Aus dem Medizinischen Zentrum für Operative Medizin II
der Philipps - Universität Marburg
Klinik für Orthopädie und Rheumatologie
komm. Direktor: Prof. Dr. med. A. Wilke

UNTERSUCHUNG DER VERTIKALEN BODENREAKTIONSKRÄFTE IM VERLAUF DER BEHANDLUNG MIT EXTRAKORPORALER STOSSWELLENTHERAPIE BEIM SYMPTOMATISCHEN FERSENSPORN

Inaugural - Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps - Universität Marburg

vorgelegt von
Nick Albus
aus Korbach
Marburg, 15. Juli 2005

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
am 14.07.2005 gedruckt mit
Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. B. Maisch

Referent: Prof. Dr. med. T. Wirth

Korreferent: PD Dr. med. M. Schnabel

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS 3

ABBILDUNGSVERZEICHNIS 6

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG: 7

1.1 Fasciitis plantaris 7

1.2 Extrakorporale-Stoßwellen-Therapie als alternativer Therapieansatz ... 8

1.2.1 ESWT Grundlagen 9

1.2.1.1 Historie 9

1.2.2 Physikalische Grundlagen 10

1.2.2.1 Definition der Elektrischen Stoßwelle (ESW) 10

1.2.2.2 Stoßwellenerzeugung 11

1.2.2.3 Definition der Energiebereiche 12

1.2.3 Klinische Studien zur Extrakorporalen-Stoßwellen-Therapie bei Fasciitis plantaris 12

1.2.3.1 Erste randomisierte und placebokontrollierte Studie zur ESWT beim Fersensporn in Deutschland 16

1.3 Grundlagen über den normalen Gang 17

1.3.1 Der Abrollvorgang im Fußgelenk 18

1.3.1.1 First Rocker: 18

1.3.1.2 Second Rocker: 19

1.3.1.3 Third Rocker: 19

1.4 Die aparative Ganganalyse 19

1.4.1 Klinischer Einsatz der Ganganalyse 20

1.4.2 Ganganalyse bei Fasciitis plantaris 21

1.5 Fragestellungen 26

1.5.1.1 Lassen sich Gangbildveränderungen nach ESWT beschreiben? . 26

1.5.1.2 Gibt es einen Zusammenhang zwischen beschriebenen Gangbildveränderungen und dem subjektiven Schmerzereignis? 26

2 PATIENTEN UND METHODE 27

2.1 Die Auswahl des Patientenkollektiv 27

2.1.1 Das Patientenkollektiv 27

2.1.2 Der Score nach Roles- und Maudsley und weitere Untersuchungen... 28

2.1.3 ESWT- Studienaufbau, Randomisierung 29

2.1.4 Abbildung 3: Schematischer Ablauf der ESWT-Studie und der Ganganalyse 31

2.1.5 Verblindung 32

2.2 Durchführung der Ganganalyse 32

2.2.1 Das Laufband 32

2.2.2 Die Messmöglichkeiten des Laufbandes: 33

2.2.2.1.1 Vertikale Kraftmessung: 33

2.2.2.1.2 Anterior – Posteriore Kraftmessung: 36

2.2.2.1.3 Medio – Laterale Kraftmessung:..... 37

2.2.3 Software 38

2.2.4 Durchführung der Messung 39

2.2.5 Datenerfassung und Analyse am Computer 41

3 ERGEBNISSE 43

3.1 Auswertung der vertikalen Kraftmaxima 46

3.1.1 Mittelwerte der einzelnen Kraftmaxima 46

3.1.2 Gegenüberstellung der Varianzmittelwerte Verum - Placebo 47

3.1.3 Aufschlüsselung nach subjektiver Besserung 49

3.1.3.1 Patienten mit subjektiver Besserung bei Verum- und Placebobehandlung 49

3.1.3.2 Patienten ohne subjektiver Besserung bei verschiedenen Therapieformen 50

3.1.4 Varianzverbesserung des Gangbildes nach subjektivem Befinden 51

4 DISKUSSION 53

4.1 Aktueller Stand – Klinische Ergebnisse ESWT beim Fersensporn und Ganganalyse bei Fasciitis plantaris 53

4.1.1 Derzeitige Studienlage zur ESWT bei Fasciitis plantaris 53
4.1.2 Derzeitige Studienlage zur Ganganalyse bei Fasciitis plantaris 53

4.2 Messbare Gangbildveränderungen als Grundlage der Arbeit 54

4.3 Untersuchung der Fragestellungen: 55
4.3.1 Untersuchung er ersten Fragestellung (Lassen sich Gangbildveränderungen nach ESWT beschreiben?) 55
4.3.2 Untersuchung der 2. Fragestellung (Gibt es einen Zusammenhang zwischen beschriebenen Gangbildveränderungen und dem subjektiven Schmerzereignis?) 57
4.3.2.1 Vergleich der Behandlungsgruppen bei Symptomverbesserung .. 57
4.3.2.2 Vergleich der Behandlungsgruppen ohne Symptomverbesserung 58

4.4 Folgerung über die Wirksamkeit der ESWT bei Fasciitis plantaris 58
4.4.1 Ganganalyse zur Überprüfung der Wirksamkeit der ESWT 59
4.4.2 Vergleich des Roles-Moudsley-Score mit den Ergebnissen der Ganganalyse 59

4.5 Vergleich der Ganganalyse mit Literaturergebnissen 60

5 ZUSAMMENFASSUNG 61

6 LITERATUR 63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Möglichkeiten der Kraftmessung eines Laufbandes 20
Abbildung 2: Abflachung der vertikalen Schubkraftmaxima aus Katho 1983..... 23
Abbildung 3: Schematischer Ablauf der ESWT-Studie und der Ganganalyse..... 31
Abbildung 4: Das Laufband im klinischen Einsatz 33
Abbildung 5: farbige Markierung der einzelnen Bodenreaktionsphasen..... 34
Abbildung 6: Auftretende Vertikalkräfte bei der Bodenreaktion getrennt nach rechtem und linkem Fuß:..... 36
Abbildung 7: grafische Darstellung der posterioren - anterioren Kräfte 37
Abbildung 8: grafische Darstellung der medio-lateralen Kräfte..... 38
Abbildung 9: Schematische Darstellung der Meßpararmeter 40
Abbildung 10: Summationsbild eines Patienten mit linksseitiger Fasciitis plantaris vor und nach Behandlung mit ESWT..... 42
Abbildung 11: Anstieg der Varianz bei 12 Wochen Nachuntersuchung..... 46
Abbildung 12:Veränderung der Mittelwerte der Varianzen 48
Abbildung 13: Veränderung der Varianzen bei Verbesserung im Roles- und Maudsley- Score..... 50
Abbildung 14: Veränderung der Varianzen OHNE Verbesserung im Roles- und Maudsley- Score..... 51
Abbildung 15: Varianzveränderungen in Abhängigkeit von subjektivem Befinden und Behandlungsform 52

1 Einleitung und Zielsetzung:

In der hier vorliegenden Arbeit wird der Fragestellung nachgegangen, inwieweit sich messbare Gangbildveränderungen, bei Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris, die mit Extrakorporaler-Stosswellentherapie (ESWT) behandelt wurden, durch eine Ganganalyse erfassen lassen.

1.1 Fasciitis plantaris

Die Plantaraponeurose ist die dickste bindegewebige Struktur im unteren Fußbereich und spannt das Fußgewölbe. Besonders beim Gang muss diese Sehne teilweise das 2-3 fache Körpergewicht bewältigen (Ogden 2001). Durch die hohe mechanische Belastung am Ursprung der Sehne können sich Knochenausziehungen sowie Kalkablagerungen bilden, die schmerzhafte Entzündungen auslösen können.

Die Fasciitis plantaris ist eine schmerzhafte Entzündung dieses Sehnenansatzes, die beim Betroffenen das Laufen stark einschränkt.
Die Ätiologie ist unbekannt, es werden aber multifaktorielle Ursachen diskutiert. Es scheint, dass eine biomechanische Abnormität (Kuhns JC 1949), Gewebsverknöcherung und Abnahme des Stoffwechsels in der Plantaraponeurose (Gill LH 1997) ursächlich an der Entstehung der Fasciitis plantaris beteiligt sind. Der Verkalkung des Sehnenansatzes der Plantaraponeurose scheint ebenfalls eine klinische Bedeutung zuzukommen. Sie kommt bei Patienten mit Fasciitis plantaris in ca. 30% - 70% vor im Vergleich zu nur 8%- 12% in der gesunden Bevölkerung (Cotta H, Hinz P, Puhl W 1984).

Klassische Symptome der Fasciitis plantaris sind einseitiger, unterer Fersenschmerz (in ca. 20-30% der Fälle bilateral lokalisiert), Anlaufschmerz und Morgensteifigkeit des Fußes. Faktoren die zu Fasciitis plantaris beitragen sind: Plattfuß, Hohlfuß, Beinlängendifferenz, tarsale Koalition, verkürzte Achillessehne, Übergewicht, plötzliche Gewichtzunahme, Trainingsfehler (schnelle Zunahme der Laufdistanz, -geschwindigkeit, -dauer) (Buch 2002). Differenzialdiagnostisch müssen Tarsaltunnelsyndrom, Achillodynie, Kalka-

neusfraktur, Kompartmentsyndrom, (Teil-) Ruptur der Plantarfaszie, systemische Erkrankungen wie systemischer Lupus erythematodes, rheumatoide Arthritis, Morbus Bechterew, Reiter-Syndrom, Gicht, Durchblutungsstörung und arthritische Veränderungen abgegrenzt werden. Die typische Lokalisation des Schmerzes der Fasciitis plantaris ist am Tuberculum mediale calcanei zum Teil mit Ausstrahlung nach lateral und distal. Klinisch manifestiert sich der Schmerz als starker Anlaufschmerz am Morgen oder nach längerem Sitzen. Die Qualität ist als dumpfer, intensiver, zum Teil brennender aber auch scharfer, messerartiger Schmerz beschrieben, der erst nach Minuten nachlässt. (Buch 2002)

Zur Behandlung des symptomatischen Fersensporns werden eine Vielzahl an konservativen Methoden, wie Eis, Einlagen, NSAR, Tapeverbände, Massage, Gewichtsreduktion, Steroidinjektion oder Röntgenreizbestrahlung eingesetzt. Als Komplikation, besonders der Steroidinjektion, wurden Weichteilverkalkungen und die Ruptur der Plantarfaszie beschrieben (Schepsis 1991).

Nach mindestens 6-monatiger erfolgloser konservativer Therapie wird die chirurgische Intervention empfohlen (Buch 2002). Hier liegt die Nichterfolgsquote zwischen 2% -35% (Kinley 1993).

Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass etwa 90% der Patienten während einer Latenzzeit von ca. 1 Jahr eine 90%ige Besserung ihrer Schmerzen erfahren. In wieweit eine Spontanausheilung dabei eine Rolle spielt, ist nicht untersucht worden (Davis PF, Severud E, Baxter 1994)

1.2 Extrakorporale-Stoßwellen-Therapie als alternativer Therapieansatz

Die ESWT wird seit 1991 in Europa zur Behandlung des symptomatischen Fersensporns bei konservativ austherapierten Patienten angewandt (Buch 2002). In der Rangfolge des Behandlungsschemas ist sie derzeit zwischen in ausreichendem Umfang erfolglos durchgeführter konservativer und operativer Therapie anzusiedeln.

1.2.1 ESWT Grundlagen

1.2.1.1 Historie

Erstmals wurde die Wirkung hoher Druckwellen (Stoßwellen) auf bestimmte Gewebe während des Zweiten Weltkriegs beobachtetet. Die Lungen von Schiffsbrüchigen waren durch die Einwirkung von Wasserbomben geborsten, obwohl äußerlich keine Anzeichen von Gewalt zu erkennen waren.
1950 berichtete Jutkin, ein russischer Physiker, über eine elektrohydraulisch erzeugte Stoßwelle, die Porzellanteller im Wasser fragmentieren konnte.
Im gleichen Jahr beschrieben Lamport und Newman, dass sie Gallensteine in wassergefüllten Zellophantüten mit 400-Hz-Ultraschallwellen fragmentieren konnten. 1951 zerstörte Berlinicke in vitro braune Pigmentgallensteine mit Ultraschall. Im gleichen Jahr wurde erstmals der Begriff „Stoßwellengenerator" durch das US-Patentamt geschützt (Eisenmenger 1993).
Es folgten weitere Grundlagenforschungen und schließlich wurde 1980 im Klinikum Großhadern, München mit dem Prototyp HM1 (Dornier) der erste Patient mit Gallensteinen erfolgreich behandelt. Die Auslieferung des ersten handelsüblichen Lithotriptor HM 3 (Dornier) fand 1983 statt. Sauerbruch, Delius, Brendel und Paumgartner führten in der Zeit von 1980 – 1984 bei Gallensteinen in-vivo- und in-vitro-Versuche mit extrakorporal erzeugten Stoßwellen durch. Reichenberger entwickelte 1985 das elektromagnetische System zur Stoßwellenerzeugung mit einer Fokussierung über eine akustische Linse (Reichenberger et al. 1988).
Im gleichen Jahr erfolgte die erste klinische Behandlung eines Gallensteines an der Universität München. Die Verbesserungen der Gerätetechnik ermöglichte es ab dem Jahre 1986, kleinere, zum Teil transportable Lithotryptoren einzusetzen.
1986 – 1987 wurden Versuche zum Stoßwelleneinfluss auf die Wundheilung bei Schweinen und die Frakturheilung bei Ratten durchgeführt. Dabei fanden sich Hinweise für eine positive Beeinflussung der Osteogenese durch Stoßwellen.
Weitere Fortschritte wurden durch den Einsatz erster Geräte mit integrierter Röntgen- und Ultraschallortung möglich. Die erste Behandlung von Patien-

ten mit verzögerter Knochenbruchheilung und Pseudarthrosen an Hand und Unterarm geht auf Valchanov et al zurück (Valchanov 1991).
1990 - 1993 folgten an verschiedenen Zentren (Rotterdam, Mainz, Davos, Sofia, Bochum, Erlangen, Washington) Grundlagenuntersuchungen und klinische Anwendungen der Stoßwellentherapie bei Pseudarthrosen und verzögerter Bruchheilung. Experimentelle Studien belegten den Einfluss hochenergetischer Wellen auf Knochen - und Weichteilgewebe. Valchanov und Michailov sowie Schleberger und Senge führten die hochenergetische Form der ESWT in die Behandlung von Frakturen mit verzögerter Heilung oder Pseudarthrosenbildung ein und beschrieben dabei Phänomene einer lokalen Dekortikation und Fragmentation mit Stimulation der Osteogenese. Im Tiermodell kam es zu subperiostalen Blutungen mit nachfolgender Kallusbildung und Veränderungen der Wachstumsfugen sowie zur Induktion von Ossifikationen im Pseudarthrosegewebe (Graff 1989; Valchanov 1991; Schleberger und Senge 1992).
Schließlich hielt die Stoßwellentherapie auch Einzug in die Behandlung von Fasciitis plantaris, Epicondylitis humeri radialis und Tendinitis calarea.

1.2.2 Physikalische Grundlagen

1.2.2.1 Definition der Elektrischen Stoßwelle (ESW)

Stoßwellen sind mechanische Druckimpulse, die in Gasen oder Flüssigkeiten erzeugt werden können. Nach den Gesetzen der Akustik entsprechen sie physikalisch fortpflanzende Schallwellen bzw. Dichteschwankungen, die ein „gleichförmiges“ Medium (z.B. Wasser) nach allen Richtungen homogen durchlaufen und erst an Grenzflächen (Zusammentreffen zweier Medien mit unterschiedlicher akustischer Impedanz) gebrochen werden. Der Druckwelle folgt eine Zugwelle nach.

1.2.2.2 Stoßwellenerzeugung

Der Erzeugung von Stoßwellen liegen drei unterschiedliche physikalische Prinzipien zugrunde:

- **Elektrohydraulische Systeme:**
  Funkentladung nach dem Zündkerzenprinzip
- **Piezoelektrische Systeme:**
  Schwingung von Quarzkristallen im elektrischen Wechselfeld
- **Elektromagnetische Systeme:**
  Auslenkung einer Metallmembran durch ein impulsartig erzeugtes Magnetfeld

Das im Rahmen dieser Untersuchung eingesetzte Stoßwellengerät erzeugt Stoßwellen elektromagnetisch. Die Komponenten setzen sich aus einer akustischen Quelle mit Hochspannungsentladekreis, einem Fokussierungselement und einem Übertragungsmedium zusammen, das sich zwischen Quelle-Linse und Linse-Ankoppelbalg befindet. Der auf Hochspannung aufgeladene Kondensator wird schlagartig über eine Spule entladen. Aufgrund einer Schwingkreisbildung zwischen Kondensator und Spule stellt sich ein sinusförmiger Strom ein, der in einer anliegenden Metallmembran Wirbelströme induziert, die zu einer Abstoßung der Membran führen. Durch die Beschleunigung der Membran wird ein akustischer Impuls in der dahinterliegenden Wassersäule erzeugt. Die akustische Welle baut sich auf ihrem Weg über die schalloptische Linse durch Fokussierung zur Stoßwelle auf. Trifft diese akustische Energie auf Grenzflächen zweier Medien mit unterschiedlicher akustischer Impedanz - wie z.B. Wasser und Muskel oder Knochen - erfolgt eine Energieumwandlung in lokale Zug- und Dehnungskräfte. Tabelle 1 zeigt die Schallgeschwindigkeit und die akustische Impedanz (=Schallgeschwindigkeit x Dichte) verschiedener Materialien.

Tabelle 1: Akustische Parameter verschiedener Stoffe

Stoff	Schallgeschwindigkeit (m/s)	Akustische Impedanz (10^3 Ns/m³)
Luft	343	429
Fett	1159	1380
Wasser	1483	1480
Blut	1530	1620
Niere	1570	1630
Muskel	1545-1630	1650-1740
Knochen	2700-4100	3200-7400
Nierenstein	4000-6000	5600-14400
Aluminium	6420	17300
Stahl	5790	45700

1.2.2.3 Definition der Energiebereiche

Zurzeit gibt es noch keine Übereinkunft von Hersteller- und Anwenderseite darüber, wann eine Therapie als nieder- mittel- oder hochenergetisch einzuschätzen ist (Rompe 1997). Gerätespezifisch differieren die Herstellerangaben bereits schon in der Wahl des physikalischen Parameters für die Energie. Einerseits wird die Gerätespannung mit kV (Kilovolt), andererseits die Energieflussdichte in mJ/mm² zur Beschreibung herangezogen. In den letzten Jahren hat sich zunehmend die Energieflussdichte als Parameter durchgesetzt. Rompe hat an der Universität Mainz folgende Einteilung getroffen (ROMPE 1997).

- Niederenergetisch: Energiedichte im Fokus 0,08 mJ/mm²
- Mittelenergetisch: Energiedichte im Fokus 0,28 mJ/mm²
- Hochenergetisch: Energiedichte im Fokus 0,60 mJ/mm²

1.2.3 Klinische Studien zur Extrakorporalen-Stoßwellen-Therapie bei Fasciitis plantaris

Eine Metaanalyse zur klinischen Studienlage bei Fasciitis plantaris ergab 20 publizierte Studien mit einer Gesamtzahl von 1601 Patienten, die die Wirkung der ESWT bei Fasciitis plantaris untersuchten (Ogden 2001). Die durchgeführten Studien unterschieden sich in Fragestellung, angewandte

Energiedichte, Anästhesie der Behandlungsstelle, follow-up Rate, Anzahl der Nachuntersuchungen und Einstufung des Behandlungserfolges (Ogden 2001).
Ziel seiner Metaanalyse war ein Vergleich der verschiedenen Energieflussdichten und deren Einfluss auf den Therapieerfolg. Ogden kategorisierte die Studien zum einen nach Studiendesign in Bezug auf Verblindung, Kontrollgruppe, randomisiert oder nicht, prospektiv oder nicht. Zum anderen wurde nach niederenergetischer und hochenergetischer Behandlung unterschieden (siehe 1.2.2.3). Außerdem schloss er auf Grund methodischer Schwächen von vornherein alle Studien mit einer Follow-Up Rate von kleiner 1 Jahr als nicht weitsichtig genug aus.
Es resultierten daraus schließlich 8 Studien mit 840 Patienten.
Diese waren mindestens:
Prospektive nicht verblindete Studien, ohne Kontrollgruppe, mit adäquatem Analysezeitraum und Nachuntersuchungsphasen (mindestens 1 Jahr nach Ende der Therapie oder mehr), die er in seine Untersuchung einbezog. Erfolgsraten, die aber nach unterschiedlichen Kriterien bewertet wurden, wurden von 58% - 88% angegeben.
In der Evidance based Medicine, wären Studien, die:
Prospektiv, randomisiert, doppelblind, und placebokontolliert durchgeführt worden wären, nach Ogden am sinnvollsten gewesen. Dieses Kriterium wurde lediglich von 322 Patienten seiner eigenen Studie erfüllt.
Bei hochenergetischer Therapie, 1 Jahr nach Ende der Behandlung war eine Erfolgsrate bei den behandelten Patienten von 88% angegeben.
Die Auswertung der Erfolgsraten unterschieden sich, da 80% der Patienten während der Nachuntersuchung nach einem Zielkriterium untersucht wurden und 20% nach zwei Zielkriterien. In der Endauswertung wurden beide Behandlungsgruppen jedoch wieder zusammengefasst (Ogden2002).

1995 wählten Rompe et al. 100 Patienten mit schmerzhafter Plantarfasciitis und gleichzeitig vorliegendem Fersensporn aus, die seit mindestens 12 Monaten unter therapieresistenten Beschwerden litten (um eine Spontanausheilung weitestgehend auszuschließen). Alle Patienten wurden konsekutiv auf 2 Gruppen randomisiert, wobei Gruppe 1 (Behandlungsgruppe)

insgesamt 3000 Impulse der Energiedichte 0,08 mJ/mm^2 (niederenergetisch), verteilt über 3 Wochen erhielt; Gruppe II (Kontrollgruppe) erhielt lediglich 30 Impulse. Bewertet wurden lokaler Druckschmerz, Nachtschmerzen, Ruheschmerzen, Gehdauer und die schmerzfreie Belastbarkeit. Darüber hinaus wurde die subjektive Patientenmeinung erfragt. Der Untersuchungszeitraum wurde auf ein Jahr festgelegt. Nach einem Jahr gaben 88% der Behandlungsgruppe im Vergleich zu 34% der Kontrollgruppe eine Besserung an.
Dies war die erste Studie, die eine adäquate Kontrollgruppe, mit Vergleich zwischen Verum- und Placebotherapie, einschloss (Boedekker 2000). Dies war umso wichtiger weil etwa ein Drittel der Patienten, die die Placebotherapie erhielten, nach einem Jahr ebenfalls eine Verbesserung ihrer Schmerzsymptomatik angaben. In dieser und auch in Rompes Folgestudien wurde jeweils eine von ihm selbst definierte, niedrigenergetische Therapie verwendet.

Buch et al. untersuchten den morgendlichen Anlaufschmerz des Patientenkollektivs n=110 und versuchten damit einen Nachweis der Effektivität und Sicherheit der ESWT beim Fersensporn zu erbringen (Buch 2002). Die Studie wurde als prospektive randomisierte placebokontrollierte multizentrischen Studie angelegt. Die Resultate der Untersuchung zeigten, dass bei zuvor konservativ erfolglos behandelten Patienten durch eine einmalige Stoßwellenanwendung eine statistisch signifikante Verbesserung (p=0,0149) des morgendlichen Anlaufschmerzes als Hauptzielkriterium eintrat.
In der Therapiegruppe trat eine Reduktion von 7,7 auf 3,4 Punkte auf der visuellen Analogskala (VAS), in der Placebogruppe eine Reduktion von 7,7 auf 4,1 Punkte auf der VAS ein. Die Analyse der Daten des Scores nach Roles- u. Maudsley (siehe 1.2.3.1) mit dem exakten Test nach Fisher zeigte mit 61,6% sehr guter und guter Einschätzungen ein signifikant besseres Ergebnis der Therapiegruppe (p=0,0128) gegenüber 39,7% in der Placebogruppe. Therapiebedingte Nebenwirkungen (lokale Schwellung, Petechien) waren selten. Aufgrund der Daten wurde im Januar 2002 die FDA-Zulassung für das verwendete Stoßwellengerät erteilt.

Chen et al. verwendeten hochenergetische Schockwellen bei der Behandlung von 80 Patienten. Alle erhielten eine definierte Anzahl von 1000 Impulsen. Nach 12 Wochen waren 20,6 % aller Patienten komplett symptomfrei, 52,9% ging es signifikant besser. 6 Monate nach der letzten Behandlung waren insgesamt 59,3% komplett symptomfrei und 27,7% signifikant besser. Eine Kontrollgruppe wurde bei dieser Untersuchung nicht mitgeführt (Chen 2001)

Russo et al. verabreichten eine niederenergetische Therapie bei 36 Patienten und fanden innerhalb ihres Nachuntersuchungszeitraumes eine Erfolgsquote von 83%, gemessen an einer mindestens 70 prozentigen Reduzierung des Schmerzereignisses auf einer visuellen Analogskala (VAS). Festgehalten wurde, dass 20% der Patienten während der Behandlung eine Lokalanästhesie benötigten (Russo 1996).

Jakobeit et al. verglichen in ihren Untersuchungen die hochenergetische und niederenergetische Behandlung (113 Patienten mit hochenergetischer Therapie und 79 Patienten mit niedrigenergetischer Therapie). 24,8% der Patienten der hochenergetischen Behandlungsgruppe waren nach einer Behandlung mit definierter Schockwellenzahl schmerzfrei im Vergleich zu 11,4% aus der niedrig energetischen Behandlungsgruppe. Auf eine Kontrollgruppe wurde auch hier verzichtet (Jakobeit 1997).

Boeddecker et al. wiesen ihn ihrer systematischen Literaturübersicht anhand biometrischer Kriterien darauf hin, das alle, auch die placebokontrollierten Studien, methodische Schwächen aufwiesen. Da teilweise nur eine Behandlungsgruppe untersucht und nicht einer Kontrollgruppe gegenübergestellt wurde, konnte die Rate der Spontanheilungen oder der zeitliche Verlauf der Erkrankung nicht abgeschätzt werden. Außerdem brachte das Fehlen einer Kontrollgruppe weitere methodische Probleme mit sich, weil Patienten nicht zufällig zugeteilt werden konnten und damit eine Verblindung der Patienten nicht gegeben war. (Boeddecker 2001)

Haake et al. zeigten in einer weiteren systematischen Übersichtsarbeit auf, dass auch die bis 2002 erschienenen Studien methodische Schwächen zeigten, weil sie in der Nachuntersuchungsphase weniger Patienten beobachteten, als sie vorher eingeschlossen hatten oder unterschiedliche methodische Ansätze der Verum- und Placebogruppe in Bezug auf die Behandlungsform beinhalteten ,sodass aus ihnen keine Schlüsse über Wirksamkeit oder Unwirksamkeit der Extrakorporalen-Stoßwellen-Therapie gezogen werden konnten.
Die Frage ob die Extrakorporale-Stoßwellen-Therapie der konventionellen operativen Therapie überlegen ist oder überhaupt einen Effekt zeigt, konnte bis jetzt in keiner der oben genannten Studien nachgewiesen, aber auch nicht widerlegt werden (Haake 2002).
Dieser Mangel an wissenschaftlich ausreichend belegten Therapieergebnissen führte bis jetzt dazu, dass die Krankenkassen in Deutschland grundsätzlich die Kosten für eine ESWT Behandlung nicht übernehmen.

1.2.3.1 Erste randomisierte und placebokontrollierte Studie zur ESWT beim Fersensporn in Deutschland

Anhand einer multizentrisch 2-armigen, prospektiven, randomisierten, einfachblinden und placebokontrollierten Studie soll eine Aussage über die Sicherheit und Wertigkeit einer 3-maligen Extrakorporalen-Stoßwellenanwendung mit je 4000 Pulsen bei einer Energiedichte von ED+=0,08 mJ/mm² (niederenergetisch) bei Patienten mit chronischer Fasciitis plantaris getroffen werden.
Ziel war der Vergleich der Wirksamkeit der ESWT unter Lokalanästhesie mit der Wirkung der alleinigen Lokalanästhesie anhand des Roles- und Maudsley Scores (RM-Score). Dieser erfasst das subjektive Schmerzerlebnis anhand eines vierstufigen Scorewertes.
Insgesamt wurden 272 Patienten an 9 Zentren in Deutschland nach einem standardisierten Verfahren rekrutiert, nach dem Vorliegen einer schriftlichen Einverständniserklärung zentral randomisiert und zufällig zur Verum- oder Placebobehandlung zugeführt.
Der untersuchende Arzt und der behandelnde Arzt waren nicht identisch

Jeder Patient erhielt die gleiche Stoßwellentherapie mit einem Dornier Epos Ultra, 0,08 mJ/mm², mediale Ankopplung, 4000 Impulse, Patienten kontrollierte Fokussierung unter Sonokontrolle von plantar.
Vorher wurde eine Lokalanästhesie mit 2 ml Mepivacain 1% ohne Zusatz (z.B. Scandicain®) durchgeführt.
Bei der Kontrollgruppe wurde zusätzlich eine impulsabsorbierende Folie zwischen dem Stoßwellengerät und der Ferse angebracht und sonst analog behandelt.
Es erfolgten insgesamt 3 Behandlungen jeweils im Abstand von 14 Tagen.
Das Hauptzielkriterium der Studie war eine Scorewertverbesserung 12 Wochen nach der letzten Stoßwellentherapie.
Die mittlerweile abgeschlossene und veröffentlichte Studie von Haake et al. kam zu dem Ergebnis, das die ESWT eine ineffektive Therapieform zur Behandlung der Fasciitis plantaris ist.
Damit widersprach Haakes Studie den positiven Ergebnissen vorangegangener Studien. Zwar zeigten sich wie in vorangegangenen Arbeiten ähnlich hohe Therapieerfolge in der Verumgruppe anhand des RM-Scores nach 12 Wochen und ein Jahr nach ESWT, jedoch konnten ähnlich gute Ergebnisse auch in der Placebogruppe gezeigt werden.
Eine hohe Spontanausheilung und eine Wirkung der Lokalanästhetika können ursächlich sein. (Haake 2003)

1.3 Grundlagen über den normalen Gang

Hefti hielt 1998 fest, dass die Kenntnis des normalen Gangs die Voraussetzung ist, um pathologische Veränderungen des Gehens beschreiben zu können. Deshalb sollen hier einige Merkmale der normalen Bodenreaktion des Fußes festgehalten werden.
Es wird immer wieder betont, dass es keine Norm für den „normalen Gang" gibt (Hefti 1998). Das Gangbild wird von verschiedenen Parametern, wie Körpergröße, Gewicht, Fußform, Schuhwerk sowie pathologischen Veränderungen des Gangapparates beeinflusst.

Die klinische, „mit dem Auge vorgenommene " Beschreibung des Ganges ermöglicht nur eine grobe Differenzierung des Pathologischen vom Normalen.

Die apparative Ganganalyse bietet mit ihrem objektiv erhobenen Messdaten und dem höheren Auflösungsvermögen Vorteile:

Die Mess- und Berechnungsgrößen erlauben eine exakte Beschreibung des Gangmusters und damit eine objektive Ergänzung zum Befund der klinischen wahrgenommenen Gangstörung.

Die verschiedenen komplexen Bewegungsabläufe dienen dazu, den Körper möglichst gleichmäßig und ökonomisch in Gangrichtung voran zu bringen. Externe Kräfte wie Gravitation werden ebenfalls in den Gangablauf einbezogen und erfordern kontrollierte und koordinierte Bewegungen des Beines. Insgesamt sind beim Gang die Gelenke des Fußes, des Knies sowie des Hüftgelenk beteiligt.

Die Komplexität und die schnelle Abfolge der Fortbewegung sind mit dem Auge nicht vollständig erfassbar. Demgegenüber lassen sich mit der Ganganalyse einzelne Aspekte des Ganges verfolgen. Hier wird im Besonderen die Standphase des Fußes beleuchtet.

1.3.1 Der Abrollvorgang im Fußgelenk

Die Bewegung des Fußes bei der Bodenreaktion wird in 3 Teilbereiche eingeteilt: „First-“, „Second-“ und „Third Rocker“ (Hefti 1998). Diese Einteilung ist in sofern hilfreich, weil sie die Abrollvorgang des Fußes in Fersen-, Mittel und Vorfussbodenreaktion einteilt. Bei der Ganganalyse werden unter anderem die auftretenden Spitzenkräfte erfasst und ausgewertet. Da die vertikale Kraftmessung nur ein sehr vages Bild des Bewegungsablaufes im Fuß wiedergibt sei die funktionelle Beschreibung der Bodenreaktion eines Fußes hier vorangestellt.

1.3.1.1 First Rocker:

Der Fuß bewegt sich beim normalen Gang hauptsächlich in der Sagittalebene. Kurz vor dem Aufsetzen der Ferse auf den Boden befindet sich die Sohle senkrecht zum Unterschenkel (plantigrad), eventuell sogar in minima-

ler Plantarflexion (ca. 5°). Beim Aufsetzen sind die Fußheber- und Zehenhebermuskulatur maximal aktiv, damit das Aufsetzen mit der Ferse beginnt. Nachdem die Ferse den Boden berührt hat wird der Fuß plantar flektiert, bis die gesamte Fußsohle auf dem Boden aufliegt.

1.3.1.2 Second Rocker:

Das Aufsetzen der Planta pedis erfolgt über Kontrollmechanismen der Fußhebermuskulatur. Während der Fuß auf der Unterlage ruht, bewegt sich anschließend der Unterschenkel in der Frontalachse nach vorne, Drehpunkt ist dabei das obere Sprunggelenk, welches für die Dorsalextension im Fuß verantwortlich ist. Gegenspieler dieser Extensionsbewegung ist eine exzentrische Kontraktion des M. triceps surae, der diese Bewegung kontrolliert abbremst.

1.3.1.3 Third Rocker:

Der Gesamtumfang der Dorsalextension beträgt ca. 15°-20°. Am Ende der Dorsalextension kontrahiert sich der M. triceps surae. Dadurch hebt sich die Ferse wieder vom Boden ab. Und der Fuß stößt durch Muskelarbeit das Bein vom Boden ab.
Nach Abschluss der Bodenreaktion verhelfen die Fußheber den Fuß wieder in die plantigrade Stellung zu bringen.

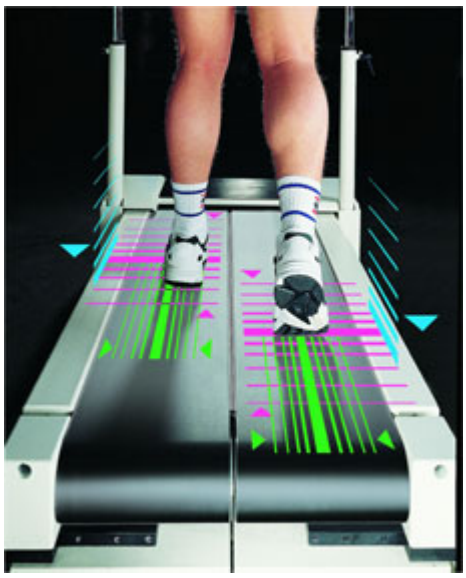
Insgesamt korrelieren die oben genannten. Bewegungsabschnitte mit den bei der vertikalen Kraftmessung auftretenden Kurvenphasen, die jeweils ein Extrempunkt beinhalten und die weiter unten beschrieben werden.
Mit der oben genannten Einteilung soll versucht werden eine korrespondierende funktionell anatomische Beschreibung gegenüber der abstrakten Beschreibung der vertikalen Kräfte bei der Ganganalyse zu finden.

1.4 Die aparative Ganganalyse

Die oben beschrieben Bewegungsabläufe kann man in Form von Kraft-Zeit-Kurven mit Hilfe eines Laufbandes messen. Die hier verwendete apparative

Ganganalyse arbeitet nach dem Prinzip der Kraftmessplattenuntersuchung. Die Kraftmessplatten sind in den Boden eingelassene Waagen, welche die einwirkende Kraft in allen drei Dimensionen in Abhängigkeit von der Zeit aufzeichnen können. Die Kraftmessplatten messen die in der unten gezeigten Abbildung schematisch dargestellten vertikalen (blau), medio – lateralen (grün) und die anterior – posterioren (rot) Kräfte. Der normale Gang zeigt einen typischen Ablauf dieser Kräfte, auf die weiter unten eingegangen wird. In der Auswertung ergibt sich eine Vielzahl von Kräften, die in Abhängigkeit der Zeit, grafisch als Kurve, dargestellt werden können.

Abbildung 1: Möglichkeiten der Kraftmessung eines Laufbandes



Blaue Pfeile: *vertikale Schubkräfte*
Rote Pfeile: *anteriore - posteriore Kräfte*
Grüne Pfeile: *medio -laterale Kräfte*

Die apparative Ganganalyse ermöglicht es, kleine Gangbildveränderungen zu erfassen.

1.4.1 Klinischer Einsatz der Ganganalyse

Die kinematische Ganganalyse besitzt bei bestimmten klinischen Fragestellungen einen hohen Stellenwert. Sie bietet den großen Vorteil, dass man komplexe Bewegungsabläufe schnell und objektiv erfassen kann. Besonders die Entwicklung moderner Computer vereinfachen die Erfassung und

Auswertung der Daten um einen beträchtlichen Teil. Bei der Beurteilung von Operationserfolgen bei Gelenksersatzoperationen der unteren Extremität wird sie häufig angewandt. Erkrankungen wie der Morbus Parkinson oder andere spastische Erkrankungen der unteren Extremität erfordern die Ganganalyse zur Kontrolle des Therapieerfolgs. Insgesamt wird die Ganganalyse entweder zur Verlaufskontrolle oder zur objektiven Darstellung des Pathologischen vom Normalen bei den verschiedenen Krankheitsbildern eingesetzt.
Zusätzlich können bei der Ganganalyse auch aufwendigere Verfahren, wie Videoanalyse oder Ultraschallauswertung durchgeführt werden. Die komplexeren Analyseverfahren werden aber nur bei der speziellen Fragestellung eingesetzt, da sie sehr teuer sind und einen erhöhten apparativen und personellen Aufwand erfordern.

1.4.2 Ganganalyse bei Fasciitis plantaris

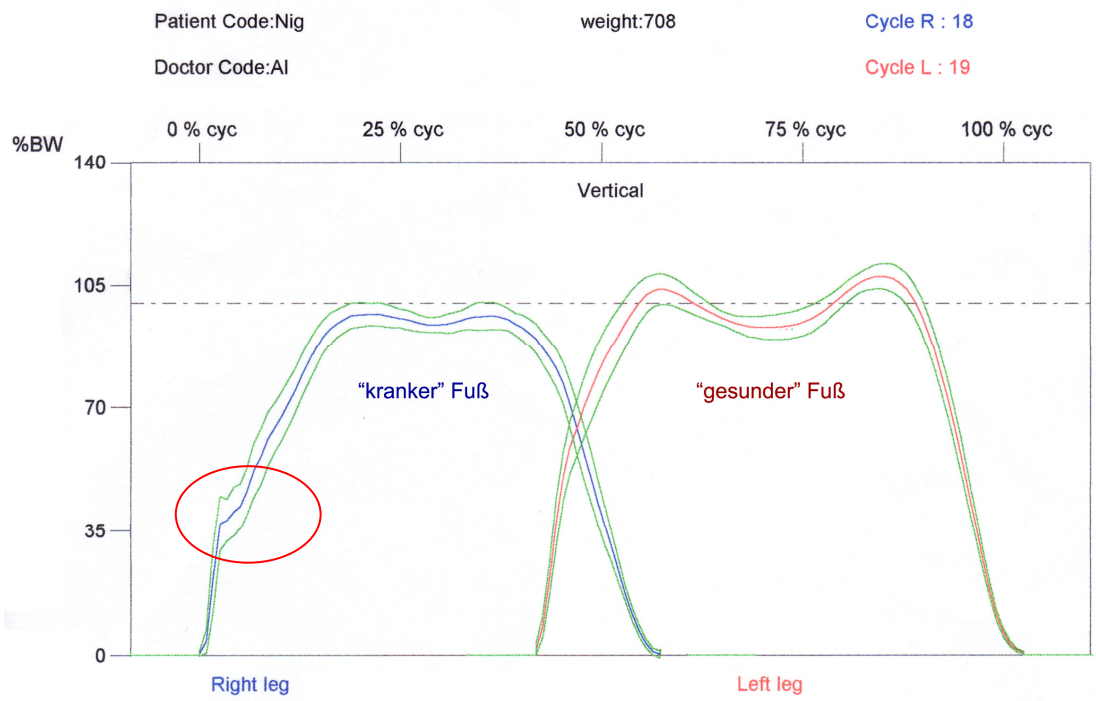
Obwohl der symptomatische Fersensporn einer der häufigsten angeführten Ursachen des Fußschmerzes ist (Shepsis 1991), existieren bis jetzt nur 6 Studien die sich mit der Thematik eines veränderten Gangbildes bei der Fasciitis plantaris befassen (Scott 2003).

Katoh et al. beschrieben 1983, dass sich die Fasciitis plantaris im Wesentlichen auf die vertikalen Schubkräfte in der Ganganalyse auswirke. In der durchgeführten Untersuchung wurde versucht, eine Änderung der Bodenraktionskräfte mit unterschiedlichen Schuheinlagen bei symptomatischem Fersensporn zu zeigen. 32 gesunde Probanden wurden mit 13 Probanden mit einseitiger Fasciitis plantaris vor Einlagenverordnung und danach verglichen. Die Laufgeschwindigkeit wurde für jeden Patienten individuell festgelegt, sodass unterschiedlichen persönlichen Ganggewohnheiten Rechnung getragen wurde. Es wurde darauf verwiesen, dass der „normale“ Gang eine individuelle Angelegenheit sei und deshalb eine individuelle Laufgeschwindigkeit gewählt wurde. Es zeigte sich, dass Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris eine Absenkung des ersten und zweiten vertika-

len Schubkraftmaximums gegenüber der gesunden Kontrollgruppe aufwiesen.
Nach Versorgung mit Einlagen am betroffenen Fuß und Linderung des Schmerzereignisses wurde eine weitere Ganganalyse durchgeführt. Die symptomatische Verbesserung der Fasciitis plantaris - Gruppe nach Einlagenverordnung ging mit einer Erhöhung der vertikalen Schubkraft Maxima einher.
Katho folgerte daraus, dass Fersenfuß- und Vorfußbodenreaktion zugunsten der Mittelfußbodenraktion vermindert seien. Zusätzlich fiel ein kleines prämaximales Schubkraftmaximum beim erkrankten Fuß auf, das statistisch keine Signifikanz hatte (roter Kreis in der folgenden Abbildung). Des Weiteren wurde bei dieser Untersuchung hervorgehoben, dass die Einlagenverordnung lediglich eine symptomatische, aber keine kurative Therapie der Fasciitis plantaris sei.

Auf die anderen Schubkraftmaxima (siehe 2.2.2.1.2, 2.2.2.1.3) habe die einseitige Fasciitis plantaris keinen wesentlichen Einfluss genommen. Eine „Verdrehung“ des Fußes wurde deshalb ausgeschlossen. Außerdem wurde festgestellt, dass unterschiedliches Schuhwerk das Gangmuster in erheblichem Maße beeinflusste.
Die Abflachungen der ersten und zweiten Maxima in der vertikalen Kraftmessung wurden in späteren Untersuchungen wiederholt beschrieben und bestätigt. Auf eine Verlaufsbeobachtung nach Therapie wurde verzichtet, ebenso wie auf einen Vergleich bei spontaner Heilung.
Abschließend wurde festgehalten, dass die kinematische Ganganalyse bei der Diagnostik der Fasciitis plantaris einen gewissen Stellenwert habe.
Die nachfolgende Abbildung zeigt das Gangbild eines Patienten mit rechtsseitiger Fasciitis plantaris.
Die blaue Kurve zeigt die typischen oben genannten Veränderungen, während die rote Kurve die normale Bodenreaktion des linken Fußes darstellt.

Abbildung 2: Abflachung der vertikalen Schubkraftmaxima aus Katho 1983



Blaue Linie:	*vertikale Kraftkurve des rechten Fußes*
Rote Linie:	*vertikale Kraftkurve des linken Fußes*
Grüne Linie:	*Standardabweichung*
Gestrichelte Linie:	*100% der Gewichtskraft*
x-Achse(%cyc):	*vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse (%BW):	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Cycle R / Cycle L:	*Anzahl der gemessenen Laufzylen pro Fuß*
Roter Kreis:	*prämaximales Schubkraftmaximum (ohne Signifikanz)*

Zijlstra et al. (1995) befassten sich mit der Laufgeschwindigkeit der Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris und kamen zum Schluss, dass sie individuell jedem Patienten angepasst werden sollte. Aussagen zu Veränderungen der Schubkräfte machten Zijlstra et al. nicht.

Liddle et al. griffen 2000 die oben genannten Ergebnisse auf und versuchten weitere pathologische Gangbildveränderungen zu finden. Sie verglichen bei Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris den symptomatischen und den asymptomatischen Fuß miteinander. Zum Einsatz kam wieder ein Laufband, das nach der Kraftmessplattenmethode arbeitete. Insgesamt 23 Patienten wurden für die Untersuchung rekrutiert. Dabei wurde festgehalten, dass die Patienten überwiegend übergewichtig waren. Die Patienten wur-

den angehalten mit ihrer persönlich angenehmsten Ganggeschwindigkeit, barfuss über das Laufband zu gehen. Aus Voruntersuchungen von Katoh und anderer Autoren war bekannt, dass eine Vielzahl von Einzelmessungen und eine suffiziente Eingewöhnungsphase der Aussagekraft der Untersuchung zuträglich waren. Die Aufzeichnungsdichte der Untersuchung betrug bei Liddle 200 Hz im Gegensatz zu Katoh, der nur 100 Hz verwendete. Im Endergebnis wurde vermerkt, das 200 Hz der limitierende Faktor der Untersuchung sei und in zukünftigen Untersuchungen Auflösungen von 500 Hz oder mehr verwendet werden sollten.
Das Ergebnis zeigte keine signifikante Veränderung der vertikalen Kraftmaxima zwischen symptomatischem und asymptomatischem Fuß. Ebenso konnte keine Verlagerung der Fersen- Vorfuß Bodenreaktionszeit zugunsten der Mittelfuß Bodenreaktion, im Vergleich zum asymptomatischen Fuß, festgestellt werden. Liddle widersprach damit Katoh. Liddle postulierte, dass zusätzliche Faktoren das Gangbild beeinflussen würden.
Anderen Autoren wie: Bedi & Love (1998) und Kelly et al. (1995) kamen bei fast identischem Untersuchungsaufbau und ähnlich kleinen Fallzahlen zu annähernd gleichen Ergebnissen wie Liddle und Zijlstra.

Scott veröffentlichte 2003 eine Arbeit, in der er die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden von Liddle et al. und Katoh et al. aufgriff und untersuchte. 16 Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris und 16 Probanden ohne Fasciitis plantaris wurden untersucht und miteinander verglichen. Dabei bestätigte er das Ergebnis von Liddle, dass sich zwischen symptomatischem und asymptomatischem Fuß keine signifikanten Veränderungen der vertikalen Bodenreaktionskräfte ergeben. Er folgerte, dass Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris insgesamt kein normales Gangbild aufweisen würden. Der Vergleich mit der Kontrollgruppe wiederum zeigte statistisch signifikante Veränderungen in der vertikalen Bodenreaktion der Fasciitis plantaris Gruppe. Hier konnte eine Verminderung der vertikalen Kraftmaxima beschreiben werden. Die Auflösung des Laufbandes betrug 50 Hz. Im Gegensatz zu Liddle hielt Scott diese Auflösung nicht für einen limitierenden Faktor der Untersuchung. Scott hielt es ebenfalls für sinnvoll wie Zijlstra et al. (1995) die Laufgeschwindigkeit individuell anzupassen.

Bis jetzt existiert noch keine Studie, die sich mit dem Verlauf der o.g. Parameter bei einseitiger Fasciitis plantaris beschäftigt. Bisher wurde nur ein Augenmerk auf den Vergleich von Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris und einer Kontrollgruppe, sowie auf den Vergleich des symptomatischen Fußes mit dem asymptomatischen Fuß gerichtet.
Des Weiteren wurde bis jetzt noch nicht überprüft, ob eine Verbesserung der o.g. Parameter als Erfolgskontrolle für eine ESWT herangezogen werden kann. Dennoch lassen sich die vorliegenden Arbeiten als Grundlage heranziehen.
Die Mehrzahl der Autoren ist der Meinung, dass eine Gangerfassungsauflösung des Laufbandes um oder unter 100 Hz Gangbildveränderungen ausreichend widerspiegeln. Liddles Ergebnisse erbrachten im Vergleich zu anderen Autoren keine signifikant anderen Ergebnisse, sodass 100Hz ausreichend erscheinen.
Ebenfalls soll in der hier vorliegenden Arbeit der individuell angepassten Laufgeschwindigkeit Rechnung getragen werden.
Alle Autoren sind sich darin einig, dass die aussagekräftigste Untersuchung, die, der vertikalen Kraftmessung ist, sodass diese auch hier untersucht wird.
Bisher sind die Gangbildveränderungen noch nicht im Verlauf beobachtet worden. Es erscheint aber sinnvoll 2 Messungen, einmal vor und einmal mit genügend Karenzzeit nach der Behandlung durchzuführen, weil bei den gewählten Untersuchungsterminen die zu erwartende Dropout-Rate am geringsten ist.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit soll ein Vergleich der Messdaten mit dem subjektiven Befinden des Patienten nach RM-Score im Verlauf der Behandlung sein.

Es resultieren hieraus folgende Fragestellungen:

1.5 Fragestellungen

1.5.1.1 Lassen sich Gangbildveränderungen nach ESWT beschreiben?

1.5.1.2 Gibt es einen Zusammenhang zwischen beschriebenen Gangbildveränderungen und dem subjektiven Schmerzereignis?

2 Patienten und Methode

2.1 Die Auswahl des Patientenkollektiv

2.1.1 Das Patientenkollektiv

Im Rahmen einer multizentrisch 2-armigen, prospektiven, randomisierten, einfachblinden und placebokontrollierten Studie über die Sicherheit und Wertigkeit einer 3-maligen Extrakorporalen-Stoßwellenanwendung wurden die Patienten für die Ganganalyse herangezogen.
Im Rahmen der ESWT-Studie (siehe auch Kapitel 1.2.3.1) wurden 272 Patienten an 9 Zentren in Deutschland rekrutiert. Am Studienzentrum Marburg wurden 79 Patienten in die Studie eingeschlossen, von denen fortlaufend die Patienten für die hier vorliegende Untersuchungen rekrutiert wurden.
Für die vorliegende Pilotstudie wurde eine Zahl von 30 Patienten festgelegt, da hiermit eine Hypothesengenerierung möglich ist und die erforderliche Fallzahl in einem überschaubaren Zeitraum zu erreichen war.

Da die erste Ganganalyse vor der Randomisierung stattfand, konnte der Untersucher keinen Einfluss auf die Verteilung zwischen Verum- und Placebogruppe nehmen. Insgesamt wurden 14 Personen der Placebogruppe und 16 Personen der Verumgruppe am Laufband untersucht.

Alle eingeschlossenen Patienten hatten vorher das gleiche Screening durchlaufen. Die bei der Screeninguntersuchung zu beachtenden Ein- und Ausschlusskriterien sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Nur Patienten, die alle Einschlusskriterien erfüllten und alle Ausschlusskriterien nicht erfüllten konnten in das Studienkollektiv aufgenommen werden:

Tabelle 2: Schematische Darstellung der Ein- und Ausschluss Kriterien

Einschlusskriterien sind:	Als Ausschlusskriterien gelten:
• vordiagnostizierter, symptomatischer Fersensporn durch Röntgen (mit Fasciitis plantaris) • klinischer Nachweis durch typischen lokalen Belastungsschmerz • typischer lokaler Anlaufschmerz • typischer lokaler Druckschmerz • mehr als 6 Monate erfolglose konservative Therapie d.h. Einnahme von NSAR mindestens 2x lokale Infiltration mit oder ohne Kortisonzusatz und mindestens 6 Behandlungen einer Physikalischen Therapieform oder Kombination mehrerer, wie Ultra schall, Elektrotherapie, Eis und Einlagenversorgung • 4 Wochen Abstand zur letzten konservativen Therapie • schriftliche Einverständniserklärung • RM-Score vor ESWT von 3-4	• lokale Arthrose/Arthritis im OSG und USG • Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises (anamnestisch) • pathologische neurologische / vaskuläre Befunde der zu behandelnden Extremität (anamnestisch, klinisch) • Alter unter 18 Jahren • Gravidität (anamnestisch) • Gerinnungsstörungen, Marcumartherapie (anamnestisch) • Infektionen der zu behandelnden Zielregion • Tumorleiden der zu behandelnden Zielregion • beidseitige Symptomatik • allergische Reaktion gegen Lokalanästhetikum Mepivacain / Scandicain • RM-Score vor ESWT von 1-2

2.1.2 Der Score nach Roles- und Maudsley und weitere Untersuchungen

Am Untersuchungstag und an den Nachuntersuchungsterminen wurden folgende subjektive Schmerzparameter erhoben:

Intensität des Ruhe-, Nacht-, Druck- und Anlaufschmerzes (11 stellige Skala mit visueller Wahlmöglichkeit; einer Schmerzempfindung von kein Schmerz bis unerträglichen Schmerz) bei Aufnahme, sowie 12 Wochen und 12 Monate nach letzter ESWT.

Dauer der schmerzfreien Gehstrecke bei Aufnahme, sowie12 Wochen und 12 Monate nach der letzten ESWT.

Das Hauptzielkriterium der Studie war die Erfolgsrate der subjektiven Schmerzfreiheit des Patienten 12 Wochen nach der letzten Stoßwellentherapie. Diese Erfolgsrate wurde über den summarischen Anteil der Scorewerte (1) und (2) des Scores nach Roles und Maudsley (RM-Score) definiert (Roles & Maudsley 1972). Der Score nach Roles und Maudsley ist wie folgt gegeben und wurde bei Aufnahme, sowie 12 Wochen und 12 Monate nach der letzten ESWT erhoben.

Tabelle 3: Der Score nach Roles- und Maudsley

Klinische Parameter	Wertung	Scorewert
Keine Beschwerden, Beruf und Hobby uneingeschränkt durchführbar	sehr gut	(1)
Geringe Restbeschwerden, Beruf und Hobby uneingeschränkt durchführbar	gut	(2)
Tolerable Restbeschwerden, Schmerzen insgesamt deutlich gebessert, Einschränkungen in Beruf und Hobby, weitere konservative Therapie nötig	befriedigend	(3)
Unveränderter Zustand, Schmerzbild nicht beeinflusst	schlecht	(4)

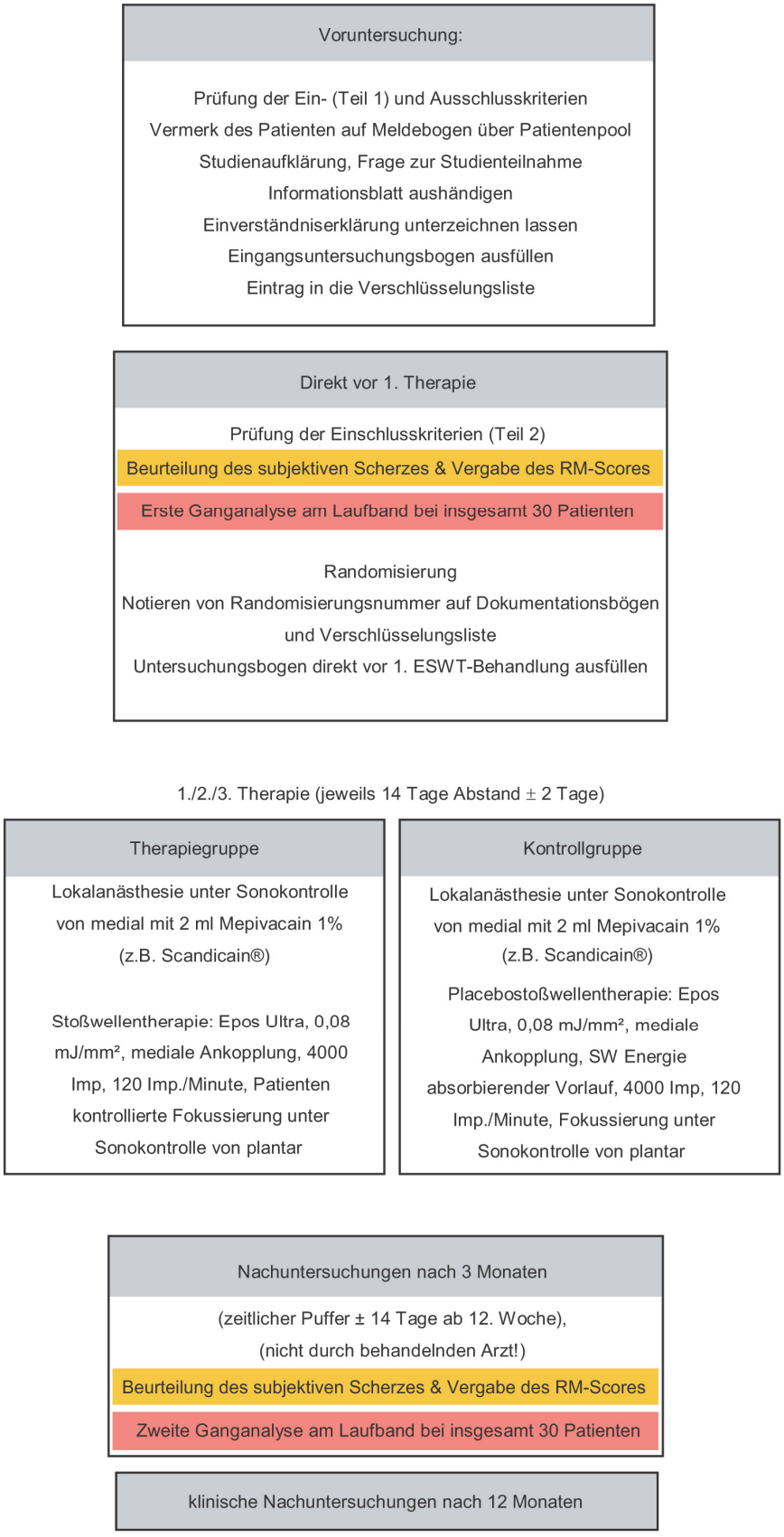
Nur Patienten mit einem RM-Score von 3 und 4 konnten in die ESWT-Studie eingeschlossen werden.
Als Therapieerfolg wurden in Haakes ESWT-Studie später alle Patienten gewertet, die nach ESWT bei der 12 Wochen Nachuntersuchung einen Scorewert von 1 oder 2 angaben. Als Therapieversager wurden alle mit einem Scorewert von 3 und 4 gewertet.

2.1.3 ESWT- Studienaufbau, Randomisierung

Im Studienzentrum Marburg wurden insgesamt 79 Patienten für die ESWT-Studie rekrutiert und nach Überprüfung der o.g. Ein- und Ausschlusskriterien, körperlichen Untersuchung und Vorliegen einer schriftlichen Einverständniserklärung und Scorewertvergabe am Institut für Medizinische Biometrie in Marburg telefonisch randomisiert. Die Zuteilung zur Verum- oder Placebo Gruppe erfolgte in jedem Zentrum zufällig.

Der untersuchende Arzt und der behandelnde Arzt waren nicht identisch
Jeder Patient erhielt eine identische Stoßwellentherapie mit einem Stosswellengerät der Firma Dornier, Typ Epos Ultra.
Es wurde eine Energieflussdichte ED+ von 0,08 mJ/mm² pro Impuls appliziert. Vor Therapiebeginn wurde eine Lokalanästhesie mit 2 ml Mepivacain 1% ohne Zusatz von Kortikoiden (z. B. Scandicain®, Kanülengröße 0,4 mm x 40 mm) an den Fersensporn gesetzt. Der Therapiekopf des Gerätes wurde dann von medial an die Ferse angekoppelt und pro Sitzung 4000 Impulse abgegeben. Während der Therapie wurde die Fokussierung der Stosswellen auf den verknöcherten Ansatz der Faszie mittels des im Gerät eingebauten und von plantar angekoppelten Ultraschallgerätes überprüft.
Es wurden insgesamt 3 Behandlungen jeweils im Abstand von 14 Tagen durchgeführt.
Bei der Kontrollgruppe wurde zusätzlich eine impulsabsorbierende Folie zwischen dem Stoßwellengerät und der Ferse angebracht und sonst analog behandelt.
Die nachfolgende schematische Darstellung soll den Studienablauf über den gesamten Beobachtungszeitraum von einem Jahr verdeutlichen:

2.1.4 Abbildung 3: Schematischer Ablauf der ESWT-Studie und der Ganganalyse



2.1.5 Verblindung

In beiden Therapiearmen wurde ein Patient erst nach der ersten erfolgreichen Ganganalyse telefonisch randomisiert. Durch diese Methode hatte der Untersucher keine Kenntnis über die folgende Therapieform und damit nicht die Möglichkeit, das Patientenkollektiv zu selektieren. Nach der telefonischen Randomisierung wurde der Patient auf einen der beiden Therapiearme der ESWT-Studie verteilt und entsprechend des o.g. Ablaufes behandelt.

2.2 Durchführung der Ganganalyse

2.2.1 Das Laufband

Das verwendete Laufband des Typs ADAL 3D C
(Firma: Medical Developpement, Rue Benoît Fourneyron, Zone Industrielle Sud, F-42166 Andrézieux Bouthéon)
ist ein 2-Kanal-Laufband, dass nach dem Kraftmessplatten-Prinzip arbeitet. Die Kraftmessplatten sind in den Boden eingelassene Waagen, welche die einwirkende Kraft in allen drei Dimensionen, in Abhängigkeit von der Zeit, aufzeichnen können. Für jeden Fuß können deshalb getrennt voneinander Aussagen über die anfallenden Kräfte getroffen werden. Das Laufband ist bis zu einem maximalen Belastungsgewicht von 500 Kilogramm ausgelegt. Zwei Motoren betreiben jeweils eine rotierende Lauffläche die sich über der Messeinheit befindet. Die Geschwindigkeit bei diesem Laufband ist stufenlos von 0 km/h bis 25 km/h einstellbar. Die Auflösung der Kraftmessplatten betragen je nach Einstellung 100- oder 200 Hz. Das Gerät zeigt an der Kontrolleinheit jeweils die aktuelle Geschwindigkeit sowie die zurückgelegte Strecke und die abgelaufene Zeit der Messung an.

Abbildung 4: Das Laufband im klinischen Einsatz

2.2.2 Die Messmöglichkeiten des Laufbandes:

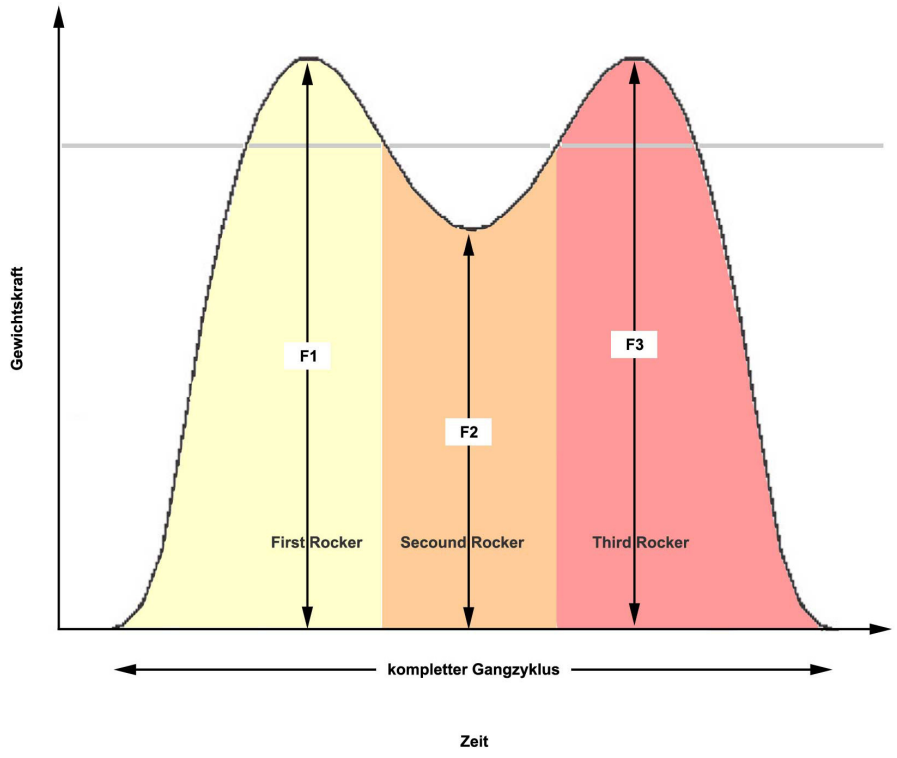
Das Laufband misst mit einer Auflösung von 100 oder 200 Hz die auftretenden Kräfte der Bodenreaktion eines Fußes. Die gemessene Kraft und der dazu korrespondierende Messzeitpunkt ermöglichen später eine grafische Darstellung, eine Auswertung der Datensätze und ein Vergleich von aufeinander folgenden Messungen eines Patienten.
Wie oben beschrieben, kann das Laufband die einwirkenden Kräfte in verschieden Richtungen messen. Für die spätere Auswertung ist die vertikale Kraftmessung von besonderem Interesse und soll hier ausführlicher beschrieben werden.

2.2.2.1.1 Vertikale Kraftmessung:

Bei der Messung der vertikalen Kräfte kommt es nach einer kleinen und unterschiedlich stark ausgeprägten Spitze beim Aufsetzen der Ferse (siehe Abbildung 2: Abflachung der vertikalen Schubkraftmaxima aus Katho 1983) zu einem Anstieg der vertikalen Kraft auf ca. 125 Prozent des Körperge-

wichts in dem Moment, in dem das Standbein das Körpergewicht übernimmt und sich nach dem federnden Einknicken wieder streckt (F1 in der nachfolgenden Grafik).
Das vorbeischwingende Pendel des Gegenbeines führt zu einem leichten Auftrieb, so dass die vertikale Kraft auf 75 Prozent Körpergewicht abfällt (F2 in der nachfolgenden Grafik). Anschließend muss der Körper beschleunigt werden, um auf das zukünftige Standbein verlagert zu werden und das derzeitige Standbein danach zu entlasten. In diesem Moment steigt die vertikale Kraft wieder auf ca. 125 Prozent des Gesamtkörpergewichtes an (F3 in der nachfolgenden Grafik), um schließlich mit der Entlastung und dem Übergang in die Schwungphase zu enden. Die einzelnen farbig markierten Phasen in der unten gezeigten Abbildung entsprechen den oben beschriebenen First-, Second- und Third Rocker.

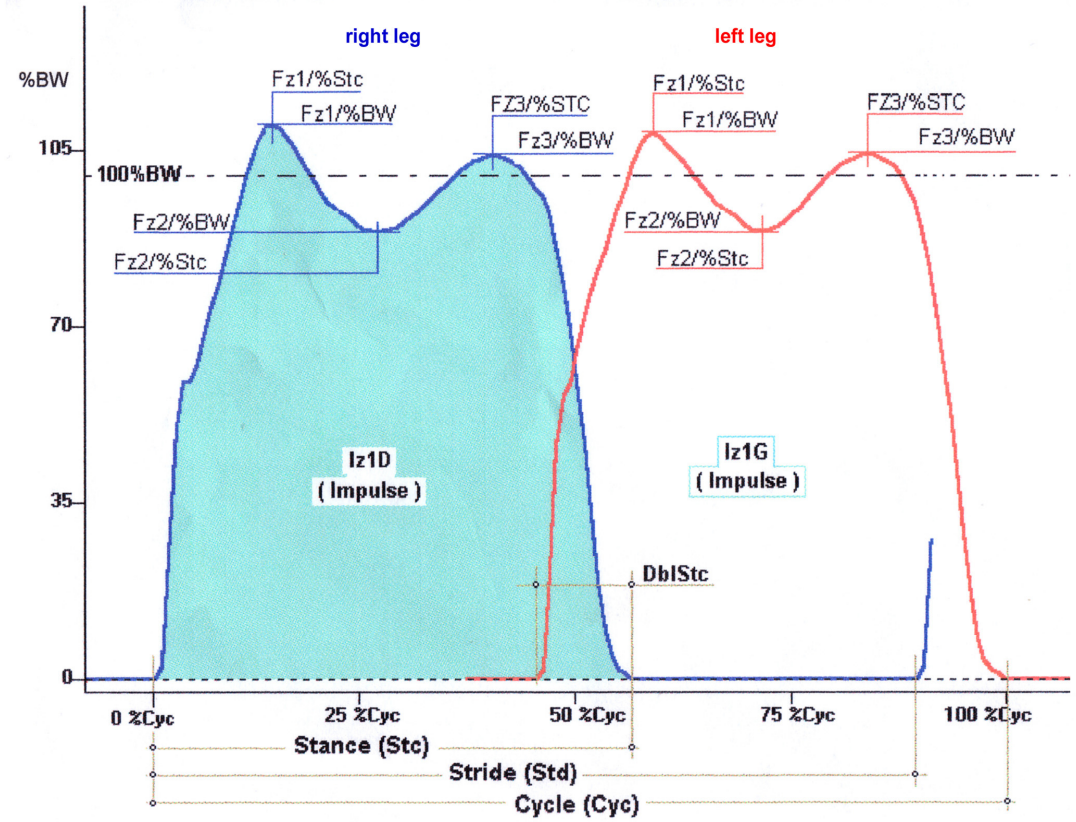
Abbildung 5: farbige Markierung der einzelnen Bodenreaktionsphasen



Graue Linie:	*100% der Gewichtskraft*
x-Achse:	*Zeitachse*
y-Achse:	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Kurve:	*vertikale Kraftkurve eines Fußes*
F1:	*1. Maximum im First Rocker*
F2:	*2. Maximum im Secound Rocker*
F3:	*3. Maximum im Third Rocker*

Die oben gezeigte Abbildung soll verdeutlichen, dass es sich nicht um einzelne punktuell auftretende Kraftmaxima handelt, sondern dass die einzelnen Extrempunkte während eines dynamischen Prozesses durchlaufen werden.
Grundsätzlich werden beim Gesunden in der vertikalen Messung ein erstes Maximum, ein Minimum und ein zweites Maximum nacheinander durchlaufen, die der funktionell höchsten oder niedrigsten Gewichtskraft entspricht und im Folgenden als Extrempunkte bezeichnet werden. Die oben genannten Prozentwerte sind Durchschnittswerte, die bei jedem einzelnen Patienten etwas von der Norm abweichen können (Hefti 1998).
Die aussagekräftigste und vergleichbarste Messung erhält man, wenn der Patient barfuss über das Laufband geht, da man nicht davon ausgehen kann, dass der Patient an unterschiedlichen Messtagen das gleiche Schuhwerk trägt.
Die Kraftmessplattenuntersuchung bietet den weiteren Vorteil, dass für jede Seite und jeden Schritt die Messdaten getrennt erfasst werden können. Da die einzelnen Schritte geringfügig voneinander abweichen, wird bei der Kraftmessplattenuntersuchung eine Vielzahl von Gangzyklen zusammengefasst und computergesteuert der Durchschnittswert inkl. Standardabweichung ermittelt.
Die folgende Abbildung verdeutlicht, dass die Füße nacheinander den Boden berühren und, das während einer kurzen Zeitperiode beide Füße Bodenkontakt haben. Die Extrempunkte sind mit den softwarespezifischen Bezeichnungen verwendeten Auswertungssoftware abgebildet.

Abbildung 6: Auftretende Vertikalkräfte bei der Bodenreaktion getrennt nach rechtem und linkem Fuß:



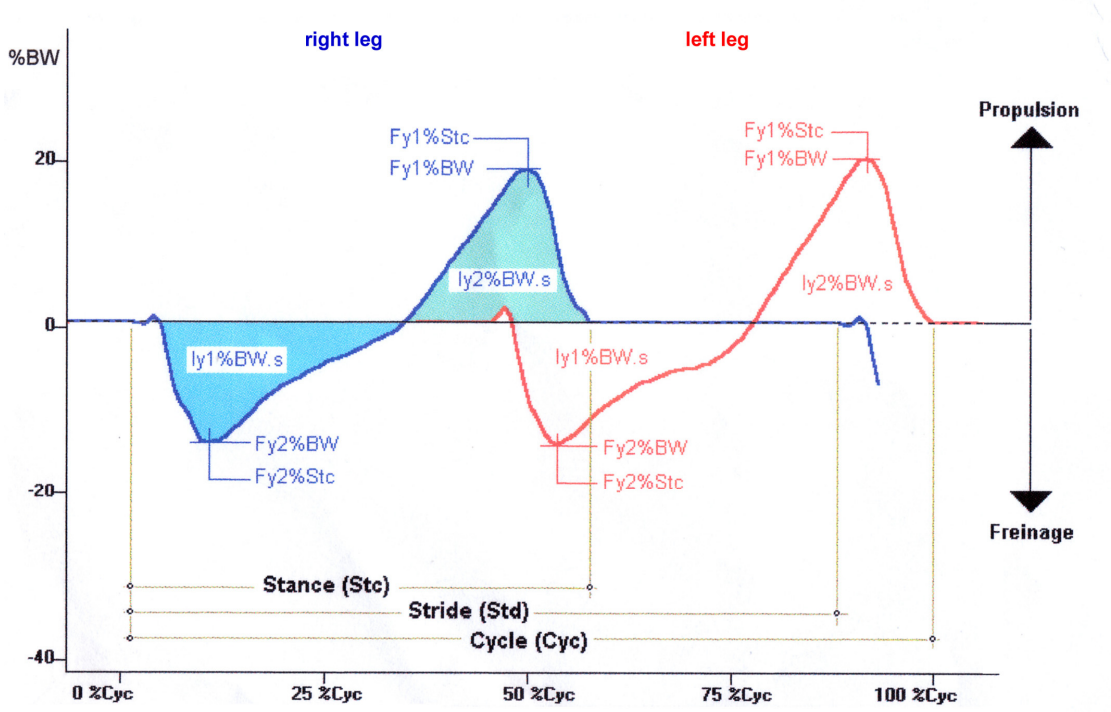
Blaue Linie:	*vertikale Kraftkurve des rechten Fußes*
Rote Linie:	*vertikale Kraftkurve des linken Fußes*
Fxx%Stc:	*Messpunkt in Bezug auf die Standphase*
Fxx%BW:	*Messpunkt in Bezug auf das Gewicht*
Iz1X (Impulse):	*Fläche unter der Kurve*
x-Achse (%Cyc):	*vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse (%BW):	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Stance (Stc):	*Standphase eines Fußes*
Stride (Std):	*gesamter Zyklus eines Fußes beim Gehen*
Cycle (Cyc):	*Gesamtzeit beider Füße bei der Bodenreaktion*
100%BW Linie:	*100% der Gewichtskraft des Patienten*

2.2.2.1.2 Anterior – Posteriore Kraftmessung:

Des weiteren werden bei der Ganganalyse die anterior-posterioren Kräfte gemessen und ausgewertet. In Gangrichtung (anterior-posterior) wirkt zunächst eine Bremskraft, mit der beim Einknicken des Kniegelenks der Fall des Körperschwerpunkts gegen den Boden aufgefangen werden muss. Der Bremskraft folgt im Allgemeinen weitestgehend linear eine Antriebskraft, die

in einem Maximum kurz vor dem Abstoßen des Fußes endet. Beim normalen und gleichförmigen Gehen sind Brems- und Antriebskraft etwa gleich groß

Abbildung 7: grafische Darstellung der posterioren - anterioren Kräfte



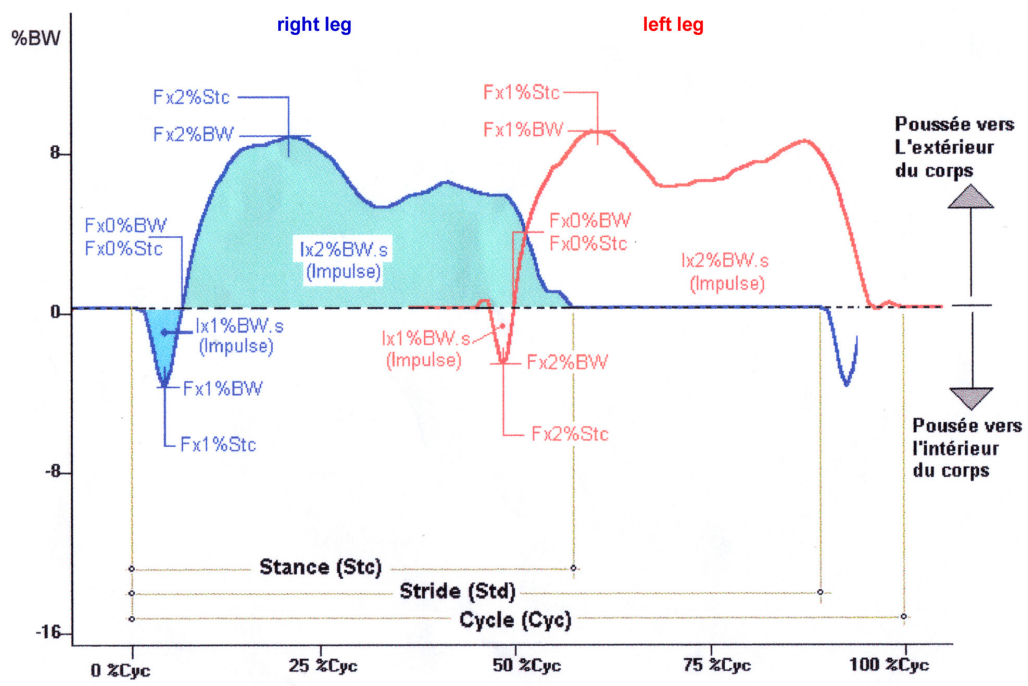
Blaue Linie:	*posteriore - anteriore Kraftkurve des rechten Fußes*
Rote Linie:	*posteriore - anteriore Kraftkurve des linken Fußes*
Fxx%Stc:	*Messpunkt in Bezug auf die Standphase*
Fxx%BW:	*Messpunkt in Bezug auf das Gewicht*
Lyx%BW.s:	*Fläche unter der Kurve*
x-Achse (%Cyc):	*vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse (%BW):	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Stance (Stc):	*Stanphase eines Fußes*
Stride (Std):	*gesamter Zyklus eines Fußes beim Gehen*
Cycle (Cyc):	*Gesamtzeit beider Füße bei der Bodenreaktion*

2.2.2.1.3 Medio – Laterale Kraftmessung:

In seitlicher Richtung (medio-lateral) ist die Kraft zunächst nach medial gerichtet, bedingt durch eine leichte aber physiologische Zirkumduktion des Beines. Diese führt normalerweise zu einem Aufsetzen der Ferse von lateral gegen medial. Der Fuß steht anschließend lateral vom Lot des Körperschwerpunktes, sodass der Körper das Standbein nach lateral abstützen

muss. Daraus resultiert eine nach lateral gerichtete Kraft, dies wird in den Moment aufgehoben, indem das Standbein sich vollständig vom Boden löst und in die Schwungphase übergeht.

Abbildung 8: grafische Darstellung der medio-lateralen Kräfte



Blaue Linie:	*medio – laterale Kraftkurve des rechten Fußes*
Rote Linie:	*medio – laterale Kraftkurve des linken Fußes*
Fxx%Stc:	*Messpunkt in Bezug auf die Standphase*
Fxx%BW:	*Messpunkt in Bezug auf das Gewicht*
Lyx%BW.s:	*Fläche unter der Kurve*
x-Achse (%Cyc):	*vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse (%BW):	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Stance (Stc):	*Stanphase eines Fußes*
Stride (Std):	*gesamter Zyklus eines Fußes beim Gehen*
Cycle (Cyc):	*Gesamtzeit beider Füße bei der Bodenreaktion*

2.2.3 Software

Die mitgelieferte Software „Adisoft 2.0 für Windows 95“, für einen Standard Windows 95 PC kann die Daten des Laufbandes, die der Computer über eine Schnittstelle erhält, auswerten und personalisieren. Über eine Aufnahmemaske wird eine Patientenkartei erstellt und die jeweilige Messung

dem Patienten zugeordnet. Das vom Laufband vor der Ganganalyse ermittelte Gewicht wird den Patientendaten hinzugefügt. Mittels Software wird die Messempfindlichkeit des Laufbandes eingestellt. Hier wurde eine Messempfindlichkeit von 100 Hz gewählt. Ein manueller Ausschluss von Fehlmessungen ist nach Abschluss der Analyse möglich, so dass eventuelle Gangfehler die Auswertung nicht beeinflussen. Der Computer errechnet mit Hilfe der Software einen durchschnittlichen Gangzyklus getrennt für jeden Fuß, der aus einer Vielzahl von Einzelgangzyklen besteht. Eine Standardabweichung wird ebenfalls ermittelt. Der Export der Datensätze in ein Tabellenkalkulationsprogramm ist ebenfalls möglich. Nach Abschluss der Untersuchung können eventuelle Auffälligkeiten oder Besonderheiten kommentiert und gespeichert werden.

2.2.4 Durchführung der Messung

Um ein möglichst alltagsnahes Gangbild der Patienten zu erhalten, wurden alle Patienten direkt vor der ersten Behandlung und vor der Injektion des Lokalanästhetikums der Ganganalyse zugeführt. Die Patienten betraten barfuss das Laufband. Es folgte die Gewichtsmessung durch das Laufband. Die Geschwindigkeit wurde für jeden Patienten so variiert, dass er die eingestellte Geschwindigkeit als persönliche normale Ganggeschwindigkeit empfand. Daraus resultierten Geschwindigkeiten von 2- 3,5 km/h. Jedem Patient wurde eine Eingewöhnungsphase von mindestens 3 Minuten gewährt, so dass er auf dem Laufband ruhig und sicher gehen konnte.
Die für den Patienten angenehme Geschwindigkeit wurde für die 2. Messung bei der Nachuntersuchung beibehalten.
Die Messung erfolgte mit einer Auflösung von 100 Hz. Ein Laufzyklus umfasste eine Bodenreaktion beider Füße. Insgesamt wurden pro Patient 20 Einzelzyklen festgehalten.

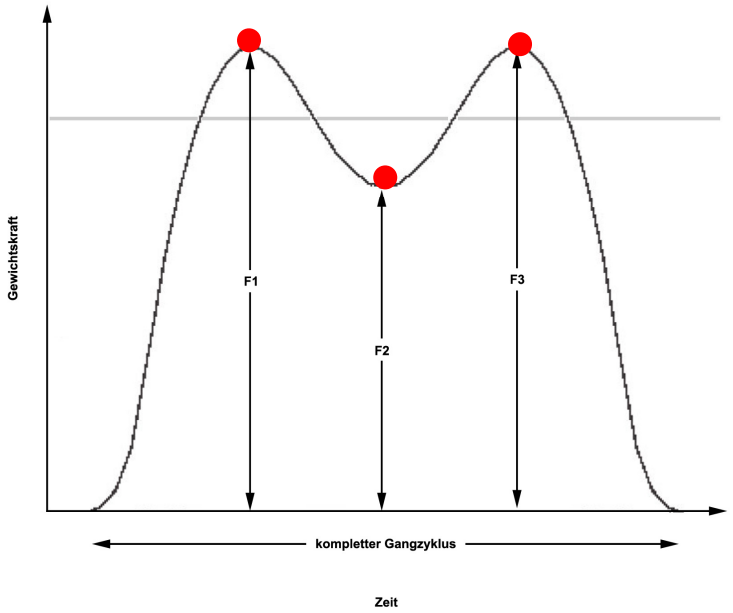
Tabelle 4: gemessene Parameter

Messparameter
Gesamte Zykluslänge im ms (SPD)
Schrittzeit pro Fuß in ms
Bodenreaktionszeit pro Fuß in Prozent eines Laufzyklus
Bodenreaktionszeit während beide Füße den Boden berühren in Prozent eines Laufzyklu-ses

Zusätzlich bei der vertikalen Kraftanalyse:
Gewichtsmaximum in Prozent in Bezug auf die vertikale Gesamtkörperkraft (F1
Plateauphase in % in Bezug auf die vertikale Gesamtkörperkraft (F2
Gewichtsmaximum in Prozent in Bezug auf die vertikale Gesamtkörperkraft (F3

Eine schematische Darstellung der o. g. Parameter findet sich in der folgenden Abbildung (Abbildung 9) dargestellt:

Abbildung 9: Schematische Darstellung der Meßpararmeter



Gestrichelte Linie: *100% der Gewichtskraft*
x-Achse: *vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse: *Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Kurve: *vertikale Kraftkurve eines Fußes*
F1: *1. Maximum im First Rocker mit rotem Punkt markiert*
F2: *Minimum im Secound Rocker mit rotem Punkt markiert*
F3: *2. Maximum im Third Rocker mit rotem Punkt markiert*

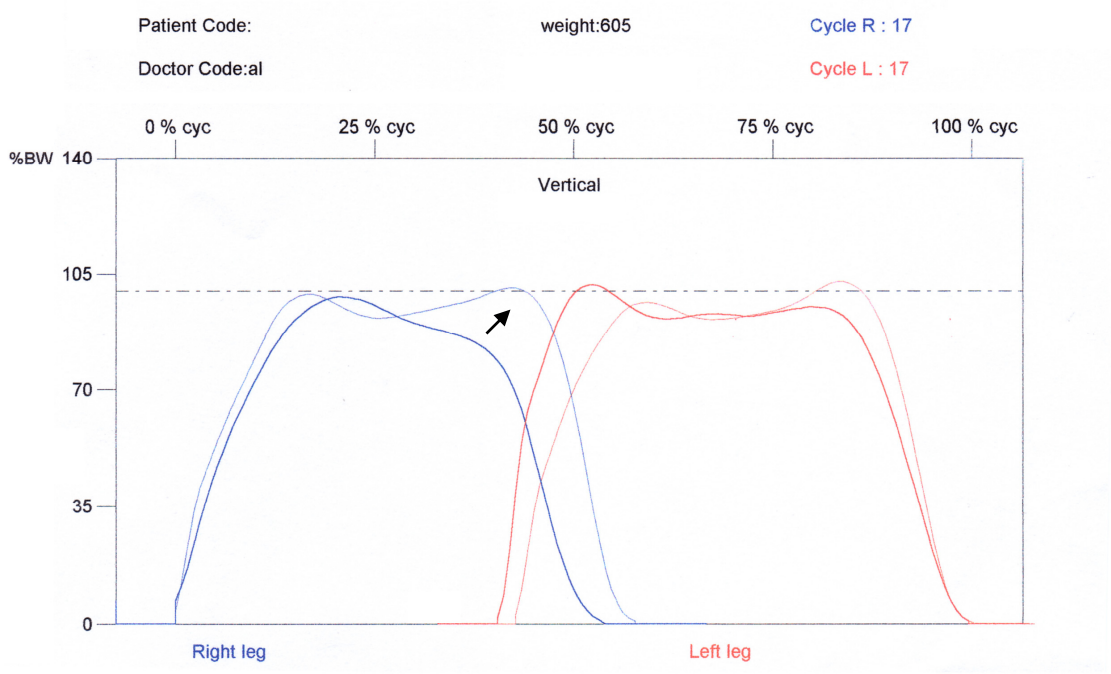
2.2.5 Datenerfassung und Analyse am Computer

Die Auswertung erfolgte mittels eines Windows PC und der beim Laufband mitgelieferten Software „Adisoft 2.0 für Windows 95“.
Insgesamt wurden zwei Untersuchungszyklen durchgeführt:

- der erste, vor der Randomisierung zur ersten Behandlung
- der zweite, bei der drei Monats Nachuntersuchung

Beide Messungen wurden auf identische Weise durchgeführt so dass man zwei vergleichbare Messergebnisse von den Patienten erhielt. Diese Messergebnisse wurden später gegenübergestellt und ausgewertet.
Aus der Summe der einzelnen Messkräfte wurde pro Gangzyklus eine Kurve errechnet.
Gangungenauigkeiten und Schrittfehler konnten per Software aus der Messreihe entfernt werden. Somit war es möglich, ein gleichmäßiges Gangbild über den gesamten Ganganalysezeitraum zu erfassen.
Danach wurde aus allen Kurven pro Laufzyklus eine Mittelwertkurve mit Standardabweichung gebildet.
Diese Kurve konnte der Kurve der jeweiligen Nachuntersuchung gegenübergestellt werden.
Die nachfolgende Abbildung soll einen Überblick über eine Kurvenveränderung nach subjektiv erfolgreicher ESWT geben. Der kleine schwarze Pfeil weist auf eine Veränderung im Gangbild hin.
Wie bereits weiter oben beschrieben, entsprechen die 3 Extrempunkte in der vertikalen Kraftkurve dem Mittelpunkt des First-, Second- oder Third-Rocker.
Um eine Veränderung der Kurven nach ESWT zu beschreiben hätte der Vergleich der Flächen unter den Kurven oder die verstrichene Zeit bis zum Erreichen des jeweiligen Extrempunktes, herangezogen werden können. Diese Methoden wurden jedoch als nicht aussagekräftig von anderen Autoren verworfen (Liddle 2003).

Abbildung 10: Summationsbild eines Patienten mit linksseitiger Fasciitis plantaris vor und nach Behandlung mit ESWT



Blaue dünne Linie:	*vertikale Kraftkurve des rechten Fußes bei subjektiver Besserung der Beschwerden bei der 12 Wochen NU*
Rote dünne Linie:	*vertikale Kraftkurve des linken Fußes bei der 12 Wochen NU*
Blaue dicke Linie:	*vertikale Kraftkurve des rechten Fußes vor Behandlung und subjektivem Schmerzereignis bei Belastung*
Rote dicke Linie:	*vertikale Kraftkurve des linken Fußes vor Behandlung*
Gestrichelte Linie:	*100% der Gewichtskraft*
x-Achse (%Cyc):	*vollständiger Gangzyklus in %*
y-Achse (%BW):	*Gewichtskraft in % auf das Körpergewicht bezogen*
Pfeil:	*Änderung im 2 Maximum nach subjektiv erfolgreicher ESWT*

Somit wurden die drei Extrempunkte zu einer Varianz zusammengefasst. Es wurde erwartet, dass sich die Varianzen in erheblich größerem Maß ändern würden. als die Extrempunkte der Kurven.

Des Weiteren musste bei der weiteren Analyse pro Patient nur ein Wert einem anderen gegenübergestellt werden.

In einem weiteren Schritt wurden die errechneten Varianzen den jeweiligen RM-Scorewerten gegenübergestellt. Abschließend erfolgte ein Vergleich mit den jeweiligen Behandlungsgruppen.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 35 Patienten beobachtet. Fünf Patienten konnten nicht an der Untersuchung teilnehmen, da sie bei der ersten Ganganalyse auf dem Laufband trotz langer Eingewöhnungsphase nicht in der Lage waren, den Messzyklus koordiniert und sicher zu durchlaufen. Dadurch reduzierte sich die Gesamtzahl auf 30 untersuchte Patienten.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Patienteninitialen, die zugeteilte Behandlungsform, die Mittelwerte der gemessenen Extrempunkte, die resultierende Varianz und den jeweiligen RM-Score vor der 1. Behandlung.

Tabelle 5 Vertikale Schubkräfte vor der 1. Behandlung

N/V	Behandlung	Max 1	Min	Max2	Mittelwert	Varianz	RM-Score
BR	Verum	102,22	82,14	90,95	91,77	67,54	4
HH	Verum	94,78	82,85	93,72	90,45	29,07	3
FE	Verum	107,92	89,27	98,45	98,55	57,98	4
NC	Verum	96,70	83,48	97,64	92,61	41,80	4
WG	Verum	100,12	88,44	94,46	94,34	22,74	3
GH	Verum	102,62	90,48	99,72	97,61	26,80	3
RJ	Verum	105,21	86,80	97,33	96,45	56,88	3
NH	Verum	91,52	81,96	93,01	88,83	23,97	4
PM	Verum	102,46	86,43	94,03	94,31	42,87	4
LI	Verum	89,59	87,59	90,45	89,21	1,44	4
FH	Verum	98,83	87,22	100,82	95,62	35,97	4
KS	Verum	100,09	91,93	99,12	97,05	13,25	3
BC	Verum	100,76	85,49	97,78	94,68	43,68	4
NB	Verum	103,26	87,74	95,92	95,64	40,18	3
AR	Verum	101,50	79,89	94,38	91,92	80,85	4
WA	Verum	99,30	95,44	94,01	96,25	4,99	4
				Mittelwet der Varienzen	36,87		
					Standardabweichung		21,90
N/V	Behandlung	Max 1	Min	Max2	Mittelwert	Varianz	RM-Score
JD	Placebo	99,01	86,16	94,28	93,15	28,16	4
VH	Placebo	101,19	89,22	96,05	95,49	24,04	4
NM	Placebo	92,29	81,44	89,76	87,83	21,48	4
WI	Placebo	95,38	89,46	92,72	92,52	5,86	3
PR	Placebo	98,45	85,79	100,43	94,89	42,06	3
MK	Placebo	98,40	89,18	99,56	95,71	21,57	4
SL	Placebo	106,78	80,04	81,78	89,53	149,23	4
BK	Placebo	110,12	91,52	101,48	101,04	57,76	4
JG	Placebo	107,22	94,63	102,34	101,40	26,86	3
PG	Placebo	104,10	90,09	98,01	97,40	32,90	4
FM	Placebo	99,35	89,12	94,38	94,28	17,45	4
KV	Placebo	95,10	85,49	97,74	92,78	27,71	4
RA	Placebo	95,31	85,89	92,79	91,33	15,86	3
WP	Placebo	100,55	95,45	98,09	98,03	4,34	4
				Mittelwert der Varianzen	33,95		
					Standardabweichung		35,86

In der folgenden Tabelle sind die Extermpunkte der 2. Ganganalyse bei der 12 Wochen Nachuntersuchung in gleicher Form, wie in der ersten Tabelle abgebildet.

Tabelle 6 Vertikale Schubkräfte bei der 12 Wochen Nachuntersuchung

N/V	Behandlung	Max 1	Min	Max2	Mittelwert	Varianz	RM-Score
BR	Verum	104,45	79,79	99,54	94,59	113,59	1
NH	Verum	102,92	87,70	100,68	97,10	45,02	1
BC	Verum	109,89	84,43	97,95	97,42	108,17	1
HH	Verum	99,93	86,57	97,08	94,53	33,01	2
WG	Verum	105,55	85,52	99,63	96,90	70,59	2
NC	Verum	104,04	88,08	105,20	99,11	61,02	2
GH	Verum	103,18	88,52	99,76	97,15	39,22	2
PM	Verum	104,48	81,53	98,49	94,83	94,47	2
WA	Verum	99,73	91,14	102,08	97,65	22,11	2
KS	Verum	95,88	85,21	92,02	91,04	19,46	3
AR	Verum	108,57	83,71	102,42	98,23	111,77	3
FE	Verum	106,77	84,76	96,13	95,89	80,77	4
RJ	Verum	106,21	87,17	94,29	95,89	61,70	4
LI	Verum	94,32	84,94	94,54	91,27	20,02	4
FH	Verum	105,75	88,09	98,72	97,52	52,70	4
NB	Verum	105,08	87,83	96,42	96,44	49,59	4
				Mittelwert der Varianzen		61,45	
					Standardabweichung		32,45
N/V	Behandlung	Max 1	Min	Max2	Mittelwert	Varianz	RM-Score
WI	Placebo	101,59	89,23	101,94	97,59	34,94	1
PG	Placebo	106,56	87,19	97,40	97,05	62,59	1
JD	Placebo	100,39	83,65	97,00	96,73	61,52	2
BK	Placebo	110,63	85,29	100,48	98,80	108,43	2
PR	Placebo	98,12	84,77	101,01	94,63	50,03	2
JG	Placebo	104,99	90,56	100,73	98,76	36,64	2
WP	Placebo	105,40	85,40	93,08	94,63	67,86	2
MK	Placebo	99,28	88,45	99,56	95,76	26,76	3
NM	Placebo	94,11	82,23	91,05	89,13	25,37	3
RA	Placebo	99,75	90,55	98,30	96,20	16,31	3
VH	Placebo	101,58	87,72	94,50	94,60	32,02	4
SL	Placebo	106,74	79,78	81,81	89,44	150,27	4
FM	Placebo	99,45	88,99	93,47	93,97	18,36	4
KV	Placebo	99,63	88,08	99,93	95,88	30,44	4
				Mittelwert der Varianzen		51,54	
					Standardabweichung		37,66

Zusammengefasst ergibt sich die folgende Tabelle, in der die RM-Scorewerte, die berechneten Varianzen der 2 Messtage gegenübergestellt wurden.

Es kann nun die Varianzveränderung des jeweiligen Patienten, die durchgeführte Therapieform und der Therapieerfolg nach RM-Score abgelesen werden.

Tabelle 7: Patientenangaben, RM-Score und Messergebnisse

Pat. Nr.	Initialen	RMS. 1Beh	Var. 1 Beh	RM-S. 12WNU	Var. 12WNU	Var. Änd.	Erfolgnach RM	Beh. Form
1	RA	3	15,86	3	16,31	0,46	n	Placebo
2	FM	4	17,45	4	18,36	0,91	n	Placebo
3	SL	4	149,23	4	150,27	1,05	n	Placebo
4	KV	4	27,71	4	30,44	2,73	n	Placebo
5	NM	4	21,48	3	25,37	3,88	n	Placebo
6	HH	3	29,07	2	33,01	3,94	j	Verum
7	RJ	3	56,88	4	61,70	4,82	n	Verum
8	MK	4	21,57	3	26,76	5,19	n	Placebo
9	KS	3	13,25	3	19,46	6,21	n	Verum
10	PR	3	42,06	2	50,03	7,98	n	Placebo
11	VH	4	24,04	4	32,02	7,98	n	Placebo
12	NB	3	40,18	4	49,59	9,41	n	Verum
13	JG	3	26,86	2	36,64	9,78	j	Placebo
14	GH	3	26,80	2	39,22	12,42	j	Verum
15	FH	4	35,97	4	52,70	16,73	n	Verum
16	WA	4	4,99	2	22,11	17,12	n	Verum
17	LI	4	1,44	4	20,02	18,59	n	Verum
18	NC	4	41,80	2	61,02	19,22	j	Verum
19	NH	4	23,97	1	45,02	21,05	j	Verum
20	FE	4	57,98	4	80,77	22,79	j	Verum
21	WI	3	5,86	1	34,94	29,08	j	Placebo
22	PG	4	32,90	1	62,59	29,69	j	Placebo
23	AR	4	80,85	3	111,77	30,92	j	Verum
24	JD	4	28,16	2	61,52	33,36	j	Placebo
25	BR	4	67,54	1	113,59	46,05	j	Verum
26	WG	3	22,74	2	70,59	47,85	j	Verum
27	BK	4	57,76	2	108,43	50,67	j	Placebo
28	PM	4	42,87	2	94,47	51,60	j	Verum
29	WP	4	4,34	2	67,86	63,53	j	Placebo
30	BC	4	43,68	1	108,17	64,50	j	Verum

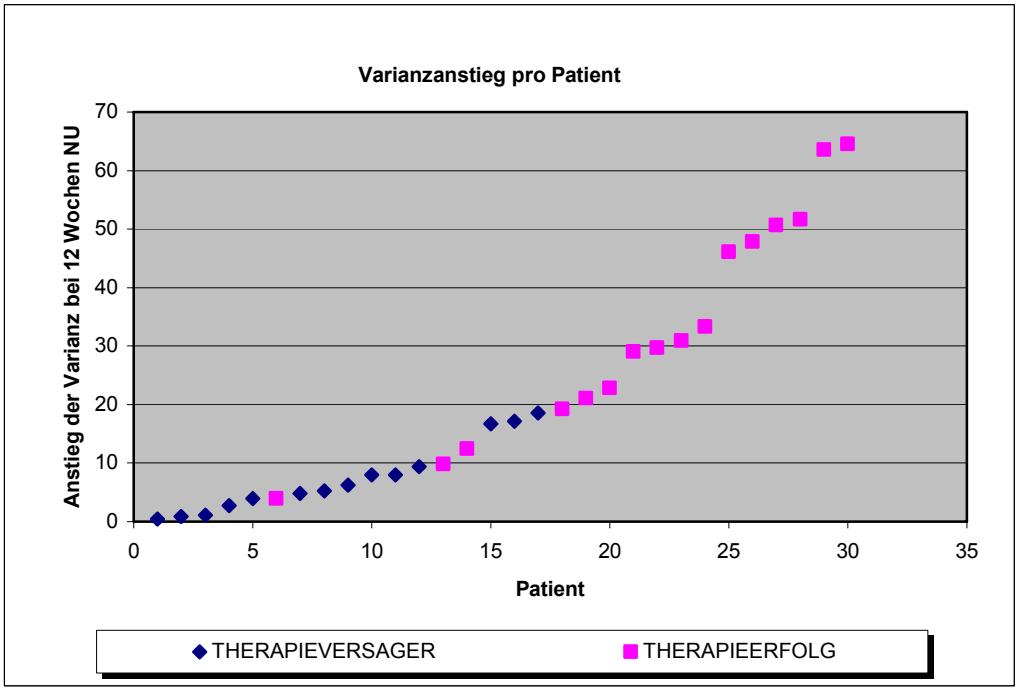
RMS 1.Beh: *Roles-Moudsley-Score vor der 1 Behandlung*
Var. 1Beh: *Varianz der 1 Ganganalyse vor der 1. Behandlung*
RMS 12WNU: *Roles-Moudsley-Score bei der 12 Wochen Nachuntersuchung*
Var. 12WNU: *Varianz der 2 Ganganalyse bei der 12 Wochen Nachuntersuchung*
Var. Änd.: *Varianzänderung nach 12 Wochen*
Beh. Form: *ESWT-Behandlungsform*

In Abbildung 11 werden die oben gewonnenen Informationen grafisch dargestellt.

Jeder Punkt spiegelt einen Patienten und dessen Varianzveränderung wieder. Patienten mit subjektivem Therapieerfolg werden als rosa Quadrat, Patienten mit subjektivem Therapiemisserfolg werden als blaues Karo abgebildet.

Eine Ausdifferenzierung zwischen Verum- und Placebobehandlung ist hier noch nicht erfolgt wird aber weiter unten erfolgen.

Abbildung 11: Anstieg der Varianz bei 12 Wochen Nachuntersuchung



3.1 Auswertung der vertikalen Kraftmaxima

3.1.1 Mittelwerte der einzelnen Kraftmaxima

Zuerst wurden Mittelwerte für die vertikalen Schubkraftmaxima in Prozent des Köpergewichtes (% BW) vor der ersten Behandlung und der zwölf Wochen Nachuntersuchung gebildet.

Tabelle 8 zeigt den Mittelwert der vertikalen Schubkraftmaxima der Verumgruppe (n=16) vor der ersten Behandlung und bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung.

Tabelle 8: Schubkraftmaxima in der ESWT-Gruppe

Verum-Guppe	F1	F2	F3
Mittelwert der vertikalen Schubkraft vor der 1. Beh.	99,80% BW	86,69% BW	95,73% BW
Mittelwert der vertikalen Schubkraft vor der 12 Wochen NU	103,54% BW	85,93% BW	98,43% BW

F1: erstes Schubkraftmaximum, F2: Plateauphase, F3: zweites Schubkraftmaximum

In Tabelle 9 sind die Mittelwerte der vertikalen Schubkraftmaxima der Placebogruppe (n=14) vor der ersten Behandlung und bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung dargestellt.

Tabelle 9: Schubkraftmaxima in der Placebo-Gruppe

Placebo-Guppe	F1	F2	F3
Mittelwert der vertikalen Schubkraft vor der 1. Beh.	100,23% BW	88,10% BW	95,67% BW
Mittelwert der vertikalen Schubkraft vor der 12 Wochen NU	102,01% BW	86,56% BW	96,44% BW

F1: erstes Schubkraftmaximum, F2: Plateauphase, F3: zweites Schubkraftmaximum

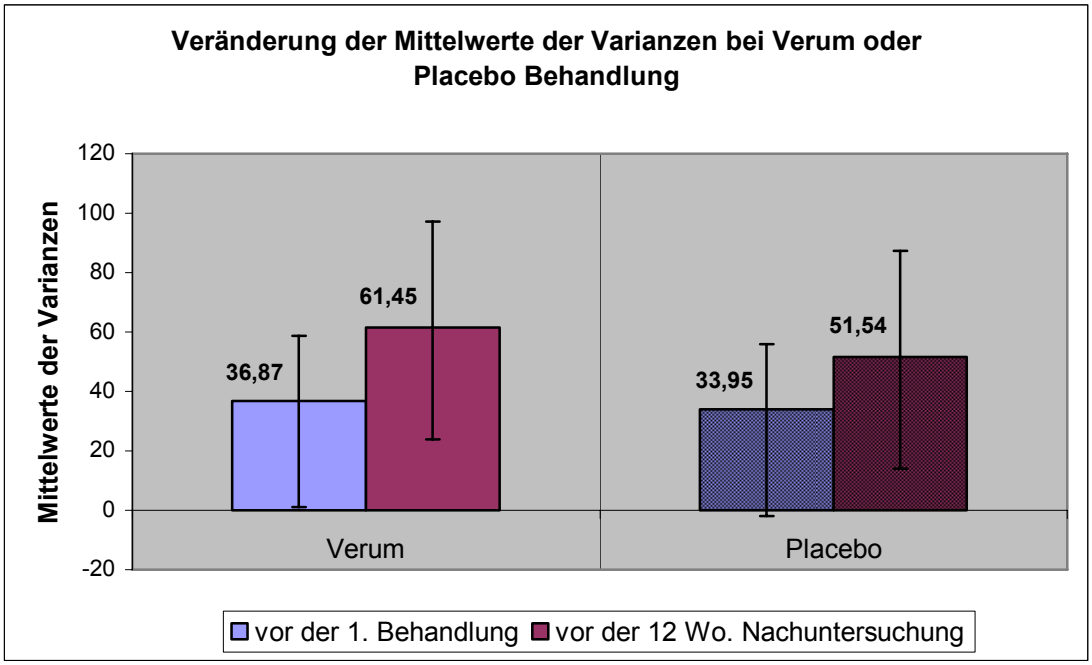
Insgesamt zeigt sich bei beiden Gruppen ein diskreter Anstieg der ersten sowie der zweiten Schubkraftmaxima. Die Plateauphase (F2) zeigt in beiden Gruppen einen geringfügigen Rückgang. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich im Gangbild der Patienten eine Veränderung ergeben hat.

3.1.2 Gegenüberstellung der Varianzmittelwerte Verum - Placebo

Bei der Untersuchung der Schubkraftveränderung beim Gang, ein dynamischer Prozess, erwarten wir beim Vergleich der Varianzen den Vorteil, die

Veränderung der Kurven besser beschreiben zu können, als beim Vergleich der Maxima der einzelnen Therapiegruppen vor und nach der Behandlung. Es war zu erwarten, dass sich die Varianzen der Kurven in einem wesentlich größeren Maß ändern würden, als die einzelnen Kurvenmaxima. Außerdem lassen sich durch die Ermittlung der Varianzen besser Veränderungen einer Kurve beschreiben. Deshalb wurde aus den Einzelvarianzen jeweils für die Verum- und die Placebogruppe der Mittelwert vor der ersten Behandlung und bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung gebildet und die Standardabweichung ermittelt.
Gleichzeitig wurde die Varianz des Varianzmittelwertes errechnet und daraus die Standardabweichung ermittelt. Die zweite Berechnung diente Überprüfung der Standardabweichung der ersten Berechnung. Die Veränderungen der Varianzen sind in Abbildung 12 gegenübergestellt:

Abbildung 12:Veränderung der Mittelwerte der Varianzen



In der Verumgruppe hatte sich der Mittelwert der Varianz in von 36,8 auf 61,4 bis zur 12-Wochen-Nachuntersuchung erhöht. In der Placebogruppe hingegen erhöhte sich der der Mittelwert der Varianz von 33,9 auf 51,5.

Bei der durchgeführten Untersuchung zeigt sich keine Veränderung beim Vergleich der beiden Gruppen. Die Standardabweichung der Verumgruppe vor der ersten Behandlung beträgt 21,99 und 32,45 bei der 12-Wochen-Nachuntersuchung, einem Wert, der eine enorm große Streubreite widerspiegelt.
Bei einer Standardabweichung von 35,86 vor der ersten Behandlung und einer Standardabweichung von 37,66 bei der 12-Wochen-Nachuntersuchung bei der Placebogruppe, kann man ebenfalls keine Veränderung im Gangbild nachweisen.
Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, ob eine ESWT Behandlung überhaupt einen Einfluss auf das Gangbild hat oder ob sich die Untersuchungsmethode als ineffektiv herausstellt. Zu beachten ist hierbei aber, dass bei dieser Gegenüberstellung keine Rücksicht auf das subjektive Befinden des Patienten genommen wurde und damit auch die Veränderungen des RM-Scores nicht richtig widerspiegelt.

3.1.3 Aufschlüsselung nach subjektiver Besserung

3.1.3.1 Patienten mit subjektiver Besserung bei Verum- und Placebobehandlung

Um der subjektiven Schmerzverbesserung Rechnung zu tragen, wurden die Varianzmittelwerte zusätzlich nach dem Hauptzielkriterium der ESWT Studie (RM-Score) aufgeschlüsselt. Das bedeutet, dass alle Patienten, die als Therapieerfolg (RM-Score bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung von 1 und 2) gewertet wurden, in zwei Untergruppen nach Verum- und Placebobehandlung eingeteilt wurden, und alle Patienten, die als Misserfolg (RM-Score bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung von 3 und 4) gewertet wurden, in zwei weitere Untergruppen eingeteilt wurden.

Abbildung 13: Veränderung der Varianzen bei Verbesserung im Roles- und Maudsley- Score

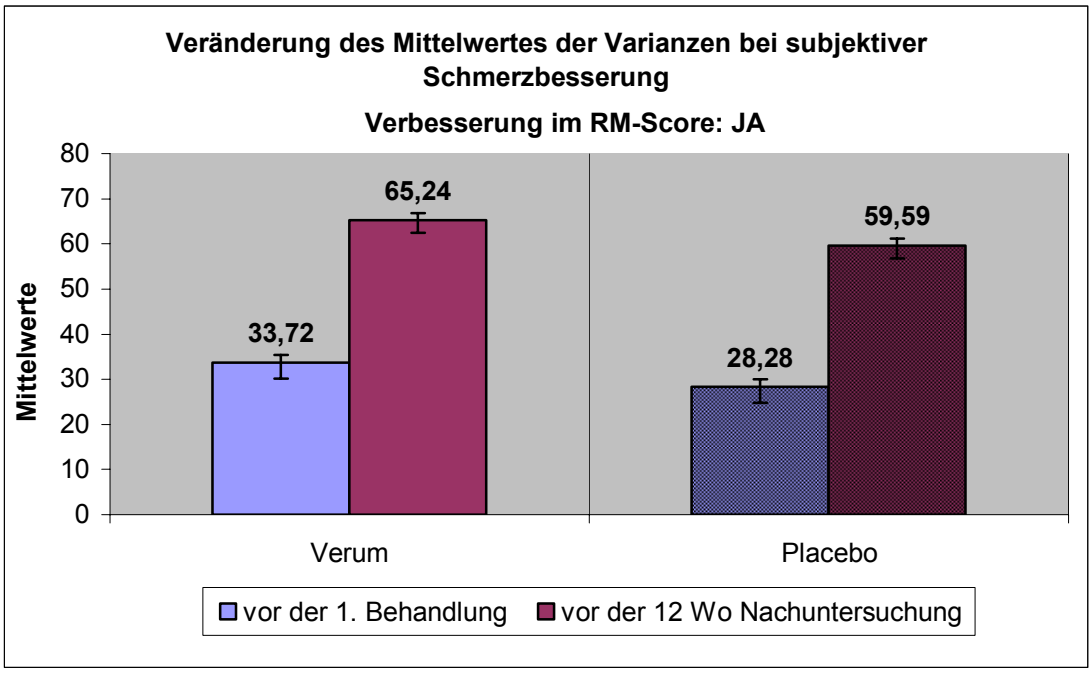


Abbildung 13 zeigt die Veränderung des Varianzmittelwertes der Verum- und Placebogruppe der Patienten (n=16), die bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung als Therapieerfolg (RM-Score bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung von 1 und 2) gewertet wurden. Dabei ist ein Anstieg des Varianzmittelwertes bei der Verumgruppe von 33,7 auf 65,24 (Standardabweichung 2,78, 1,58) und bei der Placebogruppe von 28,2 auf 60,2 (Standardabweichung 3,56; 1,72) zu verzeichnen.

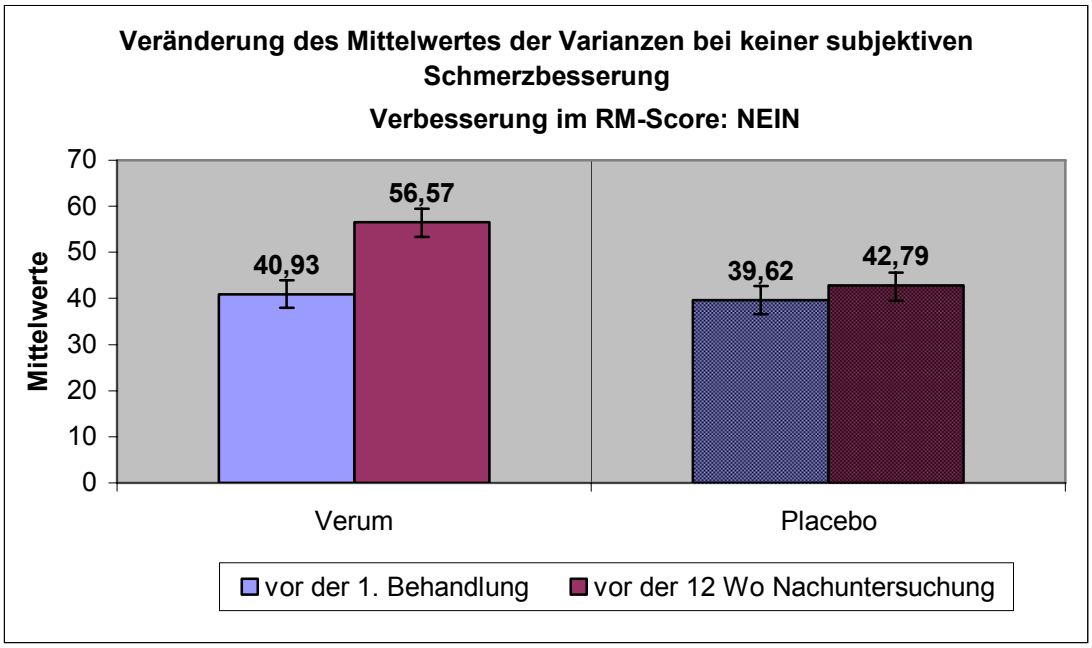
Bei dieser Art der Betrachtung sind Veränderungen des Varianzmittelwertes zu sehen. Sowohl die Patienten der Verum- als auch der Placebogruppe verbesserten ihr Gangbild um ca. 30 Punkte.

3.1.3.2 Patienten ohne subjektiver Besserung bei verschiedenen Therapieformen

Demgegenüber zeigt Abbildung 14 bei den Patienten (n=14), die als Therapie-Misserfolg (RM-Score bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung von 3 und 4) gewertet wurden nur einen mäßigen Anstieg des Varianzmittelwertes der Verumgruppe von 40,9 auf 56,5 (Standardabweichung 3,23, 2,88) und geringfügigen Anstieg der, der Placebogruppe von 39,6 auf 40,7. (Standardabweichung 3,01; 3,02)

Hier sieht man in beiden Fällen einen geringeren Anstieg der Varianzen. Dies könnte auf eine geringere Verbesserung des Gangbildes hindeuten.

Abbildung 14: Veränderung der Varianzen OHNE Verbesserung im Roles- und Maudsley- Score

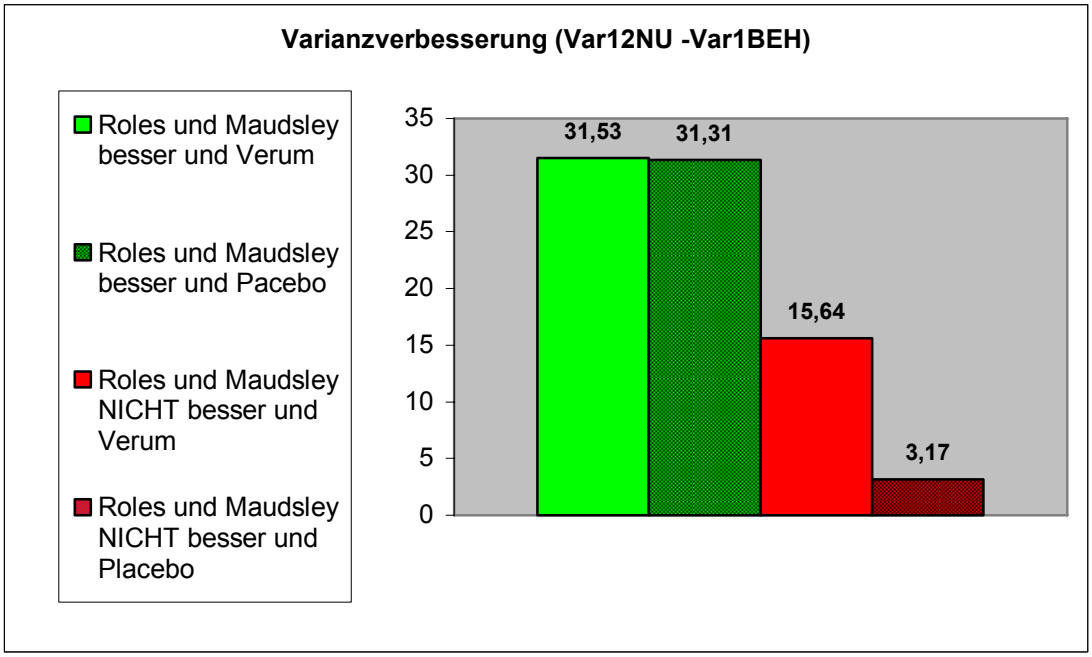


3.1.4 Varianzverbesserung des Gangbildes nach subjektivem Befinden

Die nachfolgende Grafik zeigt den Mittelwert der Varianzveränderungen in Abhängigkeit des RM-Scores und der Behandlungsform. Die Varianz der Patienten, die eine Verumbehandlung erhalten hatten und im RM-Score als Therapieerfolg gewertet wurden, verbesserte sich um durchschnittlich 31,53 Punkte. Die Varianz der Patienten die eine Verumbehandlung erhalten hatten und im RM-Score als Therapiemisserfolg gewertet wurden, verbesserte sich um durchschnittlich 15,54 Punkte. Bei den Patienten denen es subjektiver besser ging, aber eine Placebobehandlung erhalten hatten, verbesserte sich die Varianz fast identisch zur Verumgruppe um 31,31 Punkte. Die Patienten, denen es nicht besser ging, und eine Placebobehandlung erhiel-

ten, verzeichneten eine Varianzverbesserung nur um 3,17 Punkte. (Abbildung 14)

Abbildung 15: Varianzveränderungen in Abhängigkeit von subjektivem Befinden und Behandlungsform



Dieses Ergebnis wirft die Frage auf, ob die oben beschriebenen Varianzveränderungen eine Folge der sehr geringen Fallzahl in der hier vorliegenden Arbeit sind, oder ob die ESWT Behandlung eine unwirksame Therapie bei Fasciitis plantaris ist. Unabhängig von der Behandlungsform erzielten die Patienten denen es subjektiver besser ging, eine weitaus größere Veränderung der Varianzwerte, als die Patienten, denen es subjektiv nicht besser ging.

Zum Zeitpunkt dieser Messungen und Auswertungen war das Ergebnis der ESWT-Studie nicht bekannt.
Die von Haake 2003 veröffentlichten Ergebnisse belegen eine Ineffektivität der ESWT bei einseitiger Fasciitis plantaris.

4 Diskussion

4.1 Aktueller Stand – Klinische Ergebnisse ESWT beim Fersensporn und Ganganalyse bei Fasciitis plantaris

4.1.1 Derzeitige Studienlage zur ESWT bei Fasciitis plantaris

Die Extrakorporale-Stoßwellen-Therapie bei der Fasciitis plantaris stellt sich nach dem aktuellen Stand der Forschung als nicht effektive alternative Behandlungsform der Fasciitis plantaris dar (Haake 2003). Zwar haben einige oben genannte Studien (Buch 2002, Ogden 2002, Rompe 1995) die Wirksamkeit der Extrakorporalen Stoßwellentherapie nachgewiesen aber Haakes Studie wies ein ernüchterndes Ergebnis auf. Einerseits konnten im RM Score nach 3 Monaten eine Besserung der Symptome bei 45,7% und bei der 1 Jahres Nachuntersuchung von 80,5% nachgewiesen werden, andererseits ließen sich ähnliche Ergebnisse auch durch die alleinige Behandlung mit einem Lokalanästhetikum nachweisen. Dieses Ergebnis scheint auf eine hohe Spontanausheilungsrate hinzuweisen (Haake 2003).
Viele vorher veröffentlichte Studien zeigten bei der Analyse methodische Schwächen, wie das Fehlen einer Kontrollgruppe, sehr kleine Fallzahl oder fehlende Verblindung. Insgesamt sind vorher 3 randomisierte, verblindete und placebokontrollierte Studien durchgeführt worden. Ihre Ergebnisse scheinen nicht signifikant in der statistischen Analyse. Alle untersuchten Studiendesigns werteten die subjektive Verbesserung des Schmerzereignisses als Ihr Hauptzielkriterium. Buch et al. beschrieben eine Verbesserung im Schmerzereignis beim morgendlichen Anlaufschmerz (Buch 2002), hinsichtlich der Schmerzverbesserung nach RM konnten keine signifikanten Verbesserungen nachgewiesen werden.

4.1.2 Derzeitige Studienlage zur Ganganalyse bei Fasciitis plantaris

Bisher existieren nur eine wenige Studien, die sich mit der Thematik Gangbildveränderungen bei einseitiger Fasciitis plantaris befassen (Scott 2003). Die Autoren der vorliegenden Studien verglichen jeweils entweder den ge-

sunden mit dem pathologischen Fuß oder Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris mit gesunden Probanden.
Hier liegt in den Augen des Autors der hier vorliegenden Arbeit eine methodische Schwäche, da die Untersuchungen jeweils nur eine punktuelle Aufnahme des Beschwerdeereignisses widerspiegelten. Alle Ausführungen weisen darauf hin, dass der Gang eine dynamische und individuell unterschiedliche Angelegenheit sei. In allen bisher zu dieser Fragestellung erschienen Arbeiten wurde auf eine Verlaufskontrolle bei der Untersuchung verzichtet. Somit konnte man zwar sagen, dass sich die vertikalen Schubkräfte zwischen den beiden Beinen nicht signifikant unterscheiden und dass es eine leichtgradige Veränderung des Gangbildes bei Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris gibt. Man konnte aber nicht sagen, wie sie sich im Verlauf nach einer Behandlung verändern würden. Dies soll hier nun erstmals erfolgen.

4.2 Messbare Gangbildveränderungen als Grundlage der Arbeit

In der hier vorliegenden Arbeit wurde versucht, einen zusätzlichen objektiven Parameter der Schmerz- und Gangbildveränderung für die klinische Alltagstauglichkeit und zur Verlaufskontrolle zu finden. Die Untersuchung der Bodenreaktionskräfte schien hier am aussagekräftigsten zu sein. Insgesamt sind die bisher getroffenen Aussagen in den vorliegenden Studien bis jetzt sehr dürftig. Bereits durchgeführte Studien stützen die Vermutung, dass es bei der einseitigen Fasciitis plantaris zu Veränderungen der vertikalen Bodenreaktionskräfte kommt (Katoh 1983).

Hierzu zählen:

- Abflachung der ersten und zweiten Maxima in der vertikalen Kraftmessung
- In Extremfällen, Bildung einer parabelförmigen Kurve in der vertikalen Kraftmessung
- Teilweise Unterschreitung der 100 Prozent beim ersten und zweiten Maximum

Bisher hat sich aber keine Studie zur Ganganalyse bei Fasciitis plantaris mit dem Verlauf der oben genannten Parameter nach Behandlung oder bei Spontanausheilung des Krankheitsbildes befasst.
Um dem Verlauf Rechnung zu tragen, wurden bei der Untersuchung die drei vertikalen Schubkraftmaxima (F1, F2, F3) herangezogen und mit den Schubkraftmaxima der Nachuntersuchung verglichen. Dabei wurde stets der symptomatische Fuß vor und nach der Behandlung miteinander verglichen. Schon beim Vergleich der Mittelwerte der einzelnen Maxima konnte man eine diskrete Veränderung der einzelnen Schubkraftmaxima erkennen. Da es sich bei der Verlaufsbeobachtung um eine Untersuchung einer M-förmigen Messkurve handelt, erscheint der Vergleich der Varianzen der einzelnen Schubkraftmaxima am aussagekräftigsten, da erwartet wurde, dass sich die Varianz deutlich ausgeprägter verändern würde, als die einzelnen Extrempunkte.

4.3 Untersuchung der Fragestellungen:

4.3.1 Untersuchung er ersten Fragestellung (Lassen sich Gangbildveränderungen nach ESWT beschreiben?)

Um der Fragestellung nachzugehen, ob sich messbare Veränderungen der Bodenreaktionskräfte im Verlauf der Behandlung zwischen Verum- und Placebogruppe ergeben, wurden die Gangbildveränderungen der Gruppen gegenübergestellt. Die Auswertung der Verumgruppe ergibt eine Erhöhung der Varianzen um 24,58 Punkte (66,6%) im Verlauf der Behandlung, bei der Placebogruppe eine Erhöhung um 17,59 Punkte (51,0%). Augenscheinlich ist in beiden Gruppen ein Anstieg der Varianzen zu verzeichnen.
Es scheint aber eine stärkere Erhöhung in der Verumgruppe gegenüber der Placebogruppe zu bestehen.
Die sehr ausgeprägte Standardabweichung verwischt jedoch den Anstieg im Verlauf der Behandlung bei beiden Gruppen.
Aufgrund dieses Ergebnisses lassen sich zwei Hypothesen formulieren:

- Durch die extrem breite Streuung der Messergebnisse und dadurch resultierende hohe Standardabweichung ist die Meßmethode zur

Überprüfung der Veränderungen der Bodenreaktionskräfte bei einseitiger Fasciitis plantaris ungeeignet.

- Effektiv scheint sich keine Veränderung der Varianzen in den Gangbildern der Verum- und Placebogruppe zu ergeben, dadurch wird von ganganalytischer Seite die ESWT als wirksame Therapie des Fersensporns in Frage gestellt.

Die extrem breite Streuung erklärt sich durch das Vorhandensein von Therapieversagen in beiden Gruppen. In dieser Auswertung wurde angenommen, dass es allen Patienten nach ESWT nach 12 Wochen besser ginge und somit auch Veränderungen im Gangbild nachweisbar sein müssten. Da es aber auch Patenten gab, denen es nach ESWT Behandlung nicht besser ging und die über anhaltende Schmerzen klagten, veränderte sich auch ihr Gangbild nicht.

Darüber hinaus fanden sich in der Placebogruppe Patienten, denen es nach vorgetäuschter Behandlung besser oder gut ging. Das Gangbild veränderte sich in der erwarteten Form.

Ob damit die ESWT als Behandlungsmethode in Frage steht, soll weiter unten diskutiert werden.

Somit scheint die oben gewählte Einteilung für die sehr ausgeprägte Standardabweichung in beiden Gruppen verantwortlich zu sein.

Die Messmethode kann deshalb an dieser Stelle nicht in Frage gestellt werden.

Eine Aufteilung in Gruppen der Patienten denen es nach der Behandlung besser geht und denen es nicht besser geht, schien daher sinnvoll zu sein. Erst danach erfolgte der Vergleich zwischen Verum- und Placebogruppe.

Um der ersten Fragestellung (siehe 1.5.1.1) gerecht zu werden, ob sich die Bodenreaktionskräfte der Patienten verschiedener Behandlungsgruppen unterscheiden, muss man sagen, dass sich primär kein Therapieabbild zwischen den verschiedenen Behandlungsgruppen ergibt. Das erklärt sich aber durch die in diesem Abschnitt genannten Ausführungen. Sinnvoller erscheint der Vergleich der Behandlungsgruppen aufgeschlüsselt nach Symptomveränderung.

4.3.2 Untersuchung der 2. Fragestellung (Gibt es einen Zusammenhang zwischen beschriebenen Gangbildveränderungen und dem subjektiven Schmerzereignis?)

4.3.2.1 Vergleich der Behandlungsgruppen bei Symptomverbesserung

Patienten, die bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung einen RM-Score von 1 und 2 aufwiesen, wurden für diese Untersuchung herangezogen. Die Patienten wurden je nach Verum- oder Placebobehandlung in 2 Gruppen aufgeteilt und miteinander verglichen. Diese Verteilung hat einerseits den Vorteil, dass man überprüfen kann, ob eine ähnlich breite Streuung der Varianzen vorhanden und damit eine sehr große Standardabweichung gegeben ist und andererseits, dass man überprüfen kann, ob Patienten, die nach Placebobehandlung eine deutliche Verbesserung im Schmerzereignis angeben, ähnliche Änderungen des Gangbildes aufweisen.

Die Auswertung im Ergebnisteil zeigt für beide Gruppen einen deutlichen Anstieg der Varianzen während des Untersuchungszeitraums. In der Verumgruppe steigt die Varianz um 31,53 Punkte an. In der Placebogruppe ist ein Anstieg um 31,31 Punkte zu verzeichnen. Die Standardabweichung ist in beiden Fällen sehr gering ausgeprägt und scheint die Vermutung zu bestätigen, dass die Aufteilung nach dem subjektiven Schmerzbefinden sinnvoll ist. Nach Abzug der Standardabweichung kann man in beiden Behandlungsgruppen immer noch eine fast gleichartige Steigerung der Varianzen erkennen.

Das bedeutet, dass es eine Veränderung im Gangbild bei Personen gab, denen es während der Verlaufsbeobachtung besser ging. Im Umkehrschluss müsste dies bedeuten, dass es keine Veränderung im Gangbild bei den Personen geben müsste, bei denen keine subjektive Besserung eingetreten war.

Im Ergebnisteil wird diese Vermutung bestätigt. Es zeigt sich in beiden Gruppen ohne subjektive Verbesserung im Schmerzereignis eine geringere Veränderung der Varianzen.

4.3.2.2 Vergleich der Behandlungsgruppen ohne Symptomverbesserung

Die 2. Gruppe umfasst die Patienten, die bei der zwölf Wochen Nachuntersuchung einen RM-Score von 3 und 4 aufwiesen. Auch hier wurde die Verum- mit der Placebogruppe verglichen. Dabei zeigten sich wie bereits oben angedeutet nur geringfügige Veränderungen bei den Varianzmittelwerten. Die geringe Standardabweichung in beiden Gruppen bestätigt diese Hypothese. Auffällig war jedoch, dass in der Verumgruppe, die keine Verbesserung im Schmerzereignis zeigten, dennoch ein etwa halb so hoher Anstieg der Varianzmittelwerte zu verzeichnen war, wie bei den Patienten beider Gruppen, denen es subjektiv gut ging. Eine Schlussfolgerung in Bezug auf die Effektivität der ESWT soll aber an dieser Stelle noch nicht gezogen werden.

Unter diesen Gesichtspunkten scheint es einen Zusammenhang zwischen beschriebenen Gangbildveränderungen und dem subjektiven Schmerzereignis zu geben.

4.4 Folgerung über die Wirksamkeit der ESWT bei Fasciitis plantaris

Wie oben bereits angedeutet existieren nur wenig aussagekräftige Arbeiten zu Thematik ESWT bei Fasciitis plantaris (Haake 2002) und Ganganalyse bei Fasciitis plantaris (Scott 2003). Sowohl die Ergebnisse der Studien, die sich mit der Wirksamkeit der ESWT bei Fasciitis plantaris (Boeddecker 2001), als auch die Studien, die sich mit der Problematik Ganganalyse bei Fasciitis plantaris befassten (Scott 2003), hatten methodische Schwächen in ihrem Aufbau. Haakes Muticenterstudie zum Nachweis der Wirksamkeit der ESWT bei Fasciitis plantaris diente für die hier vorliegende Arbeit als Grundlage. Eine Verlaufsbeobachtung der Gangbildveränderungen bei einseitiger Fasciitis plantaris lag bisher noch nicht vor. Eine Veränderung der Varianzen als Diskussionsgrundlage wurde bisher noch nicht verwendet, ist aber nach statistischen Überlegungen die hierfür aussagekräftigste Methode.

Hier muss kritisch angemerkt werden, dass die Beobachtung von nur 30 Patienten und die Diskussion der Ergebnisse vorsichtig erfolgen sollte.

4.4.1 Ganganalyse zur Überprüfung der Wirksamkeit der ESWT

Die Verlaufsbeobachtung der Behandlungsformen mit der Ganganalyse scheint zusätzlich zum subjektiven Befinden hilfreich zu sein und messbare Veränderungen als Grundlage zu liefern. Hilfreich, um die o.g. Aussagen zu treffen, war die Einteilung in Gruppen von Patienten, die eine Verbesserung im Schmerzereignis nach ESWT bei einseitiger Fasciitis plantaris nach 12 Wochen zeigten, und die, die keine Verbesserung im Schmerzereignis zeigten. Die Ergebnisse deuten auf eine messbare Veränderung des Gangbildes hin. Im Umkehrschluss zeigten sich nur geringfügige Veränderungen des Gangbildes bei Patienten, denen es nicht besser ging.
Bisher wurde die Frage außer Acht gelassen, ob die Patienten innerhalb des Untersuchungszeitraumes eine Verum- oder Placebo Behandlung erhalten hatten. Die Überprüfung der Untergruppen zeigt deutliche Veränderungen des Gangbildes bei Patienten, denen es besser ging, weniger deutliche bei denen, denen es nicht besser ging aber eine Verumbehandlung erhalten hatten und fast keine bei Patienten mit Placebobehandlung und keiner subjektiven Besserung des Schmerzereignisses.
Die Ganganalyse scheint eine nützliche Komponente zur Verlaufsbeobachtung der ESWT bei einseitiger Fasciitis plantaris zu sein.
Diese Ergebnisse stellen die Wirksamkeit der ESWT bei einseitiger Fasciitis plantaris, auch bei der kleinen Untersuchungszahl, in Frage. Der etwa gleich hohe Anteil der Patienten, die unter Placebotherapie eine Besserung im Schmerzereignis erfahren hatten, untermauert diese Hypothese.

4.4.2 Vergleich des Roles-Moudsley-Score mit den Ergebnissen der Ganganalyse

Da sich bei Patienten ohne Verbesserung RM-Score eine Veränderung / Verbesserung des Gangbildes im Verlauf nachweisen lassen konnte, stellt sich somit die Frage, ob der RM-Score als Hauptzielkriterium der ESWT-

Studie, ganganalytisch messbare Veränderungen zu grob abbildet und damit den Therapieerfolg der ESWT verschleiert.
Die Punktwerteinteilung des RM-Score beträgt 1 - 4. Insgesamt scheint dies nur eine sehr grobe Einteilung für die Veränderung eines Schmerzereignisses zu sein.
Mit Hilfe der Ganganalyse lassen sich, wie oben gezeigt, auch kleinere Veränderungen feststellen, die der RM-Score nicht richtig abbildet und hier als Therapieerfolg oder zumindest als Behandlung mit positivem Therapieeffekt gewertet werden können.
Es scheint, dass die Ganganalyse zusammen mit einem detaillierten Score die sensitivere Methode ist, den Nutzen der ESWT bei einseitiger Fasciitis plantaris zu überprüfen.

4.5 Vergleich der Ganganalyse mit Literaturergebnissen

Die hier durchgeführte Verlaufsbeobachtung wurde in vorhergehenden Studien noch nicht durchgeführt. Auf einen Vergleich zwischen gesundem und krankem Fuß wurde auf Grund der bisherigen Studienlage verzichtet. Ein Vergleich zwischen Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris und einer Kontrollgruppe war bisher schon untersucht und ausgiebig diskutiert worden und erbrachte keine wegweisenden Erkenntnisse (Liddle 2000). Die fehlende Verlaufsbobachtung scheint nun weiterführende Hinweise über die Pathologie der Fasciitis plantaris zu liefern. Es scheint sinnvoll zu sein, den Verlauf zu beobachten, da sich hier Veränderungen deutlicher zeigen.
Insgesamt kann man aber die hier vorliegende Arbeit nicht mit den bisher erschienen Arbeiten der Ganganalyse bei Fasciitis plantaris vergleichen, da die grundsätzlichen Fragestellungen verschieden sind.
Für den Aufbau dieser Studie, sowie der Auswahl der Messparameter waren die in Kapitel 1.4.2 genannten Arbeiten ein nützlicher Grundstock. Für weiterführende Untersuchungen sind meines Erachtens größere Fallzahlen notwendig um die hier diskutieren Ergebnisse auf statistische Signifikanz zu überprüfen.

5 Zusammenfassung

Die Fasciitis plantaris ist eine schmerzhafte Entzündung des Ursprungs der Plantaraponeurose. Zur Behandlung stehen konservative Behandlungsformen, eine operative Sanierung und die Behandlung mit Extrakorporaler-Stosswellentherapie (ESWT) zur Verfügung. Die ESWT gilt bisher nicht als anerkanntes Therapieverfahren aufgrund methodischer Mängel der bisher durchgeführten Studien.

Die Ganganalyse gilt als anerkanntes objektives Messverfahren zur Beschreibung von Gangbildveränderungen. Über 2 Kraftmesswagen, die sich unter einem Laufband befinden, können getrennt für jeden Fuß, vertikale, anterior-posteriore sowie medio-laterale Schubkräfte, die beim Abrollvorgang bzw. der Bodenreaktion entstehen, erfasst werden. Für die Untersuchung einer einseitigen Fasciitis plantaris eignet sich am besten die vertikale Kraftableitung. Diese beschreibt im Normalfall eine „M“-förmige Kurve mit 3 Extrempunkten (2 Hochpunkten und einem dazwischen befindlichen Tiefpunkt) während der Bodenreaktion. Bei Patienten mit einseitiger Fasciitis plantaris zeigt die vertikale Kraftableitung des betroffenen Fußes eine Veränderung hin zu einer „bogen“-förmigen Kurve.

In der hier vorliegenden Arbeit soll mit Hilfe der Ganganalyse eine mögliche Gangbildveränderung nach einer Therapie mit ESWT beschrieben werden. In einem weiteren Schritt sollte versucht werden, die Gangbildveränderung mit dem subjektiven Befinden zu vergleichen.

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde am Studienzentrum Marburg eine 2-armige, prospektive, randomisierte, einfachblinde und placebokontrollierte ESWT Studie durchgeführt. Aus dieser Studie wurde das Patientenkollektiv für die Ganganalyse gewonnen. Die ESWT-Studie hatte zum Ziel, bei Patienten mit chronischer, einseitiger Fasciitis plantaris, eine eindeutige Aussage über die Wirksamkeit einer 3-maligen ESWT nach festgelegtem Schema mit Hilfe des Roles-Moudsley-Scores (RM-Score) zu treffen. Der RM-Score spiegelt das subjektive Schmerzereignis des Patienten in einem Punktwert von 1 (sehr gut), 2 (gut), 3 (befriedigend) bis 4 (schlecht) wieder.

Der RM-Score wurde beim Einschluss in die ESWT-Studie vor Randomisierung und der ersten Behandlung sowie bei der 12 Wochen Nachuntersu-

chung erhoben. In die ESWT Studie wurden nur Patienten mit einem Scorewert von 3 und 4 eingeschlossen. Bei den Nachuntersuchungen galt ein Scorewert von 2 oder 1 nach ESWT als Therapieerfolg. Ein Scorewert von 3 und 4 nach ESWT wurde als Therapieversager gewertet.
Aus dem ESWT Studienkollektiv wurden 30 aufeinander folgende Patienten ganganalytisch untersucht, bevor sie randomisiert und der ESWT bzw. der Placebotherapie zugeführt wurden. Eine weitere Ganganalyse erfolgte bei der Nachuntersuchung, wo auch der zweite RM-Score erhoben wurde.
Die 3 o.g. Extrempunkte, die bei der vertikalen Ganganalyse entstehen, wurden mit Hilfe der Varianz zu einem Wert zusammengefasst. Eine weitere Varianz wurde bei der Nachuntersuchung berechnet. Ein Anstieg der Varianz wurde als Erfolg gewertet. Diese Werte wurden den jeweiligen RM-Score bei der Nachuntersuchung gegenübergestellt.
Die Gegenüberstellung zeigte ausgeprägte Verbesserungen im Gangbild aller Patienten, die bei der Nachuntersuchung einen RM-Scorewert von 1-2 hatten. Bei den Patienten, mit einem RM-Scorewert von 3-4, ließen sich nur geringe Verbesserungen im Gangbild beobachten.
Ein Zusammenhang zwischen Gangbildverbesserung und ESWT und fehlender Gangbildveränderung bei Placebotherapie konnte nicht beschreiben werden.
In der Diskussion der hier vorliegenden Arbeit wurde festgehalten, dass es nach beiden Therapieformen messbare Gangbildveränderungen gegeben hatte, diese aber nicht mit der gewählten Therapieform in Zusammenhang gebracht werden konnten. Vielmehr schien ein Zusammenhag zwischen Gangbildveränderung und subjektivem Schmerzereignis zu bestehen.
Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde die ESWT als ineffektive Therapieform bei Fasciitis plantaris eingestuft.
Des Weiteren wurde die Frage aufgeworfen ob der RM-Score das subjektive Schmerzereignis nicht zu ungenau abbildet.
Über signifikante Änderungen des Gangbildes kann die hier vorliegende Arbeit keine Aussage treffen, da die Fallzahl dieser Pilot-Studie zu klein war.

6 Literatur

BEDI HS, LOVE BRT (1998)

Differences in impulse distribution patterns in patients with plantar fasciitis.
Foot Ankle Int 19; 153-156

BÖDDEKER I R, SCHÄFER H, HAAKE M (2001)

Extracorporeal shock-wave therapy (ESWT) in the treatment of plantar fasciitis - a biometrical review.
Clinical Rheumatology 20; 324-330

BUCH M, KNORR U, FLEMING L, THEODORE G, AMENDOLA A, BACHMANN C, ZINGAS C, SIEBERT WE (2002)

Extracorporeal shockwave therapy in symptomatic heel spurs. An overview.
Der Orthopäde 31; 637-644

CHAUSSY C, EISENBERGER F, WANNER K, FORSSMANN F, HEPP W, SCHMIEDT E, BRENDEL W (1976)

The use of shock waves for the destruction of renal calculi without direct contact
Urol Res 4; 175-189

CHEN HS, CHEN LM (2001)

Huang TW.Treatment of painful heel syndrome with shock waves.
Clin Orthop 387; 41-46

COTTA H, HINZ P, PUHL W (1984)

Orthopädie Lehrbuch
Stuttgart; Georg-Thieme-Verlag

DAVIS PF, SEVERUD E, BAXTER DE (1994)

Painful heel syndrome: results of nonoperative treatment.
Foot Ankle Int.15; 531-535

GRAFF J (1989)

Die Wirkung hochenergetischer Stoßwellen auf Knochen und Weichteilgewebe.
Habilitationsschrift, Ruhr-Universität Bochum)

GILL LH (1997)

Plantar fasciitis, Diagnosis and conservative management.
J Am Acad Orthop Surg 5; 109-117

HAAKE M, BUCH M, SCHOELLNER C, GOEBEL F, VOGEL M, MUELLER I, HAUSDORF J, ZAMZOW K, SCHADE-BRITTINGER C, MUELLER HH (2003)

Extracorporeal shock wave therapy for plantar fasciitis, randomised controlled
multicentre trial.
BM, Jul 12; 327-375

HEFTI F, BRUNNER R, FLIEGEL C, FREULER F (1998)

Kinderorthopädie in der Praxis
Springer Verlag Berlin; 30-33

JAKOBEIT C, WELP L, WINIARSKI B, (1997)

Ultrasound-guided extracorporeal shock wave therapy of tendinosis calcarea of the shoulder, of symptomatic plantar calcaneal spur (heel spur), and of epicondylopathia radialis et ulnaris
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York; 165-180

KATOH Y (1983)

Biomechanical analysis of foot function during gait and clinical applications
Clin Orthop 177; 23-33

KATOH Y, CHAO EYS, MORREY BF, LAUGHMAN RK (1983)

Objective technique for evaluating painful heel syndrome and its treatment
Foot Ankle 3; 227-237

KATOH Y, CHAO EYS, MORREY BF, LAUGHMAN RK, SCHNEIDER E (1981)

Objective Evaluation of Painful Heel Syndrome by Gait Analysis. In Matsui H, Kobayashi
K (eds). Biomechanics VIII, Proceedings of the 8th international Congress of Biomechanics. Champaign IL, Human Kinetics; 490-497

KELLY AJ, WAINWRIGHT AM, WINSON IG (1995)

Plantar pressures are normal in plantar fasciitis
Foot Dis 11; 129-132

KINLEY S (1993)

Endocopic plantar fasciotomy versus traditional heel spur surgery: A prospective study

J Foot Ankle Surg 32; 595

KUHNS J.G. (1949)

Changes in elastic adipose tissue.

J. Bone Joint Surg. 31A; 541-547

LIDDLE D, ROME K, HOWE T (2000)

Vertical ground reaction forces in patients with unilateral plantar heel pain A pilot study

Gait Posture 11; 62-66

OGDEN JA, ALVAREZ R, LEVITT R, CROSS GL, MARLOW M. (2001)

Shock wave therapy for chronic proximal plantar fasciitis.

Clin Orthop. 387; 47-59

REICHENBERGER H (1988)

Lithotripter Systems

Proceeding of the IEEE; Vol.76

ROLES, N., R. MAUDSLEY (1972)

Radial tunnel syndrome

JBJS Vol. 54 B; 499-508

ROMPE JD, BUCH M, GERDESMEYER L, HAAKE M, LOEW M, MAIER M, HEINE J. (2002)

Musculoskeletal shock wave therapy--current database of clinical research

Z Orthop Ihre Grenzgeb. 140(3); 267-274

ROMPE JD, KÜLLMER K, VOGEL J, ECKARDT A, WAHLMANN U, EYSEL P, HOPF C, KIRKPATRICK CJ, BÜRGER R, NAFE B (1997)

Extrakorporale Stoßwellentherapie- Experimentelle Grundlagen, klinischer Einsatz

Orthopäde 26; 215-228

ROMPE, J.D., HOPF, C., EYSEL, P., HEINE, J., WITZSCH, U., NAFE, B. (1995)

Extrakorporale Stosswellentherapie des therapieresistenten Tennisellenbogens - Erste Ergebnisse von 150 Patienten

Die Stosswelle, Attempto-Verlag; 147-152

RUSSO S., GIGLIOTTI S., DE DURANTE C. (1996)

„L'uso delle onde d'urto nelle patologie ortopediche“ (Shock wave therapy in orthopaedics)

Seminari di Patologia dell'Arto Superiore, Università degli Studi di Napoli Frederico II, Napoli; 129-134

SCHEPSIS AA, LEACH RE, GORZYCZ J (1991)

Plantar Fasciitis Etiology, treatment, surgical results and review of the literature

Clin Orthop 266; 185-196

SCHLEBERGER R, SENGE T (1992)

Non-invasive treatment of long bone pseudarthrosis by shoch waves (ESWL)

Arch Orthop Trauma Surg 111; 224-227

SCOTT C, WEARING SC, SMEATHERS JE, URRY SR. (2003)

The effect of plantar fasciitis on vertical foot-ground reaction force.

Clin Orthop. 409; 175-185.

SIEBERT W, BUCH M (1997)

Stoßwellenanwendungen am Knochen - Klinische und experimentelle Erfahrungen.

Verlag Dr. Kovac Hamburg; 11-24

VALCHANOV VD, MICHAILOV P (1991)

High energy shock waves in the treatment of delayed and nonunion fractures

Inter Orthop (SICOT) 15; 181-184

ZIJLSTRA W, RUTGERS AWF, HOF AL, VAN WEERDEN TW (1995)

Voluntary and involuntary adaptation of walking to temporal and spatial constraints.

Gait Posture 3; 13-18

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name:	Albus
Vorname:	Nick
Geburtsdatum/-ort:	20.02.1976, Korbach
Anschrift:	Narzissenweg 51, 34128 Kassel
Familienstand:	ledig

Schulbildung:

1982 - 1986	Grundschule Edertal
1986 - 1995	Gustav Stresemann Schule, Bad Wildungen
	Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

Hochschulbildung:

Seit 1996	Studium der Humanmedizin an der Philips Universität Marburg
1998	Ärztliche Vorprüfung (Physikum)
2001	Erster Teil der Ärztlichen Prüfung
2002	Zweiter Teil der Ärztlichen Prüfung
2003	Dritter Teil der Ärztlichen Prüfung

Famulaturen/ Praktisches Jahr:

8/ 2000	Pädiatrische Praxis Bad Wildungen, Dr. med. R. Lorenz

3/ 2001	Werner Wicker Klinik Bad Wildungen (Anästhesiologie) CA Dr. med. Wilfried Walter
8/ 2001	Werner Wicker Klinik Bad Wildungen (Orthopädie) CA Dr. med. Metz Stavenhagen
2/ 2002	Allgemeinmedizinische Praxis Kassel, Dr. med. K. G. Meyer
4/ 2002 - 4/ 2003	PJ am Roten Kreuz Krankenhaus Kassel (Chirurgie), Roten Kreuz Krankenhaus Kassel (Innere) und Roten Kreuz Krankenhaus Kassel (Anästhesiologie)

Berufliche Tätigkeit:

6/ 2003 – 9/ 2004	Arzt im Praktikum, Innere Medizin, Marienkrankenhaus Kassel, Chefarzt Prof. Dr. med. M. Konermann
seit 01.10.2004	Assistenzarzt Innere Medizin, Medizinischer Controller, Marienkrankenhaus Kassel, Chefarzt Prof. Dr. med. M. Konermann

Weiterbildung:

3/ 2004 - 4/ 2004	Strahlenschutzkurse für Fachkunde im Strahlenschutz absolviert
9/ 2004	Fachkundenachweis im Rettungsdienst
9/ 2004	Intensivkurs Medizinisches Controlling

Kassel, 15. Juli 2005

(Nick Albus)

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Damen und Herren:

Arnold, Aumüller, Barth, Basler, Baum, Cetin, Christiansen, Czubayko, Daut, Doss, Fauth, Feuser, Geus, Gotzen, Griss, Happle, Hellinger, Hesse, Hesterberg, Hofmann, Jungclas, Kern, Klenk, Krieg, Lammel, Lang, Lennartz, Löser, Moll, Mueller, Niessing, Oerthel, Reichardt, Remschmidt, Schachtschabel, Schäfer, Schmidt, Vohland, Werner, Westermann.

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. T. Wirth für die Überlassung des Themas, die intensive und konstruktive Betreuung, sowie die stete Bereitschaft zur kritischen Diskussion bei der Erstellung der Arbeit.

Des Weiteren gilt Herrn Prof. Dr. med. P. Griss mein Dank für die Möglichkeit, dass ich im Rahmen der o.g. und weiteren klinischen Studien an der Orthopädischen Klinik der Philipps- Universität Marburg, klinisch- praktisch an der Fragestellung des Promotionsthemas arbeiten konnte und der anfänglichen Betreuung dieser Arbeit.

Besonderen Dank gilt Herrn PD Dr. med. M. Haake für die intensive und kritische Betreuung bei der Anfertigung der Arbeit.

Frau Dr. Inke König vom Institut für Medizinische Biometrie und Medizinische Statistik der Philipps- Universität Marburg (jetzt Institut für Medizinische Biometrie und Medizinische Statistik des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein - Campus Lübeck) danke ich für Ihre Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Herrn Udo Wolf (Leiter Physikalische Therapie im Klinikum der Philips Universität Marburg) danke ich für die Überlassung der Räumlichkeiten und des Laufbandes

Mein Dank gebührt ebenfalls Herrn Christian Wöhner, der mir bei der Durchführung der Ganganalyse geholfen hat.

Meinen Eltern möchte ich für die immer konstruktive Kritik bei der Anfertigung dieser Arbeit danken.

Familie Dr. med. K. Meyer danke ich herzlich für die zahllosen Korrekturlesungen.

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, das ich die dem Fachbereich Humanmedizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel

„UNTERSUCHUNG DER VERTIKALEN BODENREAKTIONSKRÄFTE IM VERLAUF DER BEHANDLUNG MIT EXTRAKORPORALER STOSSWELLENTHERAPIE BEIM SYMPTOMATISCHEN FERSENSPORN“

in der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. med. T. Wirth mit Unterstützung durch Herrn PD Dr. med. M. Haake ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Kassel, den 15. Juli 2005

(Nick Albus)