, Callaghan JP. Effects of prolonged sitting on the passive flexion stiffness of the in vivo lumbar spine (2005) *Spine J*; 5:145-154
10. Becker A, Kögel K, Donner-Banzhoff N, Basler H-D, Chenot JF, Maitra R, Kochen MM. Kreuzschmerzpatienten in der hausärztlichen Praxis: Beschwerden, Behandlungserwartungen und Versorgungsdaten (2003) *Z Allg Med*; 79:126-131
11. Bergner M, Bobbitt RA, Carter WB, Gilson BS. The Sickness Impact Profile: development and final revision of a health status measure (1981) *Med Care*; 19:787-805
12. Bernau A, Seeger W. [Reduction of radiation exposure in full spine images in youth] (1996) *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 134:302-304
13. Bertoti DB, Gross AL. Evaluation of biofeedback seat insert for improving active sitting posture in children with cerebral palsy. A clinical report (1988) *Phys Ther*; 68:1109-1113
14. Bowling A. Health care research: measuring health status (1991) *Nurs Pract*; 4:2-8
15. Brorsson B, Asberg KH. Katz index of independence in ADL. Reliability and validity in short-term care (1984) *Scand J Rehabil Med*; 16:125-132
16. Callaghan JP, Dunk NM. Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting (2002) *Clin Biomech (Bristol, Avon)*; 17:353-360

17. Caro CG, Dumoulin CL, Graham JM, Parker KH, Souza SP. Secondary flow in the human common carotid artery imaged by MR angiography (1992) *J Biomech Eng*; 114:147-149
18. Cohen-Mansfield J, Culpepper WJ, 2nd, Carter P. Nursing staff back injuries: prevalence and cost in long term care facilities (1996) *Aaohn J*; 44:9-17
19. Conradi E, Riede D. Deutsche Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation. Leitlinie: Chronisch unspezifischer Rückenschmerz. (1997)
20. Conradi E, Riede D. Deutsche Gesellschaft für Physikalische Medizin und Rehabilitation. Leitlinie: akuter Rückenschmerz. (1997)
21. Croft PR, Macfarlane GJ, Papageorgiou AC, Thomas E, Silman AJ. Outcome of low back pain in general practice: a prospective study (1998) *Bmj*; 316:1356-1359
22. Debrunner HU. [The Kyphometer] (1972) *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 110:389-392
23. Denner A. Muskuläre Profile der Wirbelsäule. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1997; 735-742.
24. Denner A. Muskuläre Profile der Wirbelsäule. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1997; 215-220
25. Denner A. Muskuläre Profile der Wirbelsäule. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1997; 73ff.
26. Denner A. Muskuläre Profile der Wirbelsäule. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1997; 73.
27. Denner A. Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG 1998; 35
28. Denner A. Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1998; 22.
29. Denner A. Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1998; 36.
30. Denner A. Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. In. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag GmbH & Co. KG, 1998; 37.
31. Deyo RA, Carter WB. Strategies for improving and expanding the application of health status measures in clinical settings. A researcher-developer viewpoint (1992) *Med Care*; 30:MS176-186; discussion MS196-209
32. Di Fabio RP. Efficacy of comprehensive rehabilitation programs and back school for patients with low back pain: a meta-analysis (1995) *Phys Ther*; 75:865-878
33. Donatell GJ, Meister DW, O'Brien JR, Thurlow JS, Webster JG, Fellow L, Salvi FJ. A simple device to monitor flexion and lateral bending of the lumbar spine (2005) *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*; 13:18-23

34. Dowler E, Kappes B, Fenaughty A, Pemberton G. Effects of neutral posture on muscle tension during computer use (2001) *Int J Occup Saf Ergon*; 7:61-78
35. Drerup B. [The measurement of the kyphotic angle by contact free registration of back-shape (author's transl)] (1982) *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 120:64-70
36. Drerup B, Hierholzer E. Objective determination of anatomical landmarks on the body surface: measurement of the vertebra prominens from surface curvature (1985) *J Biomech*; 18:467-474
37. Drerup B, Hierholzer E. Movement of the human pelvis and displacement of related anatomical landmarks on the body surface (1987) *J Biomech*; 20:971-977
38. Dworkin B, Miller NE, Dworkin S, Birbaumer N, Brines ML, Jonas S, Schwentker EP, Graham JJ. Behavioral method for the treatment of idiopathic scoliosis (1985) *Proc Natl Acad Sci U S A*; 82:2493-2497
39. Ensink FB, Saur PM, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: influence of time of day and individual factors on measurements (1996) *Spine*; 21:1339-1343
40. Ernst E. [Ergonomic aspects of sitting] (1992) *Fortschr Med*; 110:29-30, 33
41. Ernst E, White AR. Acupuncture for back pain: a meta-analysis of randomized controlled trials (1998) *Arch Intern Med*; 158:2235-2241
42. Falla D, O'Leary S, Fagan A, Jull G. Recruitment of the deep cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting (2006) *Man Ther*
43. Frobin W, Hierholzer E. Rasterstereography: A photogrammetric method for measurement of body surfaces (1981) *Photogrammetric Engineering and Remote sensing*; 47:1717-1724
44. Frobin W, Hierholzer E. Video rasterstereography: A method for on-line measurement of body surfaces (1991) *Photogrammetric Engineering and Remote sensing*; 57:1341-1345
45. Frost M, Stuckey S, Smalley LA, Dorman G. Reliability of measuring trunk motions in centimeters (1982) *Phys Ther*; 62:1431-1437
46. Fukuoka Y, Nagata T, Ishida A, Minamitani H. Characteristics of somatosensory feedback in postural control during standing (2001) *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*; 9:145-153
47. Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method (1990) *Phys Ther*; 70:443-447
48. Gordon SJ, Yang KH, Mayer PJ, Mace AH, Jr., Kish VL, Radin EL. Mechanism of disc rupture. A preliminary report (1991) *Spine*; 16:450-456
49. Graves JE, Pollock ML, Carpenter DM, Leggett SH, Jones A, MacMillan M, Fulton M. Quantitative assessment of full range-of-motion isometric lumbar extension strength (1990) *Spine*; 15:289-294
50. Hammill JM, Cook TM, Rosecrance JC. Effectiveness of a physical therapy regimen in the treatment of tension-type headache (1996) *Headache*; 36:149-153

51. Hedtmann A, Kramer J. [Prevention of spinal injuries at the work place] (1990) *Orthopade*; 19:150-157
52. Hierholzer E. Objektive Analyse der Rückenform von Skoliosepatienten. Stuttgart; Jena; New York: Gustav Fischer, 1993.
53. Hierholzer E, Drerup B. Vermessung der Wirbelsäule mittels Rasterstereographie. In: Sonderdruck aus "Was gibt es neues in der Medizin?" (1995) Wien: Dr. Peter Müller
54. Hodgson EA. Occupational back belt use: a literature review (1996) *Aaohn J*; 44:438-443
55. Höffler D, Lasek R, Tiaden JD. Therapieempfehlung der Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft AVP: Kreuzschmerz-2. Auflage (2000)
56. Hyytiainen K, Salminen JJ, Suvitie T, Wickstrom G, Pentti J. Reproducibility of nine tests to measure spinal mobility and trunk muscle strength (1991) *Scand J Rehabil Med*; 23:3-10
57. Kaplan RS, Sinaki M. Posture Training Support: preliminary report on a series of patients with diminished symptomatic complications of osteoporosis (1993) *Mayo Clin Proc*; 68:1171-1176
58. Keijsers JF, Groenman NH, Gerards FM, van Oudheusden E, Steenbakkens M. A back school in The Netherlands: evaluating the results (1989) *Patient Educ Couns*; 14:31-44
59. Kincl LD, Bhattacharya A, Succop PA, Clark CS. Postural sway measurements: a potential safety monitoring technique for workers wearing personal protective equipment (2002) *Appl Occup Environ Hyg*; 17:256-266
60. Klenerman L, Slade PD, Stanley IM, Pennie B, Reilly JP, Atchison LE, Troup JD, Rose MJ. The prediction of chronicity in patients with an acute attack of low back pain in a general practice setting (1995) *Spine*; 20:478-484
61. Kletzin U, Adler S, Weißmann A, Wolfram F, Bradl I, Mörl F. Beanspruchungsmessung im Arbeitsprozess mit einem mobilen Mess- und Analysesystem für OWAS (2004) Beitrag im Tagungsbund der Erfurter Tage:1-12
62. Konno S, Kikuchi S, Nagaosa Y. The relationship between intramuscular pressure of the paraspinal muscles and low back pain (1994) *Spine*; 19:2186-2189
63. Lee YH, Chen CY. Lumbar vertebral angles and back muscle loading with belts (1999) *Ind Health*; 37:390-397
64. Lee YH, Chen CY. Belt effects on lumbar sagittal angles (2000) *Clin Biomech (Bristol, Avon)*; 15:79-82
65. Linton SJ. The socioeconomic impact of chronic back pain: is anyone benefiting? (1998) *Pain*; 75:163-168
66. Loebel WY. Measurement of spinal posture and range of spinal movement (1967) *Ann Phys Med*; 9:103-110
67. Lou E, Raso J, Hill D, Durdle N, Moreau M. Spine-Straight device for the treatment of kyphosis (2002) *Stud Health Technol Inform*; 91:401-404

68. Lühmann D, Kohlmann T, Raspe H. Die Wirksamkeit von Rückenschulprogrammen in kontrollierten Studien (1999) *Z. ärztl. Fortb.Qual. sich (ZaeFQ)*; 93:341-348
69. Makhous M, Lin F, Hendrix RW, Hepler M, Zhang LQ. Sitting with adjustable ischial and back supports: biomechanical changes (2003) *Spine*; 28:1113-1121; discussion 1121-1112
70. Maniadakis N, Gray A. The economic burden of back pain in the UK (2000) *Pain*; 84:95-103
71. Mannion AF, Knecht K, Balaban G, Dvorak J, Grob D. A new skin-surface device for measuring the curvature and global and segmental ranges of motion of the spine: reliability of measurements and comparison with data reviewed from the literature (2004) *Eur Spine J*; 13:122-136
72. Matzdorff I. Das äußere Winkelprofil der Brustwirbelsäule des Menschen in rassen-, geschlechts- und altersspezifischer Differenzierung; *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis 70*. Stuttgart: Hippokrates, 1976.
73. Mauritzson L, Ilver J, Benoni G, Lindstrom K, Willner S. Two-dimensional airborne ultrasound real-time linear array scanner--applied to screening for scoliosis (1991) *Ultrasound Med Biol*; 17:519-528
74. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, Mooney V. Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of-motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients (1984) *Spine*; 9:588-595
75. Mellin G. Correlations of spinal mobility with degree of chronic low back pain after correction for age and anthropometric factors (1987) *Spine*; 12:464-468
76. Metherall P, Dymond EA, Gravill N. Posture control using electrical stimulation biofeedback: a pilot study (1996) *J Med Eng Technol*; 20:53-59
77. Nachemson AL. Disc pressure measurements (1981) *Spine*; 6:93-97
78. Nagasawa A, Sakakibara T, Takahashi A. Roentgenographic findings of the cervical spine in tension-type headache (1993) *Headache*; 33:90-95
79. Najafi B, Aminian K, Paraschiv-Ionescu A, Loew F, Bula CJ, Robert P. Ambulatory system for human motion analysis using a kinematic sensor: monitoring of daily physical activity in the elderly (2003) *IEEE Trans Biomed Eng*; 50:711-723
80. Neugebauer H. [Back measuring device for mass examination] (1970) *Z Orthop Ihre Grenzgeb*; 108:395-406
81. O'Sullivan P, Dankaerts W, Burnett A, Chen D, Booth R, Carlsen C, Schultz A. Evaluation of the flexion relaxation phenomenon of the trunk muscles in sitting (2006) *Spine*; 31:2009-2016
82. O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, Farrell GT, Jefford E, Naylor CS, O'Sullivan KJ. Effect of different upright sitting postures on spinal-pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population (2006) *Spine*; 31:E707-712
83. Panjabi MM, Oda T, Crisco JJ, 3rd, Dvorak J, Grob D. Posture affects motion coupling patterns of the upper cervical spine (1993) *J Orthop Res*; 11:525-536

84. Paris SV. Anatomy as related to function and pain (1983) *Orthopaedic Clinics of North America*; 14:475-489
85. Park ES, Park CI, Lee HJ, Cho YS. The effect of electrical stimulation on the trunk control in young children with spastic diplegic cerebral palsy (2001) *J Korean Med Sci*; 16:347-350
86. Pearcy M, Portek I, Shepherd J. The effect of low-back pain on lumbar spinal movements measured by three-dimensional X-ray analysis (1985) *Spine*; 10:150-153
87. Perret C, Poiraudreau S, Fermanian J, Colau MM, Benhamou MA, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test (2001) *Arch Phys Med Rehabil*; 82:1566-1570
88. Pflingsten M. [Fear avoidance beliefs in patients with back pain. Psychometric properties of the German version of the FABQ] (2004) *Schmerz*; 18:17-27
89. Pflingsten M, Hildebrandt J. Rückenschmerzen. In: Basler HD, Franz C, Kröner-Herwig B, Rehfisch HP, eds. *Psychologische Schmerztherapie*. Berlin: Springer Verlag, 2004; 395-414.
90. Phillips JA, Forrester B, Brown KC. Low back pain: prevention and management (1996) *Aaohn J*; 44:40-51; quiz 52-43
91. Pope MH, Goh KL, Magnusson ML. Spine ergonomics (2002) *Annu Rev Biomed Eng*; 4:49-68
92. Rainville J, Sobel JB, Hartigan C. Comparison of total lumbosacral flexion and true lumbar flexion measured by a dual inclinometer technique (1994) *Spine*; 19:2698-2701
93. Raspe H, Kohlmann T. Rückenschmerzen – eine Epidemie unserer Tage? (1993) *Deutsches Ärzteblatt*; 90:2920-2925
94. Reinecke SM, Hazard RG, Coleman K. Continuous passive motion in seating: a new strategy against low back pain (1994) *J Spinal Disord*; 7:29-35
95. Roberts L, Little P, Chapman J, Cantrell T, Pickering R, Langridge J. The back home trial: general practitioner-supported leaflets may change back pain behavior (2002) *Spine*; 27:1821-1828
96. Robinson ME, Mac Millan M, O'Connor P, Fuller A, Cassisi JE. Reproducibility of maximal versus submaximal efforts in an isometric lumbar extension task (1991) *J Spinal Disord*; 4:444-448
97. S F, N B, M M, P C, A S, K I, J D, P F, L T, CK A. Functional outcomes: The development of a New Instrument to Monitor the Effectiveness of Physical Therapy (1997) *European Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*; 7:31-41
98. Saur PM, Ensink FB, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility (1996) *Spine*; 21:1332-1338
99. Saur PM, Pflingsten M, Ensink FB, Heinemann R, Koch D, Seeger D, Hildebrandt J. [Interrater studies of evaluating the reliability of somatic findings] (1996) *Rehabilitation (Stuttg)*; 35:150-160

100. Schiottz-Christensen B, Nielsen GL, Hansen VK, Schodt T, Sorensen HT, Olesen F. Long-term prognosis of acute low back pain in patients seen in general practice: a 1-year prospective follow-up study (1999) *Fam Pract*; 16:223-232
101. Seichert N, Baumann M, Senn E, Zuckriegl H. Die Rückenmaus- Ein analog-digitales Messgerät zur Erfassung der saggitalen Rückenkontur (1994) *Phys Rehab Kur Med* 4
102. Stevanovic S, Jovelic S. [Usefulness of the lumbar support cushion for pilots of military helicopters] (2000) *Vojnosanit Pregl*; 57:657-663
103. Tucci SM, Hicks JE, Gross EG, Campbell W, Danoff J. Cervical motion assessment: a new, simple and accurate method (1986) *Arch Phys Med Rehabil*; 67:225-230
104. Turner-Smith AR, Harris JD, Houghton GR, Jefferson RJ. A method for analysis of back shape in scoliosis (1988) *J Biomech*; 21:497-509
105. Twomay LT, Taylor JR. Physical therapy of the low back. In. 2 ed. New York: Churchill Livingstone, 1994; 416-421.
106. van Tulder MW, Cherkin DC, Berman B, Lao L, Koes BW. The effectiveness of acupuncture in the management of acute and chronic low back pain. A systematic review within the framework of the Cochrane Collaboration Back Review Group (1999) *Spine*; 24:1113-1123
107. van Tulder MW, Koes B, Malmivaara A. Outcome of non-invasive treatment modalities on back pain: an evidence-based review (2006) *Eur Spine J*; 15 Suppl 1:S64-81
108. van Tulder MW, Koes BW, Bouter LM. Conservative treatment of acute and chronic nonspecific low back pain. A systematic review of randomized controlled trials of the most common interventions (1997) *Spine*; 22:2128-2156
109. Vergara M, Page A. System to measure the use of the backrest in sitting-posture office tasks (2000) *Appl Ergon*; 31:247-254
110. Villanueva MB, Sotoyama M, Jonai H, Takeuchi Y, Saito S. Adjustments of posture and viewing parameters of the eye to changes in the screen height of the visual display terminal (1996) *Ergonomics*; 39:933-945
111. Voerman GE, Vollenbroek-Hutten MM, Hermens HJ. Changes in pain, disability, and muscle activation patterns in chronic whiplash patients after ambulant myofeedback training (2006) *Clin J Pain*; 22:656-663
112. Vollenbroek-Hutten M, Hermens H, Voerman G, Sandsjo L, Kadefors R. Are changes in pain induced by myofeedback training related to changes in muscle activation patterns in patients with work-related myalgia? (2006) *Eur J Appl Physiol*; 96:209-215
113. Waddell G. Biopsychosocial analysis of low back pain (1992) *Baillieres Clin Rheumatol*; 6:523-557
114. Waddell G. Low back pain: a twentieth century health care enigma (1996) *Spine*; 21:2820-2825
115. Williams MM, Hawley JA, McKenzie RA, van Wijmen PM. A comparison of the effects of two sitting postures on back and referred pain (1991) *Spine*; 16:1185-1191

116. Willner S. Spinal pantograph - a non-invasive technique for describing kyphosis and lordosis in the thoraco-lumbar spine (1981) *Acta Orthop Scand*; 52:525-529
117. Wong AM, Lee MY, Kuo JK, Tang FT. The development and clinical evaluation of a standing biofeedback trainer (1997) *J Rehabil Res Dev*; 34:322-327
118. Wu CS, Miyamoto H, Noro K. Research on pelvic angle variation when using a pelvic support (1998) *Ergonomics*; 41:317-327
119. Ylinen J, Ruuska J. Clinical use of neck isometric strength measurement in rehabilitation (1994) *Arch Phys Med Rehabil*; 75:465-469

8 Danksagung

Mein besonderer Dank richtet sich an:

- Herrn Professor Dr. T. Horstmann, für die Überlassung des Themas.
- Herrn Dr. phil. Walter Rapp für die engagierte, persönliche Betreuung.
- Frau Priv. Doz. Dr. Birgitt Schönfisch vom Institut für Medizinische Biometrie für die engagierte Betreuung in der Biostatistik.
- Herrn Peter Fischer für die freundliche Unterstützung und Hilfe in allen Bereichen.
- Allen Mitarbeitern der Abteilung Sportmedizin und Physiotherapie der Universitätsklinik in Tübingen für ihre freundliche Hilfe.
- Allen Probanden, die sich so geduldig zur Mitarbeit bei der Studie erklärt haben.

Außerdem danke ich herzlich:

- Frau Marion Bucksch für ihre Geduld und den moralischen Beistand.
- Allen meinen Freundinnen und Freunden für Ihre Unterstützung.

9 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Christina Waibel
Geburtsdatum und –Ort: 16.04.1978 in Mutlangen
Eltern: Margareta Maria Waibel,
geb. Wiedmann und
Johannes Alois Waibel

Schulbildung

09/1985 bis 07/1989: Grundschule Lindach
09/1989 bis 07/1994: Realschule Mutlangen
09/1994 bis 07/1997: Ernährungswissenschaftliches
Gymnasium Schwäbisch Gmünd
Mit Abschluss Abitur

Praktikum

10/1997 bis 03/1998: Kinderarztpraxis Dres.
Dittbrenner/ Fiedler

Ausbildung

04/1998 bis 04/2001: Krankengymnastikschule
Schwäbisch Gmünd mit
Abschluss staatlich
geprüfte Physiotherapeutin

Beruf

05/2001 bis 03/2002: Physiotherapeutin im
Ostalb-Klinikum Aalen

Hochschulbildung

Seit 04/2002:

Studium der Humanmedizin
an der Eberhard
Karls Universität Tübingen

03/ 2004:

Ärztliche Vorprüfung

18/ 11/ 2008

Ärztliche Prüfung

Denken Sie dass Ihre Rückenschmerzen haltungsabhängig sind (zutreffendes Ankreuzen)? Ja Nein

Gebrauchsanweisung:

- 1) Legen Sie den Gurt mit der Seite der 3 glänzenden Streifen auf Ihre Haut, schieben ihn (mit dem Sensor in der Mitte) von unten gegen die Brustmuskeln und ziehen ihn in dieser Position fest (siehe Photo).
- Frauen: das bewegliche Ende des Sensor unter den BH stecken. Nur falls 4) nicht funktioniert von aussen gegen BH versuchen.
- 2) Stecken Sie den Stecker am Gehäuse ein und schieben Sie den Schalter auf die "ON" - Position.
- 3) Lassen Sie sich bis zu dem Punkt zusammensinken ab dem Sie ein Haltungs-Erinnerungs-Signal möchten.
- 3a) Falls der Haltungstrainer jetzt schon vibriert, drehen Sie den blauen Knopf langsam (reagiert mit Verzögerung) in Richtung der zusammengesunkenen Figur bis das Vibrieren gerade aufhört.
- 3b) Falls nicht, drehen Sie den blauen Knopf langsam (reagiert mit Verzögerung) in Richtung der aufrechten Figur bis das Vibrieren gerade anfängt.
- 4) Testen Sie ob das Signal beim Zusammensinken ab dem richtigen Punkt kommt. Wenn nicht, regeln Sie am blauen Knopf nach, damit das Signal entsprechen früher (Richtung aufrechte Figur drehen) oder später (Richtung zusammengesunkenen Figur drehen) kommt.
- 5) Schieben Sie den Schalter auf "DELAY". Das Vibrieren kommt jetzt erst nachdem Sie ca. 17 Sekunden lang am Stück zu weit zusammengesunken waren.
- 6) Hängen Sie das Gehäuse mit dem Klip an Ihrem Hosenbund oder Gürtel ein.
- 7) Solange Sie das Gerät nicht brauchen (Ende des Tages oder auf W/C), schieben Sie den Schalter wieder in die "OFF" - Position und ziehen den Stecker.
- 8) Wenn der Haltungstrainer nicht mehr funktioniert, wechseln Sie die Batterie (vermutlich nach 2-3 Wochen). Sollte dies nicht helfen, kontaktieren Sie Peter Fischer per e-mail unter: ZEGRA@orthentics.com.

Tragen Sie den Zegra Haltungstrainer in den folgenden 6 Wochen 3x/woche (ideal=Mo,Mi,Fr) für je 4 Stunden bei überwiegend sitzender Tätigkeit.
 Benutzen Sie in der Regel das verzögerte Feedback ("DELAY"-Position des Schiebeschalters) damit Sie sich keine steife, sondern eine dynamische Haltung mit viel Bewegung im aufrechten Bereich angewöhnen.
 Zwischendurch dürfen Sie aber auch mal das sofortige Feedback ("ON"-Position) zur Schulung der Körperwahrnehmung einsetzen (wenn sie z.B. wissen wollen: "halte ich meine Wirbelsäule beim nach vorne Lehnen stabil?")

Tagebuch

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.4	28.4	29.4	30.4	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5
*Rückenschmerz zu Beginn des Arbeitstages 0-10:																												
*Rückenschmerz am Ende des Arbeitstages 0-10:																												
Haltungstrainer-Tragedauer in Stunden:																												
Gesamte Arbeitsdauer in Stunden:																												
Schmerzmedikamenteneinnahme ja (j) oder nein (n):																												
Batteriewechsel (entsprechenden Tag ankreuzen):																												

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
	16.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5	29.5	30.5	31.5	1.6	2.6	3.6	4.6	5.6	6.6	7.6	8.6	9.6	10.6	11.6	12.6
*Rückenschmerz zu Beginn des Arbeitstages 0-10:																												
*Rückenschmerz am Ende des Arbeitstages 0-10:																												
Haltungstrainer-Tragedauer in Stunden:																												
Gesamte Arbeitsdauer in Stunden:																												
Schmerzmedikamenteneinnahme ja (j) oder nein (n):																												
Batteriewechsel (entsprechenden Tag ankreuzen):																												

*Auf einer Schmerzskala von 0-10, 0=kein Schmerz, 10=der schlimmster Schmerz den ich kenne, wie war Ihr Rückenschmerz?

Ihr Kommentar nach Abschluss des Haltungstrainings:

