

Analyse der Beschwerdebilder

von

Marathonläufern beim

Berlin-Marathon 2011

zur

Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Science (B.Sc.)

der SRH Fachhochschule für Gesundheit Gera

Studiengang Physiotherapie

eingereicht von: Michael Bräuer
geboren am: 05.10.1982
Betreuung: Elsner, B. (B.Sc.)
Mehrholz, J. (Prof. Dr. habil.)
eingereicht am: 22.07.2012

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	4
Abstract.....	5
1 Einleitung.....	7
1.1 Hintergrund und Problematik.....	7
1.2 Zielstellung der Arbeit	8
1.3 Wortwahl.....	9
2 Methoden/ Methodik	10
2.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	10
2.2 Hypothesen – zu beantwortende Fragen.....	10
2.3 Aufbau des Fragebogens.....	11
2.5 Statistische Verfahren.....	14
3 Ergebnisse.....	15
3.1 Charakteristika der Studienpopulation.....	19
3.2 Training	19
3.3 Motivation.....	20
3.4 Beschwerdeprävalenz und -verhalten.....	21
3.5 Schmerzlokalisierung und -intensität	22
3.6 Laufstil.....	25
3.7 Wettkampfverhalten.....	26
4 Diskussion.....	27
4.1 Zusammenfassung und Diskussion der eigenen Ergebnisse	27
4.2 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur.....	31
4.2.1 Der Kniekomplex	31
4.2.2 Schmerzlokalisierung Achillessehne	35
4.2.3 Schmerzen im Rücken – Die Lendenwirbelsäule.....	40
4.3 Mögliche sinnvolle Maßnahmen zur Prävention von laufbedingten Beschwerden bei Marathonläufern.....	43
4.4 Mögliche weiterführende Untersuchungen.....	51
4.5 Kritik der eigenen Arbeit.....	53

Danksagung.....	55
Anhang.....	56
Teil A – Fragebogen.....	56
Teil B – neurodynamische Tests.....	58
Teil C – Eigenständigkeitserklärung.....	60
Literaturverzeichnis.....	61

Abkürzungsverzeichnis

AS	-	Achillessehne
GSP	-	Gesamtstichprobe
IK	-	initialer (Boden-) kontakt
KK	-	Kniekomplex
Lx	-	Lendenwirbelsäule
M.	-	musculus (lat.); der Muskel
N.	-	nervus (lat.); der Nerv
OS	-	Oberschenkel
OSG	-	oberes Sprunggelenk
P	-	pain (engl.); der Schmerz
PFG	-	Patello-Femorales-Gleitlager
PFSS	-	Patello-Femorales-Schmerzsyndrom
SD	-	standard-deviation (engl.); Standardabweichung
SW	-	Spannweite
TFG	-	Tibio-Femoral-Gelenk
UEX	-	gesamte untere Extremität
Z-Gelenke	-	Zygapophysealgelenke

Hintergrund: Laufsport im Allgemeinen und insbesondere der Marathon erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Die systematische Vorbereitung auf ein solches Event setzt den Sportler einer großen körperlichen und psychischen Herausforderung aus. Aufgabe dieser Arbeit ist es, mögliche Faktoren für die Entwicklung laufbedingter Symptome zu finden bzw. die Bereiche zu benennen, welche besonders anfällig sind, um gezielte präventive Maßnahmen anwenden zu können. Im weiteren sollen Hypothesen für weitere mögliche Studien generiert werden.

Methoden: Es wurden 65 Probanden am Vortag des 38. Berlin-Marathons 2011 befragt. Davon entsprachen 63 den Einschlusskriterien und konnten in die Auswertung aufgenommen werden. Es wurden allgemeine Fragen zur Person gestellt, wie Alter, Körpergewicht und Größe. Des Weiteren mussten die Probanden Fragen zum Training, sowie zur Lokalisation und Zeitpunkt des Auftretens von Symptomen beantworten. Dabei wurde auch die Intensität der Beschwerden berücksichtigt. Um im Sinne einer explorativen Pilotstudie Hypothesen zu generieren, wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,1$ festgelegt. Die gewonnenen Daten wurden mit der Statistiksoftware „R“ ausgewertet, mit der Literatur verglichen und diskutiert um mögliche geeignete Präventionsmaßnahmen zu finden.

Ergebnisse: 43 % der Marathon-Teilnehmer leiden an Beschwerden. Dabei stachen der Kniekomplex mit einer Prävalenz von 38 % und die Achillessehne mit 35 % heraus, wobei es auch einen signifikanten Zusammenhang zur Schmerzintensität gibt ($p < 0,01$). Das relative Risiko für Männer, durch das Laufen Beschwerden zu bekommen, ist 2,44-mal so hoch wie für Frauen ($p = 0,27$). Die Art des Bodenkontaktes könnte ein möglicher Grund für die allgemeine Inzidenz von Beschwerden sein ($p = 0,08$) und für den Bereich der Lendenwirbelsäule im Besonderen ($p = 0,03$).

Schlussfolgerung: Die Mechanismen, welche zu Beschwerden bei Läufern führen sind komplexer als zuerst vermutet. Das Alter, Gewicht sowie die Art des Bodenkontaktes könnten bei genauerer Betrachtung eine wichtige Rolle spielen.

Schlüsselwörter: Laufen, Marathon, Risikofaktoren für Beschwerden, Präventive Maßnahmen für Läufer, mögliche Verletzungsmechanismen

Background: Running in general and the marathon as one special form, enjoy great popularity. The systematic preparation and training demands mentally and physically a lot from the sportsmen. This paper aims to identify possible factors, which have an impact on the development of symptoms caused by running and to specify the areas which are more vulnerable than others, with the goal to avoid the occurrence by good prevention-procedures. In addition it is also a goal to generate hypotheses for further possible investigations.

Methods: 65 runners were questioned at the day before the „38. Berlin-Marathon 2011“. Therefrom met 63 our inclusion criteria. The questions were about the person in general, like age, body-weight and size. Furthermore they had to answer questions in relation to their training, location and moment of occurrence of their symptoms. Thereby the intensity was also taken account of. Within the meaning of an explorative pilot-study to generate hypotheses, the level of significance was raised up to $\alpha = 0.1$. The gained information's were analyzed with the „R“-statistic software, set in relation and compared to the literature and were also discussed to find suitable prevention methods.

Results: 43 % of the marathon-runners suffer from injuries. The complex of the knee with a prevalence of 38 % and the achilles-tendon (AT) with 35 % showed the greatest vulnerability. The AT reached as the only location in pain-intensity on the numeric rating scale up to 10 (mean 6 ± 3 SD, range 5-10) with a significant relationship ($p < 0.01$). The relative risk for men to develop a running-related injury is increased by the factor of 2.44 as it is for women ($p = 0.27$). The kind of the initial-contact with the ground could be a possible reason for the incidence of an injury in general among runners ($p = 0.08$) and for the lower-back in particular ($p = 0.03$).

Conclusion: The mechanisms, which cause running related injuries are more complex as imagined. Age, body-weight and initial-contact could play an important role. Further detailed investigations need to be taken.

Key Words: running, marathon, risk factors for injury, prevention procedure for runners, possible mechanism of injury

1 Einleitung

Das folgende Kapitel befasst sich sowohl mit den Hintergründen und der zu behandelnden Problematik. Des Weiteren wird die Zielstellung dieser Arbeit formuliert.

1.1 Hintergrund und Problematik

Laut der Bestandserhebung 2011 des „Deutschen Olympischen Sportbundes“ - DOSB (2011) belegte die Disziplin Leichtathletik, bezogen auf die Mitgliederzahl der Spitzenverbände, mit 872.650 Mitglieder, den 6. Rang.

Der Marathon im speziellen gewann seit 1999 ständig mehr Anhänger, wie man an der Anzahl der ausgerichteten Wettkämpfe sieht. Diese stieg um das 2,4-fache von 78 Laufveranstaltungen im Jahre 1999 bis 2011 auf 189 Marathons an, welche in Deutschland ausgerichtet wurden. Dabei gab es 2011 115.335 Marathon-Finisher (Marathon.de 2011), wobei unklar ist, ob mehrfach Beendigungen von Läufen berücksichtigt wurden.

Laut Veranstalter nahmen am „Haspa-Marathon 2011“ in Hamburg 12.281 Läufer teil. In New York, dem Traum vieler Athleten, traten mehr als 40.000 Läufer und Läuferinnen an (Runners World 2011a). In Köln waren es 5.263 (Runners World 2011b) Sportler die die 42,195 km-Strecke in Angriff nahmen und sogar 7.745, die sich an der Hälfte versuchten.

Die steigende Teilnehmermenge und Anzahl an Laufveranstaltungen kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass der Laufsport im allgemeinen, und der Marathon im speziellen sich immer größerer Beliebtheit erfreut. Aufgrund dessen ist anzunehmen, dass die Anzahl der Sportler, welche Beschwerden entwickeln, ebenfalls zunimmt.

Laufen kann für jeden, der in irgendeiner Form Sport treibt, ein wichtiger Bestandteil der jeweiligen Sportart oder zumindest ein wichtiges Element des Trainingsprozesses sein.

Aus den Erfahrungen von Läufern ist zudem bekannt, dass sich bereits während der Vorbereitung auf einen Marathon Beschwerden des Bewegungsapparates ausprägen können. Laut der systematischen Übersichtsarbeit von van Gent *et al.* liegt eine Prävalenz von Beschwerden bis zu 80% vor. Dabei betreffen 50% den Kniekomplex (van Gent 2007). Daraus lässt sich vermuten, dass aufgrund der steigenden Anzahl an Marathon-Läufern, so wie der Verbreitung von Beschwerden unter diesen Sportlern und den dadurch entstehenden Kosten ein Bedarf besteht, die Inzidenz von Beschwerden möglichst gering zu halten.

1.2 Zielstellung der Arbeit

Um kostengünstige Maßnahmen im Rahmen der Physiotherapie bzw. Sporttherapie, zur Prävention von Syndromen bei Marathonläufern zu entwickeln, ist es notwendig, Gründe aufzuzeigen, welche für die Ausbildung von Beschwerdebildern verantwortlich sein könnten. Ziel der vorliegenden Arbeit soll es sein, im Sinne einer explorativen Pilotstudie, anhand der Analyse verschiedener erfragter Parameter, einen Überblick über mögliche Einflussgrößen, die zu Beschwerden führen können, zu gewinnen. Dies soll dazu dienen, Hypothesen für mögliche weiterführende und sinnvolle Studien zu generieren.

Um nützliche Therapieformen zu finden, wird die Aufgabe darin bestehen, die Ursachen, unter welchen Marathon-Läufer besonders häufig Beschwerden ausbilden, zu analysieren. Dabei soll sowohl die Häufigkeit der Lokalisation betrachtet werden, als auch die subjektive Intensität der Beschwerden. Ebenfalls soll untersucht werden ob unter anderem das Körpergewicht, die Anzahl der Schuhe sowie die Art des Bodenkontaktes, die Motivation, Anzahl der Wettkämpfe, neben Trainingsumfang und weiteren Trainingsparametern, einen Einfluss hat und in welcher Art.

Die Fragestellung hat von daher einen praktischen Nutzen, da viele Sportler (s. 1.1 Hintergrund und Problematik, S.7) von den Erkenntnissen profitieren würden und frühzeitig Gefahren erkannt werden könnten. Somit wäre die Grundlage für eine wirksame Prävention gegeben.

1.3 Wortwahl

Hier wird explizit darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Arbeit, aus Gründen des Leseflusses, ausschließlich die männliche Form verwendet wird. Wenn von „Athleten“, „Läufern“ usw. die Rede ist, sind damit auch alle Sportlerinnen gemeint. Der Autor distanziert sich von jeglichen Diskriminierungen bezüglich des weiblichen Geschlechts.

2 Methoden/ Methodik

In diesem Abschnitt wird sich mit der Durchführung der Untersuchung beschäftigt. Die Festlegung und Definition der erhobenen Parameter, sowie der Aufbau des Fragebogens mit den Ein- und Ausschlusskriterien, wird dargestellt. Es folgt eine Erklärung der angewandten statistischen Methoden.

2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Alle Marathonläufer, welche mindestens zwei Mal die Woche für mehr als 40 Minuten laufen und dies über einen Zeitraum von mindestens 3 Monaten, erfüllen die Einschlusskriterien. Außerdem wird ein Mindestalter von 21 Jahren voraus gesetzt, da sich, laut dem „Mark-Jansen-Gesetz“, die Empfindlichkeit des Gewebes proportional zur Wachstumsgeschwindigkeit verhält (Weinecke 2007b). Daraus ergibt sich, dass Kinder und Jugendliche einem erhöhten Maß von Belastungsschäden ausgesetzt sind.

Ausschlusskriterien wären erkennbare Deformitäten und Fehlstellungen wie z.B. Genu varum und Genu valgum. Weiterhin dürfen zu Lebzeiten der Befragten keine Operationen am Bewegungsapparat jemals stattgefunden haben. Läufer die ebenfalls wegen schwerwiegenden Pathologien in ärztlicher Behandlung waren (z.B. Herzinfarkt, maligne Tumore, Apoplex usw.), werden von der Befragung ausgeschlossen.

2.2 Hypothesen – zu beantwortende Fragen

Im ersten Schritt wurden Fragen konkretisiert, die durch die Analyse beantwortet werden sollen, um die notwendigen Parameter fest zu legen, welche erfragt werden müssen. Die Fragen entsprechen Hypothesen, welche es gilt, in der vorliegenden Arbeit zu klären. Aufgrund der Reihenfolge der folgenden Fragen können keine Rückschlüsse bezüglich Ihrer Gewichtung getroffen werden.

Mögliche Fragen sind:

- Gibt es einen Unterschied bezüglich der Beschwerden zwischen Männern und Frauen?
- Wie viel Prozent aller befragten Marathon-Läufer haben Beschwerden?
- Was motiviert die Sportler regelmäßig zu trainieren?
- Wo treten die meisten Beschwerden auf?
- Wie stark werden die Athleten von Ihren Beschwerden beeinträchtigt?
- Weisen Läufer mit mehreren / wenigen Laufschuhpaaren Beschwerden auf?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der Motivation zwischen Männern und Frauen?
- Steht für Männer der Aspekt des Wettkampfes mehr im Vordergrund und resultiert daraus im Weiteren eine mögliche stärkere Überlastung als bei den Frauen?
- Weisen Läufer mit hohem Trainingspensum mehr Beschwerden auf? (Es ist denkbar, dass Läufer mit höherer Trainingsfrequenz / -intensität in der Lage sind, besser zu regenerieren und in kürzerer Zeit zu kompensieren und daher auch weniger anfällig für Beschwerden sind. Ein Läufer mit nicht-optimalen Voraussetzungen [schlecht-belastbarer Knorpel, suboptimale Beinachsen, langsame Heilung etc.], kann sein Trainingsumfang gar nicht erhöhen – also wären Beschwerden eher prävalent bei Läufern mit geringeren Trainingsumfängen / -intensitäten.)
- Ist das Körpergewicht für Beschwerden beim Laufen verantwortlich?

2.3 Aufbau des Fragebogens

Den Fragebogen, wie er für diese Arbeit verwendet wurde ist im Anhang „Teil A – Fragebogen“, auf Seite 56 zu finden. Um die notwendigen Daten zu erhalten wurden Läuferinnen und Läufer am Samstag den 24.09.2011, dem Vortag des „38. Berlin-

Marathons“, zur Ihrem Laufverhalten sowie evtl. Beschwerden durch den Autor befragt. Bei dieser Veranstaltung waren, ähnlich wie in New-York, ebenfalls über 40.000 Teilnehmer aus 120 Ländern zu verzeichnen (Berlin.de 2011).

Im ersten Teil wurden allgemeine Angaben zur Person abgefragt – Geschlecht, Alter, Gewicht und Größe, um später den BMI berechnen zu können. Die nächsten fünf Fragen bezogen sich auf das Laufverhalten im Speziellen. Dabei wurde der Trainingsumfang des Athleten und die Verteilung auf einzelne Trainingseinheiten erfragt, um ein indirektes Maß für die Belastung des Körpers im Training zu ermitteln. Da es bei einem professionellen Training zu einer Periodisierung kommt (Vorwettkampfphase, Wettkampfphase, Regenerierungsphase usw.) schwankt natürlich u.a. der Trainingsumfang und die Anzahl der Trainingseinheiten. In diesem Falle wurde festgelegt, dass die maximalen Werte als Angabe in die Befragung eingehen, da in diesen Phasen der Läufer am stärksten belastet wird und demzufolge am wahrscheinlichsten einem Auftreten von Beschwerdebildern ausgesetzt ist. Mit Trainingsumfang ist die zurückgelegte Strecke pro Woche gemeint. Die Trainingsfrequenz gibt die Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche an. Daraus ergibt sich die Trainingsintensität. Je höher die Frequenz, desto weniger Zeit hat der Sportler für die Regeneration und umso größer ist die körperliche Belastung – die Intensität nimmt zu.

Wie lang der Läufer schon regelmäßig trainiert, soll Aufschluss darüber geben, ob die Sportler, die schon über längere Jahre laufen, eher an Beschwerden leiden oder ob sich eine natürliche Selektion dahingegen vollzieht, dass Läufer die frühzeitig Beschwerden bekommen, eher mit dem Laufen aufhören und somit kein langjähriges Training absolvieren. Mit der Variablen Zeit konnte die Durchschnittsgeschwindigkeit der jeweiligen Trainingseinheiten ermittelt werden.

In der nächsten Frage sollten die Sportler Auskunft über Ihre Motivation geben. Auf einer Skala von 0 - 4 können Sie den Aussagen eine Gewichtung geben, wobei Vier einer vollen Zustimmung gleichkommt und eine Null als keine Identifizierung mit der Fragestellung zu werten ist (0 = trifft nicht zu; 1 = trifft kaum zu; 2 = trifft mäßig zu; 3 = trifft zu; 4 = trifft sehr zu).

Im Folgenden wurden Fragen bezüglich der Beschwerden gestellt. Von Interesse war die Frage nach dem Zeitpunkt des Auftretens der Beschwerden und ob diese durch das Laufen kommen.

Eine weitere Frage widmete sich der Intensität, d.h. wie stark sich der Athlet durch das Auftreten von Problemen behindert fühlte. So kann ein Knie bei langen Läufen durchaus einen Schmerz produziert haben, der aber subjektiv nicht bedenklich war. Null ist demzufolge als „keine Beschwerden“ zu werten. Eine Eins wurde den Befragten als ein „Es zwickt ein wenig“ beschrieben und die Zehn ist ein Schmerz, den Läufer zum Abbruch des Trainings zwang. Diese Vorgaben setzen die Beschwerden in eine gewisse subjektive Relation, die einen Vergleich möglichst optimal gewährleisten soll.

Um die Lokalisation der Problemzonen bestmöglich beschreiben zu können wurde dem Sportler eine Körpertabelle gezeigt, in welcher sie Ihre Beschwerde-Lokalisation sehr präzise einzeichnen konnten. Die Zuordnung zu Symptomkomplexen wurde durch den Autor durchgeführt.

Die Art des Bodenkontaktes wurde ebenfalls erfragt, d.h. mit welchem Teil des Fußes der Läufer zuerst den Untergrund berührt. Hierbei wurde in drei Kategorien unterschieden. Die Probanden mussten ihren Laufstil angeben, d.h. ob sie Fersenläufer (auch Rückfußläufer genannt), Mittelfußläufer oder Vorfußläufer sind. Diese Einteilung beruht auf der Stellung des Fußes, in welcher er sich zum Zeitpunkt des Bodenkontaktes, befindet.

Die letzte Frage bezog sich auf die Teilnahme an Wettkämpfen. Marathon-Läufer, die häufiger an Wettkämpfen teilnahmen, haben evtl. ein höheres Risiko, dass sich schmerzhaft Symptome zeigen, da sie öfters, im Wettkampf noch stärker als im Training, ihre Leistungsgrenzen erreichen. Zur Bedingung wird gestellt, dass mindestens einmal im Jahr über mindestens 2 Jahre ein Wettkampf bestritten wurde. Die Wettkampfvorbereitung muss den Einschlusskriterien entsprechen.

2.5 Statistische Verfahren

Die Auswertung des Fragebogens erfolgt mittels der OpenSource-Statistic Software „R“ bzw. der Oberfläche „R-Commander“ V.1.6-3 .

Um mögliche Zusammenhänge besser aufdecken zu können und im Sinne einer Generierung von Hypothesen für mögliche weitere Forschungen, wurde das Signifikanzniveau α von 0,05 auf 0,1 herauf gesetzt ($\alpha = 0,1$). Daraus ergibt sich, dass ein p-Wert $\leq 0,1$ als signifikant angesehen wird. Dabei wird ein größerer Fehler 1. Art zugelassen um den Fehler 2. Art zu minimieren und damit die Power der Tests zu erhöhen. Das heißt, die Wahrscheinlichkeit die Nullhypothese zu verwerfen, obwohl sie richtig ist, steigt, aber die Wahrscheinlichkeit die Alternativhypothese fälschlicherweise abzulehnen sinkt. Somit erhöht sich die Teststärke (Power) bzw. die Aussagekraft der angewandten statistischen Tests, was wiederum bedeutet, das die Wahrscheinlichkeit zugunsten der Alternativhypothese zu entscheiden, zunimmt.

Zur Entscheidung, ob parametrische Tests bei metrischen Daten (z.B. t-Test) zur Anwendung kommen, welche eine Normalverteilung der Stichprobe voraussetzen, wurde neben der visuellen Darstellung der Daten der Shapiro-Wilk-Test verwendet, um den entsprechenden Parameter auf seine Normalverteilung zu überprüfen. Dabei muss das Ergebnis einen größeren Wert annehmen, als das zuvor festgelegt Signifikanzniveau. Sollte keine Normalverteilung vorliegen, wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test angewandt, welcher die Signifikanz nicht-parametrischer Daten überprüft.

Um nominalskalierte Daten auf signifikante Zusammenhänge zu überprüfen, wurde der X^2 - Test genutzt. Liegt jedoch ein erwarteter Wert unter fünf, so wurde auf den exakten Test nach Fisher zurückgegriffen.

3 Ergebnisse

Im Folgenden wird in Tabelle 1 eine Übersicht bezüglich der eingeschlossenen Probanden gegeben. In Tabelle 2 auf Seite 18 wurde die Gruppe der Läufer mit Beschwerden und ohne Beschwerden gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Erhebung werden in den Unterkapiteln dargestellt.

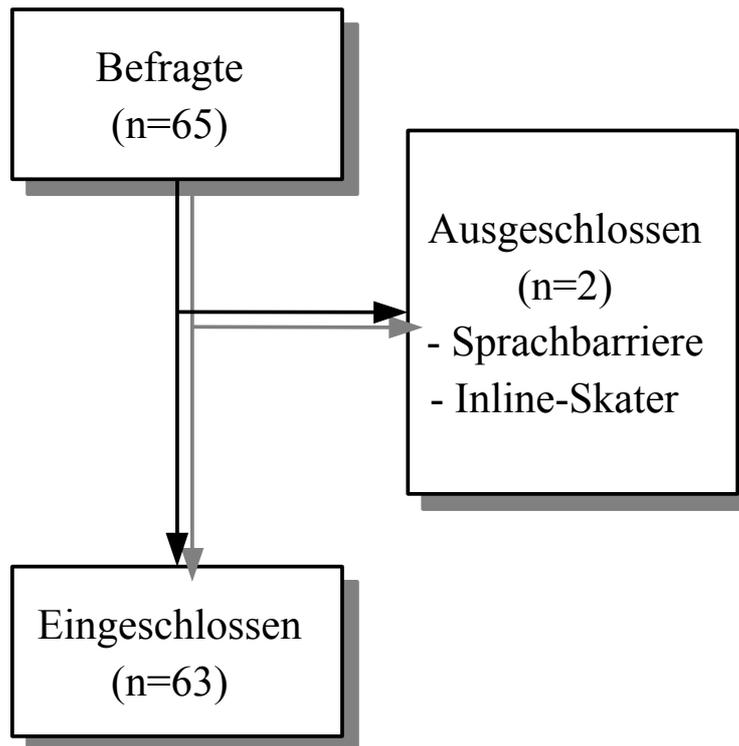


Abbildung 1: Auswahl der eingeschlossenen Fragebögen

Es wurden 65 Sportler, welche die o.g. Voraussetzungen erfüllten, zu Ihrem Laufverhalten befragt. Dabei handelte es sich um ein internationales Publikum. Zwei der 65 Fragebögen gehen nicht mit in die Studie ein, da nicht gewährleistet werden kann, dass die Probanden die Fragen, aufgrund der Sprachbarriere, im vollen Umfang verstanden haben. Ein französischer Läufer versuchte die auf Englisch gestellten Fragen zu verstehen, aber je komplexer die Fragen wurden, umso weniger und unsicherer

konnte man mit ihm kommunizieren. Der zweite Proband, dessen Fragebogen ebenfalls nicht mit in die Auswertung eingeflossen ist, war polnischer Abstammung. Seine Englischkenntnisse waren ebenfalls unzureichend. So stellte sich recht spät heraus, dass er kein Läufer sondern einer der Inline-Skater war, die ebenfalls an den Start gingen. Die Anzahl der Stichprobe, die in der Studie eingeschlossen werden, beträgt 63 Probanden (n = 63).

	Männer ♂ (n=44)	Frauen ♀ (n=19)	p
Zur Person Mittelwert (SW) ± SD			
Größe [cm]*	180,2 (160-199) ± 6,8	168,7 (155-182) ± 7,2	< 0,05
Gewicht [kg]*	77,3 (60-96) ± 7,4	62,2 (47-75) ± 7,0	< 0,05
Alter [a]*	40,3 (24-61) ± 9,9	33,6 (21-50) ± 8,0	0,01
Training Mittelwert (SW) ± SD			
Tr.Einheiten*	3,9 (2-7) ± 1,1	3,6 (2-6) ± 1,0	0,57
Strecke [km]*	53,6 (10-120) ± 25	40,4 (8-70) ± 19,1	0,06
Zeit [h]*	5,8 (2-15) ± 3,3	4,7 (1-8) ± 2,0	0,55
Schuhe*	3,8 (1-30) ± 5,1	1,9 (0,5-5) ± 1,5	0,01
Tr.Jahre*	9,2 (1-43) ± 9,1	6,9 (1-22) ± 5,6	0,35
Motivation Median (SW) ± SD			
Allg.Fitness**	4 (2-4) ± 0,6	4 (2-4) ± 0,6	0,77
Abnehmen**	2 (0-4) ± 1,5	2 (0-4) ± 1,4	0,9
Wettkampf**	2,5 (0-4) ± 1,2	2 (0-4) ± 1,4	0,11
Work-Balance*	4 (0-4) ± 0,9	3 (0-4) ± 1,0	0,67
Wohlbefinden**	4 (1-4) ± 0,6	4 (3-4) ± 0,5	0,93
Gesundheit**	4 (1-4) ± 0,8	4 (3-4) ± 0,5	0,84
Problemverhalten n (% der Gesamtstichprobe)			
P davor	5 (8%)	0 (0%)	0,31
P dabei	16 (25%)	4 (6%)	0,38
P danach	19 (30%)	3 (5%)	0,04
Laufbedingt	21 (33%)	6 (10%)	0,28
Schmerzintensität Median SW ± SD			
P Stärke**	2,5 (1-10) ± 2,8	1,9 (2-10) ± 3,1	0,28

<i>Lokalisation (Schmerz durch Laufen aufgetreten n=27; M=21/F=6)</i>			
Lx	8 (30%)	1 (4%)	0,63
Hüfte	1 (4%)	1 (4%)	0,4
OS	3 (11%)	0 (0%)	1
Knie	7 (26%)	4 (15%)	0,18
Wade	6 (22%)	0 (0%)	0,28
Achillessehne	8 (30%)	1 (4%)	0,63
OSG	0 (0%)	0 (0%)	N/A
Fußsohle	1 (4%)	1 (4%)	0,55
Schulter	1 (4%)	0 (0%)	1
<i>Laufstil n (% der Gesamtstichprobe)</i>			
Fersnläufer	30 (48%)	16 (25%)	
Mittelfußläufer	9 (14%)	3 (5%)	0,34
Vorfußläufer	5 (8%)	0 (0%)	
<i>Wettkämpfe n (% der Gesamtstichprobe)</i>			
regel. Teilnahme	43 (68%)	16 (25%)	0,07
Anzahl*	6,7 (1-40) ± 7,7	4,9 (1-30) ± 7,6	0,41

Tabelle 1: Übersicht zur Stichprobe (n=63)

Zu Tabelle 1: *Mittelwert (Spannweite) ± SD; **Median (Spannweite) ± SD; Übersicht zur Stichprobe (n=63): **Training:** *Tr.einheiten* = Anzahl Trainingsläufe pro Woche; *Schuhe* = Anzahl der verwendeten Schuhe pro Jahr; *Tr.Jahre* = seit wie vielen Jahren trainiert der Proband; **Fragen zur Motivation:** 0-4: 4=trifft sehr zu, 3=trifft zu, 2=trifft mäßig zu, 1=trifft kaum zu, 0=trifft nicht zu; *Allg.Fitness* = der Sportler läuft um seine allgemeine Fitness zu verbessern; *Abnehmen* = der Sportler läuft um sein Gewicht zu reduzieren; *Wettkampf* = der Sportler läuft um an Wettkämpfen teilzunehmen/zu gewinnen; *Work-Balance* = der Sportler läuft um einen Ausgleich zu seinem Job zu schaffen; *Wohlbefinden* = der Sportler läuft um sein Wohlbefinden zu steigern; *Gesundheit* = der Sportler läuft um seine Gesundheit zu erhalten/zu verbessern; **Problemverhalten:** Wann treten die Probleme auf; *P davor* = Schmerzen schon vor dem Laufen; *P dabei* = Schmerzen beim Laufen, *P danach* = Schmerzen nach dem Laufen; Es wurden nur Probleme berücksichtigt, die durch das Laufen entstanden sind (Variable „Laufbeding“=1 [Wahr]); Lokalisation: Wo sind hat der Läufer die Beschwerden (Mehrfachnennungen mgl.); *Laufstil:* Mit welchem Teil des Fußes kommt der Läufer zuerst auf (First-Contact); *Wettkämpfe:* Wie viel Prozent der Läufer nehmen an Wettkämpfen teil, Anzahl = Wie viele Wettkämpfe werden pro Jahr absolviert. N/A = not available, Wert konnte mit den Vorgaben nicht errechnet werden

	Beschwerden (SD±) (n=27)	keine Beschwerden (SD±) (n=36)	p	Test
Größe	1,76 (± 9)	1,76 (± 8)	0,96	t-Test
Gewicht	73,5 (± 11,8)	72,2 (± 8,6)	0,64	t-Test
Alter	40,4 (±9,4)	36,6 (± 9,4)	0,09	Wilcoxon
Tr.Einheiten	3,7 (± 0,9)	3,8 (± 1,2)	0,53	Wilcoxon
Strecke	47,9 (±25)	50,8 (± 23)	0,48	Wilcoxon
Zeit	5,3 (± 3,3)	5,6 (± 2,8)	0,37	Wilcoxon
Schuhe	3,1 (± 4)	3,4 (± 5)	0,74	Wilcoxon
Tr.Jahre	7,8 (± 7)	9 (± 9)	0,8	Wilcoxon
Allg.Fitness	4	4	0,16	Wilcoxon
Abnehmen	2	2	0,85	Wilcoxon
Wettkampf	2	2	0,36	Wilcoxon
Work-Balance	3	3	0,86	Wilcoxon
Wohlbefinden	4	4	0,58	Wilcoxon
Gesundheit	4	4	0,86	Wilcoxon
Fersenläufer	16 (59,25 %)*	30 (83,30 %)*		
Mittelfußläufer	8 (29,60 %)*	4 (11,10 %)*	0,08	Fisher
Vorfußläufer	3 (11,10 %)*	2 (5,60 %)*		
Anzahl d. Wett.	6,3 (± 9,2)	6,02 (± 6,5)	0,24	Wilcoxon

Tabelle 2: Vergleich Läufer mit/ohne Beschwerden

zu Tabelle 2: *Spaltenprozent

Geschlecht	Beschwerden	keine Beschwerden	n (%)
Männer (%)	21 (48)*	23 (52)*	44 (100)
Frauen (%)	6 (32)*	13 (68)*	19 (100)
n (%)	27 (43)*	36 (57)*	63 (100)

Tabelle 3: Beschwerdeverteilung auf die Geschlechter (p=0,28)

zu Tabelle 3: *Zeilenprozent

3.1 Charakteristika der Studienpopulation

Die Stichprobe ($n = 63$) unterteilt sich in 44 Männer und 19 Frauen. Der durchschnittliche männliche Sportler, welcher am „38. Berlin-Marathon“ teilnahm, war $180,2 \pm 6,8$ cm groß, wog $77,3 \pm 7,4$ kg und war $40,3 \pm 9,9$ Jahre alt. Die Frauen waren im Mittel $168,7 \pm 7,2$ cm groß, wogen $62,2 \pm 7,0$ kg und waren $33,6 \pm 8,0$ Jahre alt. Die teilnehmenden Männer sind signifikant älter, als ihre weiblichen Mitstreiter ($p = 0,01$). Der Durchschnittswert des BMI's für die Männer liegt bei $23,85 \text{ kg/m}^2$ ($19,58 - 33,2$) $\pm 2,5$ und bei den Frauen bei $21,84 \text{ kg/m}^2$ ($19,38 - 28,23$) $\pm 2,1$. Laut Weinecke befinden sich sowohl die Männer wie auch die Frauen im Durchschnitt im Bereich der „Normalgewichtigen“¹ (Weinecke 2007a).

Im Vergleich der Gruppe mit und ohne Beschwerden konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Größe und Gewicht festgestellt werden. Durch die Anhebung des Signifikanzniveaus auf $\alpha = 0,1$ konnte beim Alter ein Zusammenhang aufgezeigt werden. So hatten die Läufer mit Beschwerden im arithmetischen Mittel ein Alter von $40,4 (\pm 9,4)$ Jahren, wohingegen die Läufer, welche keine Beschwerden aufzeigen, $36,6 (\pm 9,4)$ Jahre alt waren ($p = 0,09$). Männer haben im Vergleich zu den Frauen signifikant mehr Beschwerden nach dem Laufen ($p = 0,04$).

3.2 Training

Im Trainingsverhalten zeigen sich zwischen Männern und Frauen die ersten Abweichungen. Bei den Trainingseinheiten pro Woche sind kaum Unterschiede zu verzeichnen ($p = 0,57$). Die Männer trainieren im Durchschnitt mit 3,9 Einheiten pro Woche und die Frauen mit 3,6. Dabei absolvieren die Männer 32,7 % mehr Trainingsumfang (Distanz in km) mit 53,6 km in der Woche im Vergleich zu 40,4 Wochenkilometer bei den Frauen ($p = 0,06$). Die dabei benötigte Zeit ist relativ identisch. So rennen die Frauen in der Stunde 8,6 km und die Männer 9,2 km. Das heißt, der für den Trainingsumfang aufgebrauchte Zeitumfang ist bei beiden Geschlechtern dementsprechend angepasst.

¹ Normalgewichtige: Männer 22-24 kg/m^2 ; Frauen 20-22 kg/m^2

Auffällig ist, dass die Männer genau doppelt so viele Paar Schuhe, mit 3,8 Paar im Jahr, für Ihr Training verwenden als die Frauen mit 1,9 Paar ($p = 0,01$). Damit wird ein Paar Herrenschuhe mit 733 km im Jahr beansprucht. Ein Frauenschuh muss für 1105 km erhalten. Dennoch haben Frauen weniger Beschwerden ($p = 0,28$). Frauen haben 25 % weniger Trainingsjahre absolviert ($p = 0,35$). Dies passt zu der Aussage, dass die Frauen im Durchschnitt 6,7 Jahre jünger sind als Ihre männlichen Mitstreiter.

Zwischen der Gruppe mit Beschwerden im Vergleich zur Gruppe ohne Beschwerden besteht kein Zusammenhang in Bezug auf die Anzahl der Trainingseinheiten, der gelaufenen Distanz pro Woche, der dafür benötigten Zeit, der Anzahl der Schuhe sowie der bereits verbrachten Trainingsjahre.

3.3 Motivation

Bei der Motivation zeigen die Geschlechter in vier der sechs Subkategorien absolute Übereinstimmung. Mit „trifft sehr zu“ wurden die Aussagen zur *allgemeinen Verbesserung der Fitness*, zur *Steigerung des Wohlbefindens* und zum *Erhalt der Gesundheit* sowohl von Männern, als auch von den Frauen gewertet. Der Aspekt *Abzunehmen* spielt jeweils eine untergeordnete Rolle. Sie wurde jeweils mit „trifft mäßig zu“ bewertet. Die einzigen Unterschiede zwischen Männern und Frauen zeigen sich bei der Motivation *einen Wettkampf zu bestreiten* ($p = 0,11$) sowie *einen Ausgleich zur Arbeit zu schaffen* ($p = 0,67$).

Für die Männer ist der Aspekt Wettkämpfe zu bestreiten im Vergleich zu den Frauen etwas vorrangiger. Der Median der Männer liegt in dieser Subkategorie bei 2,5 im Vergleich zu 2 bei den Frauen. In dieser Auswertung ist der Unterschied jedoch nicht signifikant ($p = 0,11$).

Eine Hypothese bzw. Fragestellung der vorliegenden Arbeit, dass der Aspekt des Wettkampfes bei den Männern eine stärkere Komponente als bei den Frauen spielen könnte, wurde nicht bestätigt. Für die Männer spielt es eine größere Rolle *einen Ausgleich zur Arbeit zu schaffen*, als für die Frauen ($p = 0,67$). So werteten im Median

die Männer mit vier – „trifft sehr zu“, und die Frauen mit drei – „trifft zu“ diesen Punkt. Aber auch hier ist der Unterschied nicht signifikant.

Die Motivation scheint auch auf das Entstehen von Beschwerden keinen bzw. einen zu vernachlässigbaren Einfluss zu haben.

3.4 Beschwerdeprävalenz und -verhalten

Gemessen an der Gesamtgruppe der befragten Marathonläufer zeigt sich, wie in Abb. 2: „Beschwerdeverteilung“ graphisch dargestellt, dass 43 % aller Läufer Beschwerden durch das Laufen bekommen haben. Das relative Risiko für die Männer beträgt $RR = 2,44$ ($p = 0,27$), d.h. das Risiko durch das Laufen Beschwerden zu entwickeln ist für Männern 2,44-mal so hoch wie bei den Frauen.



Abbildung 2: Beschwerdeverteilung

So klagt jeder zweite (47,7 %) männliche Marathon-Läufer (33 % der Stichprobe) über Beschwerden, wohingegen ein knappes Drittel (31,6 %) der Läuferinnen betroffen ist (10 % der Stichprobe). Die entsprechenden Angaben befinden sich in Tabelle 3 auf Seite 18. Als nächstes wurden die Probanden befragt, wann Sie Ihre Beschwerden

bekommen. Im Folgenden werden die Prozentangaben auf das jeweilige Geschlecht bezogen. Die Verteilung in Bezug auf die Gesamtstichprobe (GSP) steht in Klammern.

Die Verteilung bezüglich des Zeitpunktes des Auftretens der Beschwerden, liegt bei den Frauen mit 21 % (6 % der GSP) während des Laufens sowie 16 % (5 % der GSP) nach dem Laufen verteilt. Keine der 19 befragten Frauen gab an, vor dem Laufen einen Schmerz oder eine der typischen Symptome zu verspüren. Bei 11 % (8 % der GSP) der Männer ist bereits vor dem Laufen der Schmerz präsent. Dies bedeutet, dass diese bereits anfangen zu trainieren obwohl ein Beschwerdebild eindeutig vorliegt. Des Weiteren haben 36 % (25 % der GSP) der Befragten während des Laufens und 43 % (30 % der GSP) nach dem Laufen immer noch Ihre Beschwerden. In der Summe müssten also 74 % anstatt von 43 % durch das Laufen Probleme bekommen. Dies liegt daran, dass Mehrfachnennungen möglich waren, d.h. die Sportler welche bereits vor dem Lauf Schmerzen besaßen haben dies wahrscheinlich auch währenddessen bzw. sogar danach noch verspürt.

3.5 Schmerzlokalisierung und -intensität

Die Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Schmerzen auf die verschiedenen Körperregionen. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Läufer, welche auch angaben, durch das Laufen Probleme bekommen zu haben (n = 27). An erster Stelle steht das Knie. Wenn ein Läufer also durch die Ausübung seines Sportes Beschwerden entwickelt, so manifestieren sich diese zu 38% in diesem Bereich. An zweiter Stelle, mit einer Prävalenz von 35 % steht der Bereich der Achillessehne. Neben der Verteilung der Lokalisation ist es ebenfalls wichtig sich die durchschnittlichen Intensitäten im Vergleich anzuschauen. Zwei Bereiche stechen dabei hervor. Dies ist, wie schon zuvor in der Betrachtung der Lokalisationen, der Bereich um die Achillessehne und an zweiter Stelle das Knie. Treten in diesen Gebieten Beschwerden auf, so ist dies mit einer höheren Intensität verbunden, als z.B. im Bereich des unteren Rückens (Lx). Wie man in Abb.4 sehen kann, ist im Bereich der Achillessehne die Schmerzintensität am höchsten. Diese kann beim Auftreten von Beschwerden bis zu einem Wert von 10 auf

der NRS² ansteigen ($p < 0,01$ Wilcoxon), was einem Abbruch der Aktivität, in dem Fall des Laufens, zur Folge hat. So beträgt die Schmerzintensität für die AS im Median 7 ± 3 mit einer Spannweite von 5-10. Neben der Achillessehne ist der Kniekomplex das Symptomgebiet, in welchem die Beschwerden, im Vergleich zu den anderen, hohe Intensitäten annehmen können ($p < 0,01$; Wilcoxon).

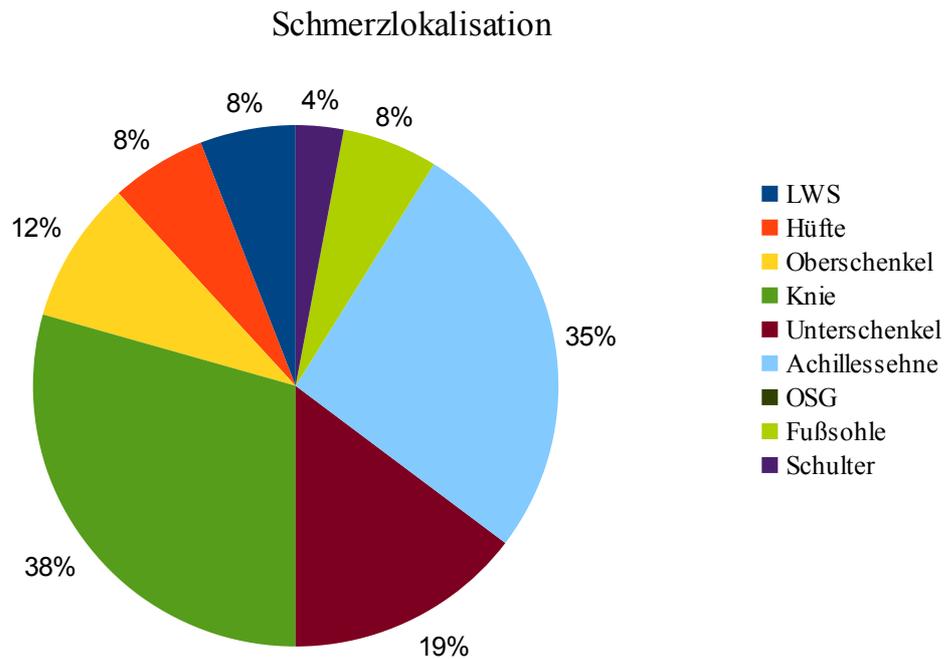


Abbildung 3: Schmerzlokalisierung

Hier beträgt der Median 4 ± 2 bei einer Spannweite von 2-6. Weitere signifikante Zusammenhänge in Bezug auf die Schmerzlokalisierung und -intensität lassen sich für die Wade ($p = 0,04$; Wilcoxon) und die Hüfte ($p = 0,03$; Wilcoxon) finden.

Zusammenfassend sind somit sowohl das Knie, als gesamtes Gelenk mit seinen intra- und periartikulären Strukturen (Hengeveld und Banks 2008), als auch die Achillessehne,

² NRS = Numeric-Rating-Scale; numerische Schmerzskala von 0-10

die beiden Bereiche am Körper eines Läufers, die am ehesten einen Schmerzmechanismus erzeugen.

Des Weiteren wird die Intensität, der in diesen Bereichen auftretenden Symptome, am stärksten bewertet. Könnte man diese beiden Bereiche schützen, unterstützen und/oder stärken, wäre dies ein möglicher Schritt zu einer anstrebenswerten Prävention.

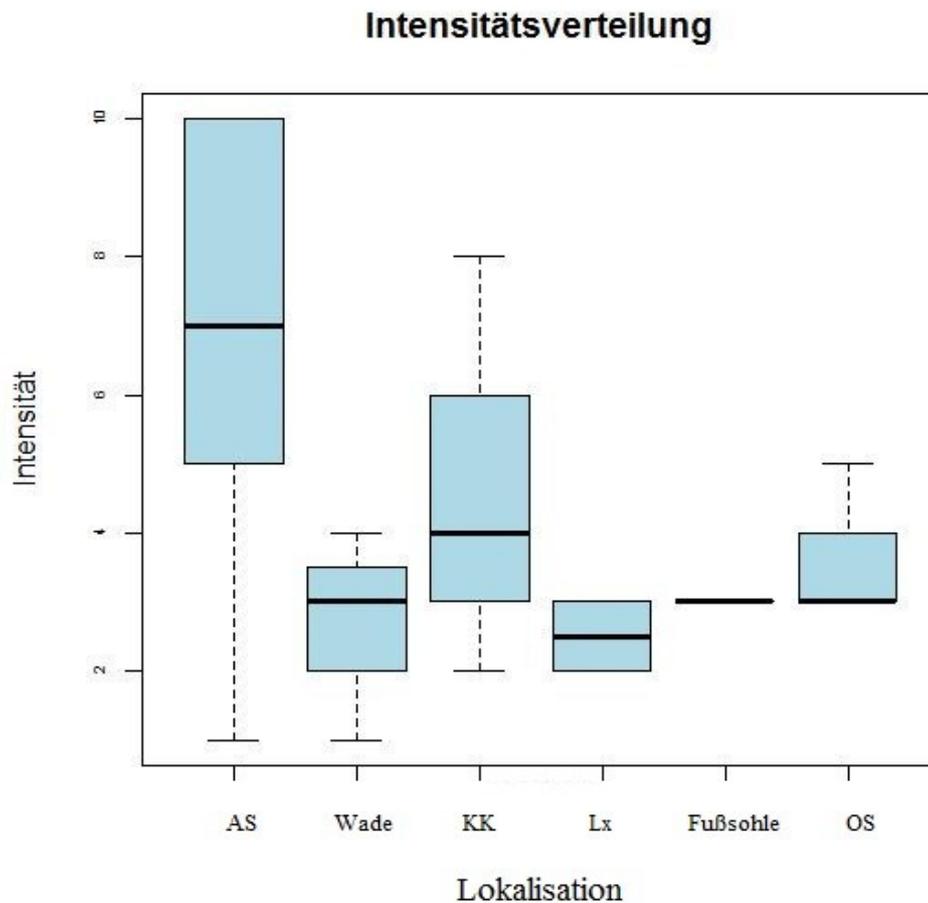


Abbildung 4: Intensitätsverteilung

Zu Abb.4: AS = Achillessehne, **Wade** = bezieht sich auf den gesamten Unterschenkel; **KK** = Kniekomplex; **Lx** = Bereich der Lendenwirbelsäule; **Fußsohle** = gesamter Bereich unter dem Fuß; **OS** = Oberschenkel

3.6 Laufstil

Im Folgenden wird das Laufverhalten ausgewertet und erörtert.

Es zeigt sich, dass die meisten Läufer (73 %), ob bewusst oder unbewusst, Rückfußläufer sind. 19 % zählen zu den Mittelfußläufern und überraschend sind immerhin 8 % der Stichprobe Vorfußläufer.

Die Anzahl der Rückfußläufer verteilt sich mit 59 % auf die Gruppe mit Beschwerden. In der gleichen Gruppe sind 29 % Mittelfußläufer und immer noch 11 % Vorfußläufer. In der Gruppe der Läufer, welche keine Beschwerden haben sind 83 % Rückfußläufer, 11 % Mittelfußläufer und 5 % Vorfußläufer. In der hier vorliegenden Arbeit besteht zwischen der Gruppe mit Beschwerden und der ohne, in Bezug auf die Art des Bodenkontaktes ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,08$). Frauen laufen zu 84 % über den Rückfuß. Die restlichen 16 % der Sportlerinnen gehören zu den Mittelfußläufern. Bei den Männern sind 68 % Rückfußläufer, 20 % Mittelfußläufer und immerhin noch 12 % Vorfußläufer.

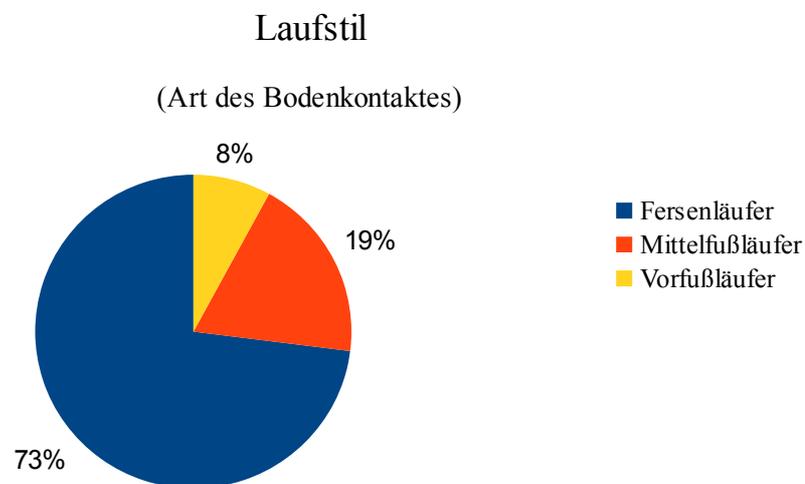


Abbildung 5: Laufstil

3.7 Wettkampfverhalten

93,7 % aller Probanden nehmen regelmäßig an Wettkämpfen teil. Dadurch, dass einige Läufer (6,3 %) zum ersten Mal einen Marathon besuchen, wurde die Bedingung für eine „regelmäßige“ Teilnahme an Wettkämpfen nicht erfüllt. So erklärt sich der Wert von 93,7 %. Männer nehmen mit 98 % im Vergleich zu den Frauen mit 84 % ($p = 0,07$) signifikant regelmäßiger an Wettkämpfen teil. Dies korreliert mit den Angaben zur Motivation, wobei die Männer diesen Punkt leicht mehr gewichten als die Frauen ($p = 0,11$). Im Mittel besuchten die Männer 6,7 Wettkämpfe pro Jahr und die Frauen 4,9 ($p = 0,24$).

4 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Im Anschluss erfolgt die Auseinandersetzung der gewonnenen Erkenntnisse vor dem Hintergrund der aktuellen wissenschaftlichen Literatur.

Hierbei geht es um das Finden möglicher Faktoren, welche sich vor allem auf die Beschwerden im Knie-Komplex sowie der Achillessehne auswirken, da diese bei den vorangegangenen Analysen als die Hauptlokalisationen von Schmerzen erkannt wurden, sowie auch sehr starke Schmerzen auf der NRS verursacht haben.

Der Bodenkontakt scheint bei einem $\alpha = 0,1$ auf die Ausprägung von Beschwerden einen möglichen Einfluss zu haben ($p = 0,08$). Ebenfalls könnte das Alter in Betracht gezogen werden ($p = 0,09$).

Daraus resultierend werden Maßnahmen einer möglichen Prävention aufgezeigt sowie Themen für denkbare weiterführende Forschungen.

Am Ende wird die vorliegende Arbeit möglichst kritisch bewertet.

4.1 Zusammenfassung und Diskussion der eigenen Ergebnisse

Laut der vorliegenden Umfrage haben 43 % der Marathonläufer Beschwerden. Dies zeigt, dass präventive Maßnahmen zur Vorbeugung in diesem Sport eine große Zielgruppe betreffen könnte und somit einen positiven Einfluss auf die Entwicklung und Ausübung des Marathon-Laufes hätte. Dabei haben Männer ein knapp 2,5-fach erhöhtes Risiko eine Verletzung zu erleiden, jedoch nicht signifikant. Männer haben mit 53,6 km pro Woche einen größeren Trainingsumfang als Frauen mit 40,4 km. Dabei kommen bei den Männern, mit 4 Paar Schuhen pro Jahr, doppelt so viele zum Einsatz, als bei den Frauen mit 2. Somit wird ein durchschnittlicher Laufschuh der Herren mit 733 km beansprucht, wohingegen ein Sportschuh der Damen im Durchschnitt für 1105 km benutzt wird. Aufgrund dieser Werte könnte man Vermuten, dass die Prävalenz der Beschwerden unter den Frauen größer ist, als bei den Männern, da sie ihre Schuhe länger beanspruchen. Als eine denkbare Erklärung, könnten diese an Dämpfung

verlieren, was wiederum Beschwerden provozieren könnte. Dennoch haben Frauen (32 %) weniger Beschwerden als Männer (48 %). Daraus könnte man vermuten, dass die Anzahl der Schuhe ein ungenügendes Maß zur Erklärung der Beschwerden darstellt. Zusätzlich sind die männlichen Teilnehmer (40,3 Jahre) signifikant älter als ihre weiblichen Mitstreiter mit 33,6 Jahre. Bei der Motivation an einem Marathon-Lauf teilzunehmen zeigten sich zwischen den Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede. Auch beim Auftreten laufbedingter Beschwerden besteht zwischen Männern und Frauen kein signifikanter Zusammenhang.

Bei der Schmerzlokalisierung fällt der Bereich der AS mit einer Prävalenz von 35 % auf, wobei Azevedo *et al.* (2011) 5-18 % angaben, sowie der KK mit 38 %. Dieser Wert stimmt mit den Angaben von Taunton *et al.* (2002) überein. Laut seiner Fall-Kontroll-Studie von Laufverletzungen liegt das Patello-Femorale-Schmerz-Syndrom (PFSS) an erster Stelle. An zweiter Stelle, mit 35 % steht, in der hier vorliegenden Arbeit, die Achillessehne. Der Unterschenkel bildet mit 19% die dritthäufigste Schmerzlokalisierung. Die Achillessehne steht bei Taunton *et al.* (2002) an siebenter Stelle. Er geht jedoch detaillierter auf die schmerzverursachenden Strukturen ein. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Lokalisation lediglich nach Gebieten unterteilt. Die Schmerzen im Bereich des Kniekomplexes können nicht in PFSS, Meniskusläsion etc. eingeteilt werden. Analog gilt dies für alle hier abgefragten Schmerzlokalisationen. Fasst man nun die von Taunton *et al.* (2002) in Symptomgebiete eingeteilte Rangliste zusammen, so ergibt dies in der Top-10 viermal den Kniekomplex (PFSS, Iliotibial band friction syndrom, Meniskusläsion und Patellatendinitis), zweimal den Unterschenkelbereich (Tibial stress syndrom, Stressfraktur Tibia), einmal den Hüftbereich (M. gluteus medius Verletzungen), einmal die Fußsohle (Plantarfasziitis), einmal Wirbelsäulenverletzungen und einmal Achillessehnenbeschwerden (Platz 7). Powers gibt an, dass das PFSS die am häufigsten vorkommende Überlastungsproblematik der unteren Extremität ist (Powers 1995). Hierbei spricht man von sogenannten „Overuse-injuries“.

Die Schmerzlokalisierung gibt in der hier vorliegenden Arbeit lediglich den Bereich wieder, in dem sich die Symptome manifestieren. Er lässt keine Rückschlüsse bezüglich

der Lokalisation der Läsion und/oder Funktionsstörung zu. So zählen zum Symptomgebiet des Unterschenkels Shin-Splints, und alle synonym verwendeten Begriffe (Bates 1985), genauso wie schmerzhaft verspannte Muskulatur und andere Schmerzquellen. Wenn es um Prävention geht, müssen die am häufigsten betroffenen Strukturen zuerst durch gezielte Maßnahmen geschützt werden, aber auch jene, welche am stärksten Beschwerden hervorrufen.

Dabei besteht ein Zusammenhang zwischen dem Bereich der AS sowie der Schmerzintensität, die nur in diesem Bereich mit einem Wert von bis zu 10 auf der NRS gewertet wurde. Der gleiche Zusammenhang besteht auch für den KK.

In der hier betrachteten Subpopulation geben 73 % an, ein Rückfußläufer zu sein, 19 % zählen sich zu den Mittelfußläufern und 8 % zu den Vorfußläufern, was nicht zu erwarten war, da es für eine Langdistanz sehr untypisch ist. In Abb.5 sieht man die Gesamtverteilung. Diese Grafik stimmt mit den Ergebnissen von Liebermann (2010) überein, welcher die prozentuale Verteilung der Rückfußläufer in Bezug auf die Langstreckenläufer mit 75-80 % angab.

Dabei sind 59 % in der Gruppe mit Beschwerden Rückfußläufer, 30 % Mittelfußläufer und 11 % Vorfußläufer. In der Gruppe ohne Beschwerden sind 83 % davon Rückfußläufer, 11,1 % Mittelfußläufer und 5,6 % Vorfußläufer. Zwischen der Art des Bodenkontaktes und dem Auftreten von Beschwerden gibt es, mit angepasstem Signifikanzniveau, einen signifikanten Zusammenhang. Dieser scheint auch einen möglichen Einfluss auf die Beschwerden in der Lx zu haben. Ebenfalls besteht ein signifikanter Zusammenhang bezüglich des Alters und dem auftreten von Beschwerden.

Faktoren wie Gewicht, Anzahl der Trainingseinheiten pro Woche, Wochenkilometer, Geschwindigkeit, Anzahl der Schuhe, Motivation und Anzahl der bestrittenen Wettkämpfe pro Jahr sind in der hier vorliegenden Arbeit keine Erklärungen für das Auftreten von Beschwerden. Lediglich das Alter und die Art des Bodenkontaktes könnten dazu Erklärungen liefern. Dies kann jedoch nur vermutet werden, da der Einfluss des Zufalls zu groß ist.

Dennoch kann gesagt werden, dass das auftreten von Beschwerden im Allgemeinen beim „Berlin-Marathon 2011“ nicht abhängig war vom Geschlecht, von der Größe oder dem Gewicht der Läufer, von deren Trainingseinheiten, Trainingsumfang, der Schuhanzahl, der Motivation und der Anzahl der Wettkämpfe welcher der Sportler pro Jahr bestreitet. So könnte man Annehmen, dass sich eine natürliche Selektion vollzieht. Ein Sportler mit erhöhtem BMI würde sich eventuell andere Sportarten aussuchen, als das Laufen. Des weiteren könnte man Vermuten, dass durch den erhöhten Kalorienverbrauch aufgrund des Trainings eine Gewichtsreduktion erfolgt. Somit würde sich der BMI in der Wettkampfphase normalisiert haben. Trainingsumfang und die Anzahl der Trainingseinheiten könnten ebenfalls selbstregulierende Faktoren sein. Es wäre denkbar, dass ein Läufer, mit leichten Beschwerden, gar nicht in der Lage ist, sein Trainingspensum zu steigern oder es sogar reduziert. Dies wäre eine mögliche Erklärung, warum kein Zusammenhang zwischen diesen beiden Parametern, bezüglich dem Auftreten von Beschwerden, festgestellt werden konnte. Es scheint, dass die hier erhobenen Parameter nicht ausreichen bzw. zu allgemein gehalten wurden, um die Inzidenz von Beschwerden unter Marathonläufern zu erklären. Darüber hinaus könnte man Vermuten, dass extrinsische Faktoren wie z.B. Trainingsumfang, Trainingsfrequenz, Anzahl der Schuhe, also alle die, welche sich der Sportler selber vorgibt, gegenüber intrinsischen Faktoren, wie die Gewohnheit des Bodenkontaktes und das Alter, weniger Einfluss auf die Inzidenz von Beschwerden haben.

Denn lediglich das Alter und die Art des Bodenkontaktes könnten, in der hier vorliegenden Arbeit, einen möglichen Ansatz zu Erklärung bieten. Die Zusammenhänge, welche zu Beschwerden führen, scheinen somit komplexer zu sein, als zuerst vermutet. Um mögliche Zusammenhänge zu finden, wurden im Anschluss die Ergebnisse mit der Literatur verglichen und nach weiterführenden Erklärungsmöglichkeiten gesucht.

4.2 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

4.2.1 Der Kniekomplex

Da dieser Komplex mit einer Prävalenz von 38 % auffiel, wurde in der Literatur nach möglichen Erklärungen gesucht. Zu diesem Kniekomplex (KK) zählt sowohl das Tibio-Femoral- (TFG) als auch das Patello-Femoral-Gelenk/ -Gleitlager (PFG).

Es zeigt sich, dass die soeben aufgeführten Gelenke beim Laufen hohen Kräften ausgesetzt sind. So beträgt der durchschnittliche Kompressionsdruck im PFG um das 10,38-fache (SD 1,93) des eigenen Körpergewichtes (Messier 2008).

Um zu untersuchen, welche Faktoren zu Kniebeschwerden führen können, wurde als Hypothese aufgestellt, dass die Anzahl der Schuhe, welche ein Athlet pro Jahr verwendet, einen Einfluss haben könnte, da eine Auswirkung auf die Dämpfungseigenschaften und somit eine Veränderung des Bodenkontaktes denkbar wäre und dieser auf die allgemeine Inzidenz von laufbedingten Beschwerden ($p = 0,08$) einen möglichen Einfluss hat (s. Tab. 2, S. 18). So wurde angenommen, wenn ein Sportler sein Schuhwerk regelmäßig wechselt bzw. erneuert hat dieses im Vergleich zu einem länger Getragenen, andere Eigenschaften in Bezug auf die Schockabsorption. Würde dies einen Einfluss, in irgendeiner Richtung, auf die Inzidenz von Beschwerden haben, so müsste ein Zusammenhang in der Untersuchung darstellbar sein. Weiterhin liegt die Vermutung nahe, dass durch die angenommene Änderung der Dämpfungseigenschaften, sich auch das Abrollverhalten bzw. auch der IK verändert und somit auch die Krafteinwirkung auf proximaler gelegene Gelenke.

Es wäre denkbar, dass sich mehr Schuhe positiv auswirken, da sie wie oben bereits erwähnt, durch die geringere Beanspruchung pro Paar, bessere Dämpfungseigenschaften besitzen, die wiederum dazu führen könnten, dass sich die einwirkenden Kräfte in einem geringeren Maße auf die Belastung der Gelenke auswirken. Des Weiteren wäre denkbar, dass mit steigender Schuhanzahl, der Fuß bzw. die gesamte kinetische Kette einer erhöhten Varianz an Trainingsreizen ausgesetzt ist, welche den Körper zu regelmäßigen Adaptionen zwingen und somit die Kompensationsfähigkeit auf

wechselnde Bedingungen fördern. Ob sich dies positiv oder negativ auf die Inzidenz von Beschwerden auswirkt soll als nächstes Gegenstand der Untersuchung sein.

So wurde der Zusammenhang für die Variable „Schuhe“ (Anzahl der verwendeten Schuhe pro Jahr) mit der Variablen „Kniebeschwerden“ untersucht. Der Wilcoxon-Test ergab folgendes Ergebnis: $W = 464$; $p = 0,74$. Somit konnte in der hier vorliegenden Untersuchung kein signifikanter Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen festgestellt werden.

Da die Frauen, in der hier untersuchten Population, signifikant weniger Schuhe verbrauchten als die Männer ($p = 0,01$), könnte man vermuten, wenn dies einen Einfluss auf die Kniebeschwerden hat, müsste sich auch im Vergleich der Prävalenz von diesen ein Unterschied zwischen den Geschlechtern zu finden sein. Bei Auswertung der vorliegenden Ergebnisse konnte ein Unterschied bezüglich der Prävalenz von Kniebeschwerden bei Männern mit 7 (26 %) und bei Frauen mit 4 (15 %) gemessen werden ($p = 0,18$), was einem $RR = 0,4$ entspricht. Dies bedeutet, dass Männer ein 0,4-mal so hohes Risiko besitzen wie Frauen Kniebeschwerden zu erleiden. Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant. Es besteht allerdings die Annahme, dass bei größerer Stichprobe eine Signifikanz zu erwarten ist.

Die Anzahl der Schuhe könnte folglich ein unzureichendes und zu allgemein gehaltenes Maß sein, um Rückschlüsse bezüglich der Dämpfungseigenschaften zu liefern. Detailliertere Information wie z.B. Schuhe mit oder ohne „Pronationskeil“, mit/ohne Rückfußkopplung/-entkopplung, Art des Dämpfungsmechanismus (Gel, Federn, Schaumstoff etc.) usw. wären sinnvolle Parameter, welche für weitere Untersuchungen zu erheben wären.

Eine Empfehlung bezüglich der Anzahl der zu verwendeten Schuhe kann aufgrund der hier vorliegenden Ergebnisse leider nicht getroffen werden, da sie keinen Einfluss auf die Kniebeschwerden zu haben scheinen.

Aufgrund der Literatur wird dennoch vermutet, dass die Krafteinwirkung, auf den Fuß eine wichtige Rolle für das Auftreten von Beschwerden spielt.

So sagen Nordin und Frankel, dass beim Gehen das Fünffache des Körpergewichts wirkt und der Fuß beim Laufen sogar mit bis zum vierzehnfachen des Körpergewichts belastet wird (Nordin und Frankel 2001). Morrison hingegen behauptet, dass bei jedem Schritt während des Rennens Kräfte von bis zum Sechsfachen des Körpergewichts auf das betroffene Bein einwirken (Morrison 1970). Liebermann (2010) hingegen beschrieb in seinen Messungen eine Kraftereinwirkung vom 1,5-3-fachen des Körpergewichts bei Rückfußläufern. Die Werte schwanken also zwischen dem 1,5 (Liebermann 2010) und 14-fachen (Nordin und Frankel 2001). Dennoch wird deutlich, dass während des Laufens große Kräfte auf den Fuß einwirken können.

Gehen wir von einem durchschnittlichen, männlichen Marathonläufer von unserer Stichprobe aus, der mit einem durchschnittlichen Gewicht von 77,4 kg, 3,9 Trainingseinheiten pro Woche sowie einem Umfang von 53,6 km, so wird dieser eine kalkulierte Zeit von ca. 4 h für die 42,195 km benötigen. Dies errechnet sich aus der Zeittabelle von Steffny, wo Zielzeit, Umfang und Renntempo im Zusammenhang dargestellt sind (Steffny 2008). Dies entspricht einer Geschwindigkeit von 10,7 km/h (2,9 m/s). Nehmen wir die Untersuchung von Elliot zu Grunde, bei der ein männlicher Läufer bei einer Geschwindigkeit von 2,5 m/s bzw. 3,5 m/s eine Schrittlänge von jeweils 0,97 m bzw. 1,3 m hätte (Elliot 1979), so entspricht dies einer Gesamtanzahl der Bodenkontakte von 43500 bzw. 32457, also 21750, beziehungsweise 16229 Mal pro Seite/ pro Bein. Dabei würde bei jedem Schritt ein Gewicht zwischen 116 kg und 1084 kg auf die UEX wirken.

Bei solch hohen Werten wäre anzunehmen, dass einer optimalen Kraftverteilung eine hohe Bedeutung zukommt.

Diese fängt beim Fuß, in dem Augenblick an, wo er den Boden berührt. Somit wäre es denkbar, dass die Stellung des Fußes zum Zeitpunkt der Landung einen großen Einfluss auf die weitere Kraftverteilung haben könnte und somit auch auf die Inzidenz von Kniebeschwerden. Durch die Adjustierung des Signifikanzniveaus auf $\alpha = 0,1$ wäre nach dem exakten Test nach Fisher die Art des Bodenkontaktes ein möglicher Faktor, der zu Beschwerden im Allgemeinen führt ($p = 0,08$). In dieser Richtung weiter zu forschen wäre ein möglicher Ansatz. Für den KK konnte jedoch kein signifikanter

Zusammenhang zwischen dem Bodenkontakt und Beschwerden in diesem Bereich gezeigt werden ($p = 0,4$).

Dennoch konnte in Bezug auf die hohe Krafteinwirkung auf die UEX Thijs *et al.* zeigen, dass die vertikale Maximalkraft am lateralen Calcaneus ein guter Prädiktor für die Entwicklung eines PFSS darstellt (Thijs 2008).

Des Weiteren fällt auf, dass bei der Analyse der Symptomlokalisationen sowohl der Knie-Komplex als auch die Achillessehne mit einer Prävalenz von 38 % bzw. 35 % herausragen. Wie Azevedo *et al.* (2011) zeigen konnte, haben Läufer mit Achillessehnenbeschwerden einen signifikant ($p = 0,011$) geringeren Grad an Knie-Flexion zwischen dem Fersenkontakt (IK) und der Mid-Stance-Phase, was eine Wechselwirkung beider Lokalisationen vermuten, jedoch keine Kausalität erkennen lässt. Des Weiteren zeigte er eine reduzierte Muskelaktivität vom M. tibialis anterior, M. rectus femoris und des M. gluteus medius (Azevedo 2011).

Letztgenannter hat eine wichtige Funktion als Beckenstabilisator in der Frontalebene. Seine Hauptaufgabe ist die Abduktion im Hüftgelenk. Zusätzlich erzeugt sein vorderer Anteil eine Flexion, Innenrotation und sein hinterer Anteil eine Extension, Außenrotation. Innerviert wird dieser vom Segment L4-S1. Genau in diesem Segment (L5-S1) fand Dimitriadis *et al.* die größte Degeneration bei Läufern (Dimitriadis 2011). Bei einer geminderten Aktivität der Außenrotatoren bzw. unzureichender Beweglichkeit der Außenrotation im Hüftgelenk, woran der M. gluteus medius einen entscheidenden Anteil hat, kommt es zu einer vermehrten Adduktion sowie Innenrotation des Femurs im Art. coxae (Hüftgelenk). Dies hat eine Vergrößerung des Q-Winkels zur Folge (McConnell 2006). Unter diesem Winkel ist der „Quadrizeps-Winkel“ zu verstehen (Westerhuis und Wiesner 2011b). Dieser wird durch die Zugrichtung des Quadrizeps und des Lig. patellae gebildet. Ist dieser vergrößert, kommt es zu einer Lateralisierung der Patella (Chen 2010), was wiederum zu einem Patello-Femorale-Schmerzsyndrom (PFSS) führen kann. Messier *et al.* fand heraus, dass ein Q-Winkel über 16° mit anterioren Knieschmerzen einhergeht (Messier 1991).

Hierbei zeigt sich das mögliche komplexe Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Zusammenfassend kann man also sagen, dass die UEX einer hohen Krafteinwirkung

ausgesetzt ist (Nordin und Frankel 2001, Morrison 1970, Liebermann 2010), das die vertikal wirkende Maximalkraft am lateralen Calcaneus ein guter Prädiktor für die Ausbildung eines PFSS ist (Thijs 2008), das Veränderungen, wie z.B. eine eingeschränkte Knie-Flexion mit Achillessehnenbeschwerden einhergeht ($p = 0,011$) und es ebenfalls zu einer Reduktion der Aktivität des M. rectus femoris, des M. tibialis anterior und des M. gluteus medius kommt (Azevedo 2011), was eine Vergrößerung des Q-Winkels provozieren könnte (Mc Hugh 2012), der bei über 16° Ausprägung mit anterioren Knieschmerzen einhergeht (Messier 1991) und zu einer Lateralisierung der Patella beiträgt (Chen 2010). Ebenfalls wird der M. gluteus medius unter anderem aus dem Segment (L5-S1) versorgt, wo bei Läufern nach 1h laufen die größte Degeneration zu finden ist (Dimitriadis 2011). Die Anzahl der Schuhe ($p = 0,74$) sowie die Art des Bodenkontaktes ($p = 0,4$) haben auf diesen Symptomkomplex keinen feststellbaren Einfluss.

Es ist also anzunehmen, dass sich verschiedene Bereiche gegenseitig beeinflussen. So sollen im Folgenden denkbare Faktoren betrachtet werden, welche zu Achillessehnenbeschwerden führen können und ihre möglichen Wechselbeziehungen mit dem Kniekomplex dargestellt werden.

4.2.2 Schmerzlokalisierung Achillessehne

Da der Bodenkontakt mit dem Auftreten laufbedingter Beschwerden im Allgemeinen zusammenhängt ($p = 0,08$), wurden auch für diesen Bereich, wie schon zuvor für den KK, mögliche Faktoren als Erklärung in Betracht gezogen. Als ein möglicher Faktor, der den Bodenkontakt beeinflusst, könnte auch hier die Schuhanzahl betrachtet werden. Ein Schuh der lange getragen wurde, verliert möglicherweise seine Dämpfungseigenschaften. Gerade diese veranlassen jedoch laut Liebermann *et al.* (2010) den Läufer mit der Ferse zuerst aufzukommen. Somit könnte sich ein möglicher Zusammenhang zwischen der Schuhanzahl und der Art des Bodenkontaktes zeigen. Fehlt diese Dämpfung, wie dies bei gewohnheitsmäßigen Barfußläufern der Fall ist, so entwickelt der Sportler oft einen Vorfuß-Laufstil,

manchmal einen Mittelfuß-Laufstil und sehr selten einen Rückfuß-Laufstil. Liebermann zeigte, dass bei einem Vorfuß-Läufer geringere Kollisions-Kräfte (Engl.: collision-forces) wirken, welche auf einen eher plantar-flektierten Fuß, und somit einer besseren Funktion des Art. thalo-crurale, zum Zeitpunkt der Landung zurückzuführen sind.

Es gibt also mögliche Hinweise, die den Einfluss der Schuhanzahl auf das Auftreten von AS-Beschwerden erklären könnten. Aufgrund des adjustierten Signifikanzniveaus konnte tatsächlich ein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden (Wilcoxon-Test: $W = 153$; $p = 0,06$). Es wäre also anzunehmen, dass sich bei einer größeren Stichprobe ein deutlicher ($p < 0,05$) signifikanter Zusammenhang darstellen lassen würde.

Da es auch einen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen bezüglich der Anzahl der Schuhe ($p = 0,01$, s. Tabelle 1, S.17) gibt und die Schuhanzahl mit AS zusammenhängt ($p = 0,06$) müsste es auch einen Unterschied zwischen der Prävalenz von AS-Beschwerden zwischen Männern und Frauen geben. So benutzen männliche Läufer mit 3,8 doppelt so viele Paar Schuhe wie Frauen mit 1,9 pro Jahr. Da sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen bezüglich der Achillessehnenbeschwerden zeigt ($p = 0,63$), ist dies ein Hinweis dafür, dass die Schuhanzahl sich nicht auf die Entwicklung von Achillessehnenbeschwerden auswirkt.

Somit kann mit den momentan hier vorliegenden Daten, auch hier keine Empfehlung gegeben werden. Ebenfalls wäre es hier jedoch sinnvoll weiterführende Untersuchungen anzuschließen.

In Bezug auf die Achillessehnenbeschwerden beträgt das relative Risiko bei Männern $RR = 1,77$. Männer besitzen also ein 1,8-faches Risiko Achillessehnenbeschwerden zu entwickeln, jedoch nicht statistisch signifikant ($p = 0,63$).

Stergiou *et al.* untersuchte den Einfluss der auftretenden Kräfte beim IK. Er stellte fest, dass es durch die Erhöhung der vertikalen Maximalkraft zu einer schnellen Pronation während der ersten Standbeinphase kommt (Stergiou 2003). Dies stört den normalen Ablauf zwischen Art. subthalar und Art. genu (Pronation und Knie-Flexion begleitet von einer Innenrotation der Tibia / Supination und Knie-Extension begleitet von einer Außenrotation). Diese zeitige Pronation führt zu einer schnellen Gegenbewegung, der

Supination. Dies passiert während sich das Knie noch beugt. Da eine Supination im Subthalgelenk und eine Kniebeugung, in Bezug auf die Tibiarotation, gegensätzliche Bewegungen sind kommt es über die Anzahl der Wiederholungen, was beim Laufen der Fall ist, zu einem vermehrten Stress auf die untere Extremität (Stergiou 2003).

Auch hier zeigt sich in mechanischer Betrachtungsweise ein Zusammenhang zwischen dem Fuß und dem Kniekomplex und könnte als Hinweis darauf gewertet werden, dass beide Schmerzlokalisationen sich gegenseitig beeinflussen und auch in der hier vorliegenden Untersuchung in Ihrer Prävalenz an erster und zweiter Stelle stehen.

Somit wäre ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Achillessehnen- und Kniebeschwerden denkbar. Da es sich bei den Variablen „Schmerzlokalisierung Knie“ sowie „Schmerzlokalisierung Achillessehne“ um qualitative Variablen handelt, wird der Zusammenhang mittels einer zweidimensionalen Kreuztabelle untersucht. Der Einfluss von Achillessehnenbeschwerden auf das Vorhandensein von Kniebeschwerden kann anhand der Kreuztabelle vermutet werden, da sich die prozentualen Häufigkeiten unterscheiden. Nun wird überprüft ob beide Variablen unabhängig voneinander sind. Dazu werden mittels bereits erwähnter Statistiksoftware der Chi-Quadrat-Test und der exakte Test nach Fisher.

Der Chi²-Test ergab ein p von 0,16 ($p = 0,16$) und der exakte Test nach Fisher ein p von 0,23 ($p = 0,23$). Damit konnte in dieser Untersuchung ein statistischer Zusammenhang zwischen Achillessehnenbeschwerden und Kniebeschwerden zwar theoretisch vermutet, jedoch nicht bestätigt werden. Es ist anzunehmen, dass evtl. eine höhere Stichprobe eine Signifikanz aufzeigen könnte. Dennoch zeigt die Literatur, dass die Intensität der auf den Fuß wirkenden Kräfte zu patho-mechanischen Anpassungsreaktionen führt. Diese scheinen jedoch komplexer zu sein, als zuerst vermutet. Auch in Bezug auf die Achillessehnenbeschwerden konnte kein Zusammenhang auf die Art des Bodenkontaktes festgestellt werden ($p = 0,45$). Da es sich jedoch bei der Erhebung dieser Parameter um rein subjektive Angaben handelte, könnte man annehmen, dass eine mögliche Beziehung der Parameter „Bodenkontakt“ und „laufbedingte Beschwerden“ dadurch nicht festgestellt werden konnte. Eine mögliche Lösung wäre

die Beurteilung durch eine Analyse von Video-Aufzeichnungen nach festgelegten Parametern.

Dass es im Gegensatz zu den hier gewonnenen Ergebnissen dennoch einen Bezug beider Variablen gibt, lässt sich in der Literatur finden. Hier liefert Liebermann *et al.* eine mögliche Erklärung. Denn bei einem Rückfußläufer treten große Kräfte auf, welche sich schnell im Körper ausbreiten (Liebermann 2010). Diese tragen höchst wahrscheinlich mit zum Auftreten von Verletzungen bei Marathon-Läufern bei (van Gent 2007).

Dass die Art des Bodenkontaktes für die Ausprägung von Achillessehnschmerzen eine wichtige Bedeutung hat, zeigte auch Ryan *et al.* (2009). So haben Läufer mit Beschwerden in diesem Bereich signifikant ($p = 0,04$) mehr Eversion (Hyperpronation). Im Gegensatz dazu stellen ein eher laterales Abrollverhalten (Supination) nach dem Aufsetzen der Ferse und eine reduzierte Vortriebskraft unter dem Fuß, laut Van Ginckel *et al.*, intrinsische Risikofaktoren für das Auftreten von Achillessehnenbeschwerden dar (Van Ginckel 2009). Auch die Aktivität des *M. gastrocnemius* ist bei diesen Läufern gehemmt. So kommt es zu einer Reduzierung der Muskelaktivität im EMG um bis zu 25 % im Vergleich zu Läufern ohne Achillessehnenbeschwerden. Dies könnte dazu führen, dass das Subthalgelenk nicht ausreichend stabilisiert wird (Baur 2011). Eine Kausalität lässt sich auch hier schlecht beurteilen.

Somit bleibt es unklar, ob die verringerte Aktivität eine Folge oder die Ursache für Achillessehnenbeschwerden ist.

Eine weitere mögliche Erklärung für das Auftreten von Achillessehnenbeschwerden liefert Farris *et al.* (2011). Er geht, genau wie Wilson und Goodship (1994) davon aus, dass während des Rennens Energie in der Achillessehne gespeichert wird. Da diese aber nicht absolut elastisch ist, wird beim Abstoßen nicht die gesamte, bei der Verlängerung, gespeicherte Energie abgegeben. Die Energiedifferenz wird als Wärme frei. Wilson und Goodship berechneten den Anstieg der Wärme im Zentrum der oberflächlichen Zehenflexoren auf bis zu 43 °C – allerdings bei Pferden. Sie übertrugen Ihr Modell auf den Menschen und kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Aufgrund neuer technischer Möglichkeiten überprüften Farris *et al.* diese Berechnung *in vivo*. Sie konnten eine

Erhitzung auf 38-44 °C (Farris 2011) feststellen und nehmen an, dass diese Erwärmung als ein potentieller Grund für Achillessehnenbeschwerden angesehen werden kann.

Die Literatur ist sich jedoch in einem Punkt überwiegend einig. Der Mechanismus, welcher der degenerativen Veränderung der Achillessehne zugrunde liegt, ist noch nicht gut genug erforscht und wird unzureichend verstanden.

Wenn ein Sportler bereits Achillessehnenbeschwerden aufweist, hat dies auch auf weitere Bereiche des Bewegungsapparates Auswirkungen, die am Laufen beteiligt sind. Wie bereits erwähnt, konnte Azevado *et al.* zeigen, dass diese Läufer einen signifikant geringeren ($p = 0,011$) Kniebeugewinkel in der Standbeinphase besitzen und der M. gluteus medius inaktiver ist, als bei Läufern ohne Achillessehnenbeschwerden. Dies führte wiederum zu einer vermehrten Adduktion/Innenrotation, was in einem vergrößerten Q-Winkel resultiert und somit die Lateralisierung der Patella provoziert (s.4.2.1 Der Kniekomplex, S. 31). Durch den zusätzlich verringerten Kniebeugewinkel ist anzunehmen, dass die Patella umso besser nach lateral verschiebbar ist, da sie keinen guten Halt im Patello-Femorale-Gleitlager besitzt. Daraus kann geschlossen werden, dass es einen Zusammenhang zwischen Achillessehnenbeschwerden und Kniebeschwerden in der vorliegenden Umfrage geben könnte.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Dämpfung des Schuhs einen möglichen Einfluss auf die Art des Bodenkontaktes hat. Je größer die Dämpfung, desto eher entwickelt der Läufer einen Rückfußlaufstil, bei welchem auf die UEX größere Kräfte wirken, als bei einem Vorfußläufer (Liebermann 2010). Ein Hinweis in der vorliegenden Untersuchung wäre der signifikante Zusammenhang zwischen der Schuhanzahl und dem Auftreten von AS-Beschwerden ($p = 0,06$). So sorgt der Rückfußlaufstil für eine nicht optimale Funktion des Art. thalo-crurale und Art. subthalare (Liebermann 2010). Dies könnte zusätzlich durch eine, bei Läufern mit AS-Beschwerden vorliegende, Hemmung des M. gastrocnemius und der dadurch unzureichenden Stabilisierung dieses Gelenkes, begünstigt werden (Baur 2011). Diese unzureichende Stabilität könnte auch ein möglicher Faktor für die signifikant stärkere Eversion ($p = 0,04$) bei Läufern mit AS-Beschwerden sein (Ryan 2009). Die Art des Bodenkontaktes hatte in der hier vorliegenden Arbeit keinen Einfluss auf diese ($p = 0,45$). Je stärker die Kräfte sind, die

auf die UEX einwirken, welche einen großen Einfluss auf das Auftreten von Verletzungen unter Marathonläufern haben (van Gent 2007), kommt es zu einer schnelleren Pronation, was wiederum einen verstärkten Stress auf die UEX gibt (Stergiou 2003). Dennoch war es nicht möglich einen Zusammenhang zwischen Beschwerden im KK und der AS nachzuweisen ($p = 0,23$). Ein zusätzlicher Faktor für das Auftreten von AS-Beschwerden könnte die Erwärmung dieser sein (Wilson und Goodship 1994, Farris 2011)

Als nächstes wurde untersucht, ob es auch einen Zusammenhang zwischen dem Bodenkontakt und der Schmerzlokalisierung gibt. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 auf S.42 dargestellt. In dieser Arbeit ist es nur möglich einen statistisch signifikanten Zusammenhang in Bezug auf die Lendenwirbelsäule nachzuweisen ($p = 0,02$).

4.2.3 Schmerzen im Rücken – Die Lendenwirbelsäule

Eine mögliche Erklärung, warum es in diesem Bereich zu einer Symptomausbreitung kommt könnte eine bereits nach 1h rennen bedingte signifikante Reduktion ($p = 0,001$) der Bandscheibenhöhe geben (Dimitriadis 2011). Dabei ist anzunehmen, dass die Zygapophysealgelenke vermehrt unter Stress gesetzt werden und der Durchmesser der Foramen zusätzlich abnimmt, was eine Nervenaffektion auslösen kann. Der durchschnittliche Unterschied im Vorher-Nacher-Vergleich, gemessen in neutral, flexorischer und extensorischer Position beträgt laut Dimitriadis $5,17 \pm 5,8$ mm. Wobei die stärkste Degeneration im Segment L5-S1 zu finden ist. Ob es sich bei Läufern welche hier befragt wurden ebenfalls um eine Degeneration der Bandscheibe handelt, kann nicht beantwortet werden. Ebenfalls denkbar wäre natürlich eine entsprechende Adaptation der Bandscheibe an die Belastung. Dazu müssen weitere Studien durchgeführt werden.

Die Entwicklung von Rückenschmerzen hängt, wie in Tabelle 4, dargestellt, mit der Art des Bodenkontaktes zusammen ($p = 0,02$).

Wiederrum hat die Prävalenz von Rückenschmerzen Einfluss auf die Becken-Rumpf-Koordination sowie die Becken-Rumpf-Koordination-Variabilität (Seay 2011).

Weiterhin konnte auch gezeigt werden, dass bereits das einmalige Vorhandensein von unteren Rückenschmerzen, welche aber aktuell seit mehr als 6 Monaten asymptomatisch sind, dennoch einen bleibenden Einfluss auf den Bewegungsablauf zwischen Rumpf und Becken haben. So konnten Seay *et al.* zeigen, dass sich zum einen die Bewegungen in Rumpf und Becken in allen Ebenen (frontal, sagittal, transversal) mit steigender Geschwindigkeit veränderten. So wurden die Bewegungen in der Sagittal-Ebene weniger, nahmen aber dafür in der Frontal-Ebene zu.

In der Transversal-Ebene war die Veränderung davon abhängig, wie nah sich der Proband an seiner Wohlfühlgeschwindigkeit befand und war dort auch am geringsten. Die Bewegungen nahmen sofort zu, sobald sich die Geschwindigkeit erhöhte oder verminderte.

Eine weitere wichtige Beobachtung von Seay *et al.* ist die, dass Läufer mit Rückenschmerzen sich eher in einer gleichsinnigen (in-phase) Becken-Rumpf-Koordination bewegen als Athleten welche noch nie Rückenschmerzen hatten. Das bedeutet, dass die Richtung der Rotation von Becken und Oberkörper gleichsinnig verhält.

Auch zeigten sie mehr in-phase Koordination als die Gruppe, welche schon einmal Rückenbeschwerden hatten, aber momentan seit mindestens 6 Monaten ohne Beschwerden laufen können. Jedoch zeigten beide Gruppen eine erhöhte in-phase Koordination während des Laufens im Vergleich zu der Gruppe welche noch nie Rückenschmerzen entwickelten.

Dies bedeutet, dass sich bei der Prävalenz von Rückenschmerzen die Verdrehung der Lx vermindert und weniger Rotation stattfindet. Dies beschreibt Seay *et al.* als eine „guarded position“ - eine Schutzhaltung. Aber auch die Anpassungsfähigkeit der Rumpf-Becken-Bewegung ist in der Gruppe mit Rückenschmerzen eingeschränkt. Dies wirft die Idee auf, dass Läufer mit Beschwerden im Bereich der Lx weniger in der Lage sind, durch die o.g. verminderte Variabilität in der Becken-Rumpf-Koordination, sich dem Untergrund (Bodenbeschaffenheit, Gefälle etc.) anzupassen und somit durch die Unfähigkeit der Kompensation andere Elemente der kinetischen Kette der Gefahr der Überlastung ausgesetzt sind. Diese Hypothese konnte mit dem vorliegenden

Datenmaterial nicht bestätigt werden, da kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Rückenschmerzen und dem Auftreten von Achillessehnenbeschwerden bzw. Kniebeschwerden besteht.

Des Weiteren passen diese Ergebnisse zu denen von Nadler *et al.*, welche nachweisen konnten, dass Athleten welche im vorangegangenen Jahr Rückenschmerzen hatten, im Pendellauf signifikant ($p = 0,0002$) länger brauchten als Athleten ohne Beschwerden (Nadler 2002). Das Ergebnis ist jedoch nicht auf Langstreckenläufer zu übertragen, da es sich dabei um einen vollkommen anderen Bewegungsablauf bzw. eine andere Beanspruchung handelt. Dennoch wird beim Richtungswechsel im Pendellauf die Rotationsfähigkeit der Lx gefordert.

Beschwerde- lokalisation	Beschwerden	Bodenkontakt absolut (relativ %)			p-Wert (Fisher)
		Rückfuß	Mittelfuß	Vorfuß	
Achillessehne	Nein	40 (64)	9 (14)	5 (8)	0,45
	Ja	6 (10)	3 (5)	0 (0)	
Knie	Nein	38 (60)	8 (13)	4 (6)	0,44
	Ja	8 (13)	4 (6)	1 (2)	
Lx	Nein	45 (71)	12 (19)	3 (5)	0,02
	Ja	1 (2)	0 (0)	2 (3)	
Oberschenkel	Nein	45 (71)	11 (18)	4 (6)	0,09
	Ja	1 (2)	1 (2)	1 (2)	
Wade	Nein	43 (68)	10 (16)	4 (6)	0,22
	Ja	3 (5)	2 (3)	1 (2)	

Tabelle 4: Zusammenhänge Bodenkontakt und Schmerzlokalisierung

Da diese, wie Seay *et al.* (s.o.) postulierte, bei Läufern mit Rückenbeschwerden oder einer entsprechenden Vorgeschichte, eingeschränkt ist, passt dies zu dem Ergebnis von Nadler *et al.* Einen weiteren Einfluss auf die Rückenschmerzen hat das Gewicht der Läufer ($p = 0,02$). Von allen Läufern, welche durch das Laufen Komplikationen

entwickelten ($n = 27$), hatten lediglich zwei ($\text{BMI} > 26$) über Rückenprobleme berichtet. Alle anderen Probanden ($\text{BMI} < 26$), hatten keine Rückenschmerzen. Dadurch war die Berechnung eines RR nicht möglich. So wäre anzunehmen, dass es ab einem $\text{BMI} > 26$ zur Manifestation von Rückenschmerzen kommen kann. Aufgrund der mangelnden Datenlage ist dies jedoch weiter zu untersuchen. Zusammenfassend könnten mögliche Erklärungen für Beschwerden im Bereich Lx die Reduktion der Bandscheibenhöhe sein (Dimitriadis 2011), was zu einem verstärktem Stress auf die Z-Gelenke führen könnte, sowie zu einer Nervenwurzelaffektion. In der Geschichte des Läufers aufgetretene Schmerzen im Bereich der Lx, kommt es zu einer Veränderung der Becken-Rumpf-Koordination, sowie der Becken-Rumpf-Variabilität (Seay 2011). Auch im Pendellauf konnte gezeigt werden, dass sich ein ehemals vorhandener Rückenschmerz auf die Leistung, bezogen auf die Zeit ($p = 0,0002$), auswirken kann (Nadler 2002).

4.3 Mögliche sinnvolle Maßnahmen zur Prävention von laufbedingten Beschwerden bei Marathonläufern

In den vorherigen Kapiteln wurde jeweils am Ende eine Zusammenfassung über die möglichen Mechanismen, welche zu Beschwerden führen gegeben. Auf diese wird hier Bezug genommen.

Um eine möglichst frühzeitige Vorhersage treffen zu können, ob ein Athlet Beschwerden im Bereich der Achillessehne entwickeln wird, untersuchten Hirschmüller *et al.* den prädiktiven Nutzen einer „Power Doppler Ultrasonographie“ - PDU (Hirschmüller 2012). Ein signifikant statistischer Unterschied zeigte sich im Alter, welches bei Läufern mit Beschwerden bei 48,1 Jahren und ohne Beschwerden 42,9 Jahren ($p = 0,013$) lag. Zwischen dem Alter und dem Auftreten von laufbedingten Achillessehnenbeschwerden besteht im Gegensatz zu Hirschmüller *et al.* in der vorliegenden Umfrage kein statistisch signifikanter Zusammenhang ($p = 0,19$). In der oben genannten Untersuchung entwickelten 82 % der Probanden über einen Zeitraum von 1-Jahr Achillessehnenbeschwerden. Dabei war bei diesen Teilnehmern die maximale Dicke der Achillessehne signifikant größer ($p < 0,001$) als bei jenen, welche

keine Achillessehnenbeschwerden entwickelten. Den größten prädiktiven Wert hat jedoch laut Hirschmüller *et al.* die in der PDU erkennbare Neovaskularisierung. Dabei steigt das Risiko Beschwerden zu entwickeln um das 6,9-fache ($p = 0,0001$). Der einzig weitere Prädiktor ist die Vorgeschichte der Athleten. So haben Läufer welche bereits ausgeheilte Achillessehnenbeschwerden hatten ein 3,8-fach erhöhtes Risiko erneut welche zu entwickeln (Hirschmüller 2012).

Hiermit hätte man ein Instrument, womit man entscheiden könnte, wann spätestens mit präventiven Maßnahmen, welche den Bereich der AS betreffen, anzufangen wäre.

Ebenfalls unter der Mitarbeit von Frau Hirschmüller entstand eine RCT über den Effekt eines 4-wöchigen Therapieprogrammes bei bereits vorherrschenden Achillessehnenbeschwerden (Mayer 2007). So gaben alle Patienten, welche Schuheinlagen trugen (individuell angepasst, halbfest [Engl.: semirigid] mit schalenförmiger Unterstützung des Rückfußes und des Längsgewölbes sowie Pronationskeil) eine Schmerzreduktion um $> 25\%$ im Pain Disability Index (PDI) und sogar 89% um $> 50\%$ im PDI im Vergleich zur Erstuntersuchung vor Studienbeginn an.

In der Interventionsgruppe (Querfriktionen, Ultraschall, Eis, sensomotorisches Training, Balance- und Stabilisationsübungen sowie exzentrisches Training) gaben 73% an die Schmerzen seien $> 25\%$ im PDI zurückgegangen und 55% immerhin noch $> 50\%$ im PDI (Mayer 2007).

Es ist also anzunehmen, wenn sich Schuheinlagen, Stabilisationsübungen sowie exzentrisches Training positiv auf bereits vorhandene Achillessehnenbeschwerden auswirken, dass diese Interventionen zur Prävention geeignet sind. Die Übungen könnten sich auf die von Baur *et al.* (2011) aufgezeigte unzureichende Stabilisation des Thalo-Cruralen-Gelenkes und die Überpronation, welche Ryan *et al.* (Ryan 2009) als einen Faktor für das Auftreten von Achillessehnenbeschwerden ansehen, positiv auswirken.

Beim exzentrischen Krafttrainings ist die EMG-Aktivität der Plantarflexoren (M. gastrocnemius und M. soleus) im Verhältnis zu der maximal willkürlichen

entwickelten Kraft größer bei Patienten mit Achillessehnenbeschwerden (Reid 2011). Dabei ist laut Reid *et al.* die Position des Knies nur entscheidend für die Aktivität des M. gastrocnemius, welcher bei extendiertem Kniegelenk mehr Kraft entwickelt als bei flektiertem. Im EMG zeigt sich für den M. soleus keine Änderung. So beträgt die durchschnittliche Muskelaktivität bei Patienten mit Beschwerden 59,9 %, von der zuvor gemessenen maximal willkürlichen Kraftentwicklung, bei exzentrischer Belastung. Die Kontrollgruppe kam auf einen Durchschnitt von 54,1 %.

Dafür geben Reid *et al.* zwei mögliche Erklärungen. Zum einen ist bei der Gruppe mit Achillessehnenbeschwerden die zuvor gemessene maximale willkürliche Kraftentfaltung geringer aufgrund von Muskelaktivierungsdefiziten, Muskelatrophie und Schmerz. Daraus resultiert eine höhere prozentuale Aktivierung. Um die Aufgabe zu erfüllen muss also der geschwächte Muskel mehr motorische Endplatten rekrutieren.

Als zweites wäre die veränderte Morphologie (erhöhte Grundsubstanz, andere Mischung der kollagenen Fasern) in der Sehne selber in Betracht zu ziehen. Es kommt zu einer Reduktion der Festigkeit (Engl.: stiffness) die darin resultiert, dass sich die Plantarflexoren zur Kompensation verkürzen, was wiederum zu einer Annäherung der Sarkomere führt. Somit verschiebt sich die Längen-Spannungs-Kurve was sich in einer verminderten Fähigkeit, isometrische Kraft zu entwickeln, äußert (Reid 2011).

Da also die Muskelaktivierung des M. gastrocnemius bei extendiertem Knie größer ist als bei flektiertem, jedoch die M. soleus-EMG-Aktivität von der Kniestellung unabhängig ist, wäre es sinnvoll, das durch Alfredson *et al.* (1989) beschriebene exzentrische Training mit extendiertem Knie weiterhin durchzuführen. Das zusätzliche Training mit flektiertem Bein, welches laut Alfredson *et al.* gezielt auf den M. soleus wirken soll, wäre demnach unnötig. Dies würde die Anzahl der Übungen des Athleten reduzieren und somit auch die Compliance verbessern.

Eine mögliche Erklärung der Wirkungsweise von exzentrischen Übungen ist die mechanische Zerstörung der freien Substanz-P positiven Nervenendigungen (wobei ein histologischer Beleg immer noch fehlt) und die Homogenisierung der Sehnenstruktur sowie die Verminderung der Dicke der AS (Mayer 2007).

Wie in der Studie von Mayer *et al.* (2007) konnten Ogon *et al.* (2001) ebenfalls einen positiven Effekt von Schuhen im Vergleich zum Barfußlaufen nachweisen. Dies bezog sich vor allem auf den Bereich der Lendenwirbelsäule. So wurde zwar eine signifikant spätere Aktivierung der Rückenmuskulatur registriert, welche zunahm, je weicher die Schuhe waren, jedoch die „Schockwelle“, welche durch das Aufkommen der Ferse auf den Boden entstand, erreichte den Rücken wesentlich später. Diese mechanische Verzögerung überwog die verzögerte Aktivität. Somit verminderte das Tragen von Schuhen das Zeitintervall zwischen der maximalen externen Kraft und dem Maximum der internen Kraft (Ogon 2001).

Da das Tragen der Schuheinlagen bei Mayer *et al.* (2007) zu positiven Ergebnissen führte, wäre anzunehmen, dass die Aufrichtung des Längsgewölbes einen entscheidenden Beitrag dazu leisten könnte, Beschwerden effektiv vorzubeugen. Man könnte durch ein gezieltes Training des M. tibialis posterior eine Aufrichtung des Längsgewölbes provozieren und eine Überpronation verhindern. Dies ist an dieser Stelle jedoch als rein hypothetisch anzusehen und müsste in entsprechenden Studien untersucht werden.

Da jedoch der Fersenkontakt eher ungünstig ist, welcher durch die weichen Schuhe bedingt wird, wäre dennoch zu überlegen, ob es nicht sinnvoller wäre mit weniger gedämpften Schuhen zu laufen. Die Rückenmuskulatur würde eher aktiviert werden und somit die Lx besser stabilisieren.

Um einer möglichen Lateralisierung der Patella entgegen zu wirken ist es zum einen notwendig den Vastus medialis obliquus (VMO) des M. quadriceps tonisch zu aktivieren. An dieser Stelle sei jedoch auf weiterführende Fachliteratur verwiesen (Westerhuis und Wiesner 2011b).

Da die Zunahme des Q-Winkels ebenfalls eine Lateralisierung der Patella zur Folge hat, wäre es sinnvoll, den M. gluteus medius posterior ebenfalls entsprechend zu trainieren. Hierbei sollte, laut Mc Beth *et al.* (2012), im Sinne einer muskulären Rehabilitation, welche es zum Ziel hat die Aktivierung des M. gluteus medius zu betonen, eine reine Abduktions-Bewegung gewählt werden, da die Aktivität bei einer Abduktion mit Außenrotation bzw. bei der „Clamshell“-Übung (Sportler liegt mit angewinkelten

Beinen auf der Seite, nur das Knie wird angehoben, Füße ruhen aufeinander, dabei kommt es zu einer ABD/AR-Bewegung im Hüftgelenk) die Aktivierung der Muskeln über die des M. gluteus medius hinaus gehen. Somit sind diese Übungen nicht geeignet, wenn es um die Verbesserung der Aktivierung des M. gluteus medius geht (Mc Beth 2012).

Ein weiteres Potential zur Prävention von laufbedingten Beschwerden hat das Barfußlaufen. Negativ auf die die Manifestation von Beschwerden ist laut Liebermann *et al.* der Rückfußlaufstil (Liebermann 2010), da hierbei hohe Kräfte entstehen können, welche sich schnell im Körper ausbreiten.

Auch Thijs *et al.* stellte fest, dass Läufer, welche ein PFSS entwickeln, einen signifikant höheres vertikales Kraftmaximum unterhalb des lateralen Calcaneus sowie des zweiten Metatarsalgebietes während der push-off Phase haben (Thijs 2008). Eine vermehrte Eversion konnten Ryan *et al.* bei Läufern mit Achillessehnenbeschwerden zeigen (Ryan 2009) und Azevedo *et al.* fanden heraus, dass es dabei noch zu einer geminderten Knie-Flexion kommt (Azevedo 2011). Des Weiteren gab Baur *et al.* an, dass die Aktivierung des M. gastrocnemius bei Läufern mit Achillessehnenbeschwerden deutlich vermindert war und somit das Subthalgelenk unzureichend stabilisiert wird (Baur 2011). Auf alle diese Faktoren hat das Barfußlaufen einen positiven Einfluss.

So konnten De Wit *et al.* zeigen, dass es beim Barfußlaufen zu einer geringeren Eversion zwischen dem Bodenkontakt und der mittleren Standbeinphase kommt, die zu einer kompensatorischen Zunahme der Knie-Flexion und zu einer stärkeren Aktivierung des M. gastrocnemius führen (De Wit 2000).

Eine weitere wichtige Adaptation zum Barfußlaufen ist die Erhöhung der Schrittfrequenz bei dementsprechend kürzeren Schritten, wobei die Geschwindigkeit gleich bleibt (De Wit 2000). Diese Anpassung hat laut Chumanov *et al.* eine wichtige präventive Funktion bei Läufern mit anterioren Knieschmerzen (Chumanov 2012).

So ist bei einer 5-10 %-igen Steigerung der Schrittfrequenz, in Bezug auf die bevorzugte Anzahl der Schritte, zu beobachten, dass das Knie beim Initialkontakt mehr gebeugt wird, es zu einer Verringerung der Eversion kommt und sich die Ferse mehr

unter dem Körperschwerpunkt befindet. Ebenfalls kommt es zu einer Reduktion der Hüftadduktion mit einhergehender geringerer Kraftwirkung in Richtung der Hüftabduktion. Des Weiteren wird der *M. gluteus medius* und *M. gluteus maximus*, sowie der *M. gastrocnemius* in der späteren Schwungbeinphase in der Prä-Aktivierung stärker erregt (Chumanov 2012).

Dies wirkt der Vergrößerung des Q-Winkels und damit einer suboptimalen Patello-Femorale-Führung entgegen und wäre somit laut Chumanov *et al.* als wirksames therapeutisches Mittel einzusetzen.

Da die Schrittlänge sich auch proportional zur Stoßkraft des Fußes verhält, kann diese mit Erhöhung der Schrittfrequenz bei gleichbleibender Geschwindigkeit vermindert werden (Stergiou 2003).

Theoretisch wäre also ein präventiver Nutzen des Barfußlaufens vorstellbar. Der Erfolg müsste in entsprechenden Studien noch überprüft werden.

Man könnte dennoch überlegen, ob es sinnvoll ist, zumindest anteilig Barfuß-Laufeinheiten in die Trainingsroutine mit einfließen zu lassen um evtl. auch neue Bewegungsabläufe zu fazitätieren. Des Weiteren würden die Rückenmuskulatur eher aktiviert werden, was mit einer Stabilisierung der Lx einhergeht (Ogon 2001).

Da Läufer, welche in der Vergangenheit Beschwerden im Bereich der Lx hatten, eine geringere Becken-Rumpf-Koordination besaßen (Seay 2011) und man zusätzlich vermuten kann, dass diese ebenfalls eine geringere Lx-Mobilität, aufgrund der von Seay *et al.* beschriebenen „guarded position“, besonders in der Transversalebene besitzen, könnte man zur Prävention Übungen in die Trainingsroutine mit einbauen, welche besonders die Lx-Rotation betonen. Diese sollten dem Körper helfen die eingenommene „guarded position“ aufzugeben und wieder Bewegung in diesem Abschnitt zuzulassen. Zur Anregung und übersichtlichen Darstellung solcher Übungen, wird an dieser Stelle auf das „Core Performance“-Programm von Mark Verstegen verwiesen (Verstegen 2004). Besonders Übungen wie der „Hip-Crossover“, „Scorpion“ und „Forward-Lunge“ betonen die Flexibilität der Lendenwirbelsäule. Der Autor möchte dabei noch einmal betonen, dass es sich lediglich um eine Anregung handelt und

entsprechende Untersuchungen bezüglich eines möglichen Nutzens noch unternommen werden müssen.

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass eine verringerte Flexibilität der Ischiocruralen-Gruppe (M. biceps femoris, M. semimembranosus, M. semitendinosus) zu einer Erhöhung des Drehmomentes bei der Knie-Extension führt ($r = -0,47$; $p = 0,04$) (Messier 2008). Diese schlechte Dehnung wirkt sich nachteilig laut Messier *et al.* auf die Funktion des Gelenkes aus und führt zu einer vermehrten „Steifigkeit“ (Engl.: stiffness), welche sich nachteilig auf die Fähigkeit des Knies, die Stoßkräfte beim initialen Bodenkontakt, abzufedern, auswirkt.

Eine Dehnung der Ischiocruralen-Muskulatur wäre demnach eine denkbare Möglichkeit dem Auftreten von Beschwerden vorzubeugen. Da es sich bei diesem Thema um eins der meist diskutierten im Bereich der Sportwissenschaften handelt, wird auch hier auf entsprechende Fachliteratur verwiesen (z.B. auf die von Prof. Jürgen Freiwald mit seinem Buch „Optimales Dehnen“).

Aufgrund der recht rar gestreuten Betrachtungen und Untersuchungen bezüglich des Einflusses der Neurodynamik auf Beschwerden am Bewegungsapparat, lies sich diesbezüglich in der Literatur nur wenige Hinweise finden. Dennoch ist es aus der Klinik und der Erfahrung des Autors durchaus nachvollziehbar, dass die Verbesserung der Neurodynamik auch zu einer Verbesserung der Dehnfähigkeit der Muskulatur führen könnte.

Eine mögliche Variante wäre es zum Beispiel den „SLUMP-Test“ (siehe Abb. 6 - 7, S. 58) als Mobilisation des longitudinal verlaufenden Nervensystems, vor allem des N. ischiadicus, zu nutzen und im Anschluss durch aktive Dehnung die Flexibilität der Ischiocruralen-Muskulatur zu steigern. Durch die vorherige Mobilisation des Nervensystems kann der Nerv bei Bewegungen besser gleiten. Somit gäbe es für die Muskulatur keinen „Anlass“ mehr die vermehrte Spannung aufrecht zu erhalten.

Aktuelle Recherchen brachten diesbezüglich jedoch wenig Ergebnisse, so dass weiterführende Studien darüber wichtige Ansätze liefern könnten. Ein Hinweis auf die oben beschriebene Wirksamkeit dieses Vorgehens erbrachten Mc Hugh *et al.*, die

nachweisen konnten, dass die Dehnung (Widerstand) der Ischiocruralen-Muskulatur um 14 - 15 % zunahm ($p < 0,001$), wenn das Nervensystem, durch eine passive Flexion der Brustwirbelsäule, unter Spannung gebracht wurde (Mc Hugh 2012). So Schlussfolgerten sie, dass die passive Dehnfähigkeit des neuralen Gewebes die Flexibilität der Ischiocruralen-Muskulatur limitieren könnte. Mendez-Sanchez *et al.* kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Sie untersuchten das Bewegungsausmaß aller Gelenke der UEX mit und ohne Slider-Technik des N. ischiadicus und kamen zu dem Ergebnis, dass die Gruppe, welche über eine Periode von 60 Sekunden eine Nervenmobilisation erfahren hat, sofort eine gesteigerte lumbale Beweglichkeit besaß, sowie eine gesteigerte Flexibilität der UEX (Mendez-Sanchez 2012). Eine Kräftigung, der das Kniegelenk umgebenden Muskulatur, wäre theoretisch sinnvoll. Durch ein selektives Trainieren des Vastus medialis obliquus (VMO) und daraus resultierender Kraftzunahme um 10 % wurde die lateral wirkende Kraft auf das PFG um 10 N reduziert. Dies entspricht 4 % von 230 N auf 220 N (Neptune 2000). Dennoch bleibt nach Messier *et al.* (2008) unklar, ob es durch die Kräftigung der Kniegelenk umgebenden Muskulatur zu einer Verminderung der Beschwerdeanfälligkeit kommt, denn nach den Ergebnissen dieser Studie führt eine höhere Kraftentfaltung auch zu einer Steigerung der Kniebelastung. Ob jedoch die Zunahme der Kraft zu einer Verbesserung der Stoßdämpfung im Knie führt oder zu einer Zunahme der Belastung und somit eher zu einem Over-Use, konnte nicht geklärt werden. Inwieweit jedoch die oben genannten Ratschläge in der Praxis zur Anwendung kommen sollen, muss individuell entschieden werden. Es ist nicht Sinn und Zweck den Sportler mit übermäßig vielen Übungen zu „bombardieren“ und somit sein Trainingspensum unverhältnismäßig in die Höhe zu schrauben, wobei vielleicht der Blick für das Wesentliche gefährdet wäre.

Wie diese Arbeit zeigt sind noch nicht alle Mechanismen, welche zu Beschwerden bei Läufern führen, vollständig verstanden und auch sehr komplex. Obwohl viele Ansätze und Erkenntnisse gewonnen wurden, bleiben dennoch einige Fragen offen.

4.4 Mögliche weiterführende Untersuchungen

Es ist auffallend, dass es sich bei den meisten Untersuchungen zu diesem Thema um retrospektive Studien handelt. Dabei stellt sich die Frage, was bei den gefundenen Zusammenhängen die Ursache und was die Wirkung ist. Eine Kausalität lässt sich daraus nur schwer bis gar nicht ableiten. Demzufolge wäre es eine wichtige Aufgabe für zukünftige Arbeiten ein prospektives Studiendesign zu wählen.

Weiterhin ist zu erwähnen, dass bei fast allen Untersuchungen des Bewegungsablaufes die Probanden frisch, ausgeruht und wenig ermüdet waren. Viel wichtiger wäre es, unter anderem, auch den Bewegungsablauf während eines Marathons oder einer Langstrecke zu untersuchen zum Beispiel indem man den Läufern schon vor dem Lauf die entsprechenden Marker anbringt und sie alle 10 km unter kontrollierten Bedingungen (z.B. Laufband) eine kurze Strecke laufen lässt um die entsprechenden Parameter zu bestimmen.

Da die Eversion bzw. die Überpronation bei Läufern laut mehreren Studien einen entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung von Beschwerden hat, wäre es interessant die Wirkung eines gezielten Trainings des M. tibialis posterior zu untersuchen.

Ebenfalls interessant wären Untersuchungen über den Einfluss eines gezielten Trainings des M. gluteus medius posterior, um eine Verringerung des Q-Winkels zu erhalten.

Da, wie oben schon erwähnt, sich das Barfußlaufen auf viele Komponenten positiv auswirken könnte, fehlen dennoch die entsprechenden Belege dafür. Ob es zu einer Verminderung von Beschwerden kommt oder sogar zu einer anhaltenden Veränderung des Laufverhaltens (Schrittfrequenz, Stellung des Subthalgelenkes, Schwerpunktverlagerung etc.) ist noch nicht geklärt. Sollte dies zutreffen, kommen Fragen nach einem sinnvollen Einsatz auf. Wie oft und in welchem Umfang wäre es angebracht Barfußlauf-Trainingseinheiten in den normalen Trainingsprozess zu integrieren oder gar Einheiten dadurch zu substituieren? Für welche Gruppen von Läufern wäre dies sinnvoll und welche Voraussetzungen müssten diese mitbringen?

Da man davon ausgehen kann, dass Elite-Läufer in ihrer Laufbahn weniger Beschwerden haben, sich schneller erholen, bessere Managementstrategien entwickelt

haben und/oder körperlich andere Voraussetzungen haben, wäre es sinnvoll ihren Laufstil mit denen von Laufanfängern zu vergleichen um eventuell signifikante Unterschiede aufzudecken.

Der Einfluss der Neurodynamik wurde in Bezug auf Beschwerden unter Läufern noch nicht untersucht. So zeigte Wall *et al.* das eine länger als 1 Stunde andauernde Nervendehnung von 6 % zu einem 70 %-igen Verlust der Nervenleitfähigkeit führen kann (Wall 1991). Da in der Vorbereitungsphase eines Marathon regelmäßig Läufe über eine Stunde abverlangt werden, besteht die Möglichkeit, dass bei mangelnder Fähigkeit des Nervs im Gewebe zu gleiten eine länger andauernde Dehnung von 6% besteht. Ebenso ist eine Reaktion des Körpers zur Prävention einer „Überdehnung“ des Nervs mit einer erhöhten Muskelspannung denkbar, welche das Bewegungsausmaß zum Beispiel im Kniegelenk in Richtung Extension limitiert.

Des Weiteren könnte untersucht werden ob ein solcher Mechanismus, bei Läufern mit AS-Beschwerden vorliegt, da diese eine geringere EMG-Aktivität des M. gastrocnemius haben.

Ein weiterer Hinweis für die Wichtigkeit der Neurodynamik auf laufbedingte Beschwerden wäre die Ausprägung von sogenannten abnormal impulsgenerierenden Stellen (AIGS) im Nerv. Das bedeutet, dass durch Nervenverletzungen die Genexpression im Zellkörper verändert wird. Daraus resultiert eine vermehrte Bildung von Ionenkanälen was zu einer erhöhten Sensitivität gegenüber thermischen, mechanischen und chemischen Stimuli führt (Harden 2005). Ebenso können andere Veränderungen, wie zum Beispiel eine Kompression zu Veränderungen des axoplasmatischen Flusses führen und die Anreicherung von Ionenkanälen fördern. Die so gebildeten AIGS können laut Gifford durch verschiedene Stimuli aktiviert werden, aber auch ohne einen solchen Impulse auslösen (Gifford 2001). Die antidromen Impulse (Weiterleitung in die Peripherie) können zu einer Ausschüttung von Neuropeptiden führen, die im innerviertem Gewebe, aufgrund der Freisetzung gefäßerweiternder und permeabilitätssteigernder Substanzen (z.B. der Substanz-P) zu einer Entzündung führen. Diese sogenannte „entzündliche Suppe“ ist laut Handwerker für die klinischen Zeichen einer lokalen Gewebeentzündung, wie zum Beispiel der Achillessehne, verantwortlich

(Handwerker 1999). Durch die enge Lagebeziehung zur Achillessehne wäre eine mögliche Vorgehensweise, den SLR (Straight Leg Raise) mit Betonung des N. tibialis sowie des N. suralis (siehe Abb. 8 - 9, S. 59) in Bezug auf das Vorhandensein von AS-Beschwerden zu untersuchen (Westerhuis und Wiesner 2011a).

Somit könnte dies ein weiterer Ansatz sein, alle Komponenten zu finden, welche sich negativ auf die Inzidenz von Verletzungen im Laufsport auswirken.

4.5 Kritik der eigenen Arbeit

Die ungleiche Verteilung zwischen Männern und Frauen, die bei der Befragung teilgenommen haben, könnte aufgrund eines Selektions-Bias verfälscht sein, da der Befrager sich eher traute, männliche Sportler anzusprechen, als weibliche.

Die Gründe zur Motivation könnten aus Aspekten der Selbstdarstellung nicht wahrheitsgemäß angegeben worden sein. So wäre es durchaus denkbar, dass eine weibliche Befragte ihren Wunsch, durch das Laufen abzunehmen, gegenüber einem männlichen Befrager nicht wahrheitsgemäß äußerte. Es ist auch denkbar, dass die männlichen Läufer den Wunsch, einen Wettkampf zu bestreiten und zu gewinnen, nicht so stark in den Vordergrund stellten, um eventuell nicht als „Überehrgeizig“ zu gelten. Die Art des Fragebogens und des Befragens lässt darauf keinerlei Rückschlüsse zu. Eine Lösung wäre, dem Probanden die Möglichkeit einzuräumen sich, wie bei einer politischen Wahl, in eine Anonyme Atmosphäre zurück zu ziehen, so dass keinerlei Rückschlüsse zwischen Ihm und dem Fragebogen gestellt werden können.

Bei der Frage bezüglich des Laufstils gaben 8 % (alles Männer) an, sie würden über den Vorfuß aufsetzen. Dies ist ungewöhnlich und zugleich unwahrscheinlich diese Belastung für Wade über die gesamte Marathon-Distanz aufrecht zu halten. Eine mögliche Erklärung für diese 8% wäre, dass begonnen wird über den Vorfuß zu laufen, später aber, wenn der Laufstil mit zunehmender Distanz sich automatisch ökonomisiert, zu einem Mittelfuß- oder sogar Fersenhüftläufer übergegangen wird. Des Weiteren ist auch denkbar, dass die Probanden aufgrund eines Recall-Bias falsche Angaben machten

und/oder sich bisher darüber noch keine Gedanken gemacht haben. Eine Befragung war somit für diese Parameter keine geeignete Datenerhebung.

Da die Mechanismen, welche zu laufbedingten Beschwerden führen, komplexer zu sein scheinen als zuerst vermutet, konnten durch die Umfrage wenige Zusammenhänge aufgedeckt werden, da diese auch sehr allgemein gehalten wurde.

Die angewandten statistischen Verfahren wurden nach bestem Wissen, welches im Rahmen eines Bachelor-Studiums vermittelt wurde, durchgeführt. Dennoch gäbe es mit Sicherheit noch einiges an Potential, aus den erhobenen Daten, noch weitere Informationen zu gewinnen.

Im Text wurden auch Quellen zitiert, welche nicht unbedingt zur Fachliteratur zählen, wie z.B. das Buch „Core Performance“ von Mark Verstegen (Verstegen 2004). An dieser Stelle sei noch einmal betont, dass es im Rahmen einer Anregung durchaus seine Berechtigung hat und nur als solche gesehen werden soll.

Des Weiteren wurde in der Arbeit versucht mögliche Mechanismen, auch durch Daten aus der Literatur, nach Symptomkomplexen aufzugliedern. Da es jedoch Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Gebieten gibt und der Bewegungsablauf während des Rennens als ein komplexes System des gesamten Körpers gesehen werden muss, war dies nicht immer möglich und es kam zwangsweise zu einer Vermischung.

Wie im Methodenteil beschrieben (S. 14) wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = 0,1$ angehoben. Das bedeutet, dass ein größerer Zufall zugelassen wurde. Somit erhöht sich die Gefahr, dass die gefundenen Zusammenhänge ein Zufallsergebnis sind und weniger in Verbindung stehen bzw. voneinander abhängig sind.

Auch ist es durch die selektive Literaturrecherche nicht möglich, eine vollständige Darlegung der gegenwärtigen Studienlage zu gewährleisten. Es wurde lediglich versucht Möglichkeiten von Erklärungen aufzuzeigen, um die vorliegenden Daten zu erklären.

Danksagung

Mein Dank gilt in nicht wertender Reihenfolge Herrn Elsner (B.Sc.), welcher sehr kurzfristig als Betreuer eingesprungen ist, und mir mit viel Engagement auch zu späten Stunden noch mit gutem Rat beistand.

Des Weiteren danke ich meiner Freundin Frau Wolter, die mich mit allen Launen und Stimmungsschwankungen während des Verfassens der Bachelor-Arbeit aushalten musste und mich dennoch stets unterstützte. Sie sorgte auch dafür, dass ich immer mit ausreichend Tee versorgt wurde, wenn ich über dem Schreiben für Stunden das Trinken vergaß.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Mehrholz (Prof. Dr. habil.), der es vermag einen durch seine Leidenschaft zum Thema anzustecken und einen entscheidenden Anteil daran hat, den Weg des wissenschaftlich Arbeitens weiter beschreiten zu wollen.

Den Blick für das wesentliche nicht zu verlieren halfen Herr Ahrem (Dipl. Biol.), Herr Jung (Dr. med.) und Frau Kribus (Dr. med.). Hervorheben möchte ich an dieser Stelle Herrn Messer, welcher sich trotz seiner eigenen Prüfungsvorbereitung, die Zeit für sehr detaillierte Kritik nahm.

Ebenfalls einen Dank möchte ich Herrn Punga-Kronenberg aussprechen, der ohne es zu wissen, durch seine stetige Suche nach neuen sportlichen Herausforderungen und den damit verbundenen anregenden und diskussionsreichen Gesprächen, eine große Inspiration für diese Arbeit war.

Anhang

Teil A – Fragebogen

Zur Person:

Geschlecht: Männlich
Weiblich

Wie groß sind Sie (in cm): _____ cm
Wie schwer sind sie (in kg): _____ kg
Wie alt sind Sie? _____ Jahre

Laufgewohnheiten:

Wie oft gehen Sie pro Woche
Laufen? (Trainingseinheiten) _____ Mal

Wie viele km laufen Sie pro
Woche? _____ km
(bei Trainingsperiodisierung die max. Distanz)

Wie viel Zeit investieren Sie pro
Woche ins Laufen? _____ Stunden
(bei Trainingsperiodisierung die max. Zeit)

Wie viele Paar (Lauf-)Schuhe
benutzen Sie pro Jahr? _____ Paar

Seit wie vielen Jahren laufen
Sie schon regelmäßig _____ Jahre
(mind. 2X wöchentlich für 20 Minuten)?

Ich laufe um...: (4=trifft sehr zu; 3=trifft zu; 2=trifft mäßig zu; 1= trifft kaum zu; 0=trifft nicht zu)

... meine allgemeine Fitness zu verbessern.	4	3	2	1	0
... Abzunehmen.	4	3	2	1	0
... um Wettkämpfe zu bestreiten/ zu gewinnen.	4	3	2	1	0
... einen Ausgleich zur Arbeit zu schaffen.	4	3	2	1	0
... um mich Wohl zu fühlen.	4	3	2	1	0
... um besser/ gesünder zu leben.	4	3	2	1	0

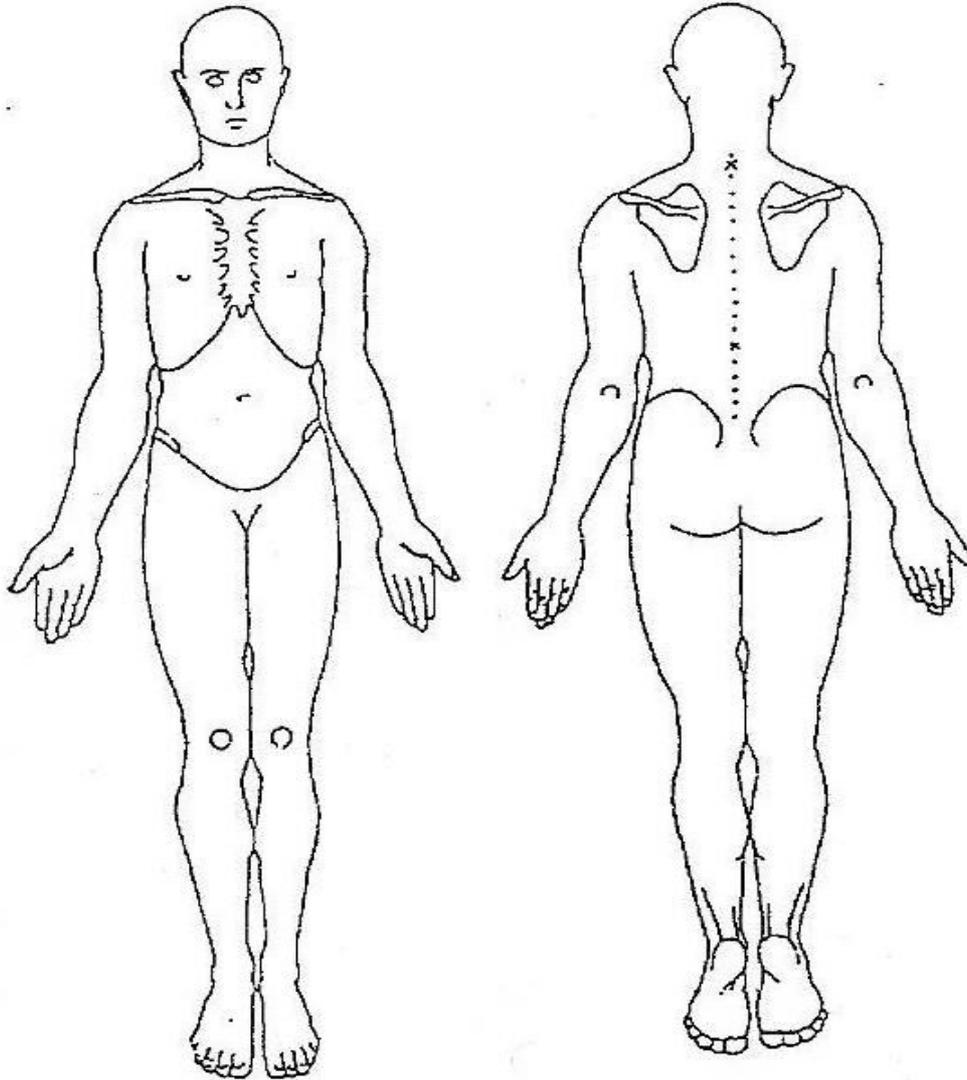
Beschwerden:

Haben Sie beim Laufen...	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> NEIN
...nach dem Laufen...	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> NEIN
...oder vor dem Laufen Beschwerden?	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> NEIN
Kamen Ihre Beschwerden durch das Laufen?	<input type="radio"/> JA	<input type="radio"/> NEIN

Auf einer Skala von 0 – 10 (0= keine Beschwerden; 10 – zwingt Sie zum Abbruch), wie stark würden Sie Ihre Beschwerden einschätzen?

0 --- 1 --- 2 --- 3 --- 4 --- 5 --- 6 --- 7 --- 8 --- 9 --- 10

Bitte zeichnen Sie die Bereiche ein, die Ihnen Beschwerden bereiten. (schraffieren, einkreisen, evtl. kurze Beschreibung)



Mit welchem Bereich des Fußes kommen Sie zuerst beim Bodenkontakt auf?

- Ferse (Rückfußläufer)
- mit dem gesamten Fuß gleichzeitig
- mit dem Fußballen (Vorfußläufer)

Nehmen Sie regelmäßig an teil?

- JA, wie viele pro Jahr: ___ Stck. Wettkämpfen
- NEIN

VIELEN DANK!!!

Teil B – neurodynamische Tests



Abbildung 6: SLUMP - Ausgangsposition



Abbildung 7: SLUMP - Endposition



Abbildung 8: SLR - N. suralis



Abbildung 9: SLR - N. tibialis

Teil C – Eigenständigkeitserklärung

Hiermit versichere Ich, dass die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst wurde und Ich keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde noch nicht anderweitig eingereicht.

Kiel, den 22.07.2012

Michael Bräuer

Literaturverzeichnis

Alfredson, H. (1989): Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. Unter Mitarbeit von T. Pietila, P. Jonsson und R. Lorentzon. In: *American Orthopaedic Society for Sports Medicine*, Bd. 26, S. 360–366.

Azevedo, L.B. (2011): Biomechanical variables associated with Achilles tendinopathy in runner. Unter Mitarbeit von M. I. Lambert, C. L. Vaughan, C. M. O'Connor und M. P. Schweltnus. In: *British Journal of Sports Medicine*, Bd. 43, S. 288–292.

Bates, P. (1985): Shin Splints. A Literature Review. Vol. 19. In: *British Journal of Sports Medicine* (No. 3), S. 132–137.

Baur, H. (2011): Comparison in lower leg neuromuscular activity between runners with unilateral mid-portion Achilles tendinopathy and healthy individuals. Unter Mitarbeit von Steffen Müller, Anja Hirschmüller, Michael Cassel, Josefine Weber und Frank Mayer. In: *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Bd. 21, S. 499–505.

Berlin.de (2011): Berlin Marathon 2011. Online verfügbar unter www.berlin.de/special/sport-und-fitness/events/september/62716-62413-242509201138berlinmarathon.html, zuletzt geprüft am 04.11.2011.

Chen, Y.J. (2010): The dynamic quadriceps angle: a comparison of persons with and without patellofemoral pain. In: *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Bd. 40, S. A24-A25.

Chumanov, E. (2012): Changes in muscle activation patterns when running step rate is increased. Unter Mitarbeit von Christa Wille, Max Michalski und Bryan Heiderscheit. In: *Gait & Posture*, xxx, S. xxx.

De Wit, B. (2000): Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. Unter Mitarbeit von Dirk De Clercq und Peter Aerts. In: *Journal of Biomechanics*, Bd. 33, S. 269–278.

DOSB (2011): 1.Auflage 15.11.2011 / aktualisiert 28.02.2012. Statistik.

Dimitriadis, A.T. (2011): Intervertebral Disc Changes after 1h of Running: a Study on Athletes. Unter Mitarbeit von P.J. Papagelopoulos, F.W. Smith, A.F. Mavrogenis, M.H. Pope, A.H. Karantanas, A.G. Hadjipavlou und P.G. Katonis. In: *The Journal of International Medical Research*, Bd. 39, S. 569–579.

Elliot, B.C. (1979): Optimal stride length considerations for male and female recreational runners. In: *British Journal of Sports Medicine* (13), S. 15–18.

Farris, D. (2011): Could intra-tendinous hyperthermia during running explain chronic injury of the human Achilles tendon? Unter Mitarbeit von Grant Trewartha und Miranda Polly McGuigan. In: *Journal of Biomechanics*, Bd. 44, S. 822–826.

Gifford, L. (2001): Acute low cervical nerve root conditions: symptom presentation and pathobiological reasoning. In: *Manual Therapy*, Bd. 6, S. 106–115.

Handwerker, H. (1999): Einführung in die Pathophysiologie des Schmerzes. Berlin: Springer Verlag.

Harden, R. (2005): Chronic neuropathic pain: mechanisms, diagnosis, and treatment. In: *Neurologist*, Bd. 11, S. 111–122.

Hengeveld, E.; Banks, K. (2008): Maitlands Manipulation der peripheren Gelenke. S.225-226. Unter Mitarbeit von Kevin Banks. 4. Auflage: Urban & Fischer.

Hirschmüller, A. (2012): Prognostic Value of Achilles Tendon Doppler Sonography in Asymptomatic Runners. Unter Mitarbeit von Victoria Frey, Lukas Konstantinidis, Heiner Baur, Hans-Hermann Dickhuth, Norbert Südkamp und Peter Helwig. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Bd. 44, S. 199–205.

Liebermann, D.E. (2010): Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. Unter Mitarbeit von M. Venkadesan, W. Werbel, A. Daoud, S. D'Andrea, I. Davis, R. Ojiambo Mang'Eni und Y. Pitsiladis. In: *Nature*, Bd. 463, S. 531–536.

Marathon.de (2011): Marathon-Statistik Deutschland 2011. Online verfügbar unter <http://www.marathon.de/news/marathonstatistikdeutschland2011.html>.

- Mayer, F (2007):** Effects of short-term treatment strategies over 4 weeks in Achilles tendinopathy. Unter Mitarbeit von Anja Hirschmüller, Steffen Müller, Martin Schubert und Heiner Baur. In: *British Journal of Sports Medicine*, Bd. 41, S. 1–5.
- McBeth, J. (2012):** Hip muscle activity during 3 side-lying hip-strengthening exercises in distance runners. Unter Mitarbeit von J. Earl-Boehm, S. Cobb und W. Huddleston. In: *Journal of Athletic Training*, S. 15–23.
- McHugh, M. (2012):** The role of neural tension in hamstring flexibility. Unter Mitarbeit von C. Johnson und R. Morrison. In: *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, Bd. 22, S. 164–169.
- McConnell, J. (2006):** Conservative Management of Anterior Knee Pain: The McConnell Program. Unter Mitarbeit von Benell K. In: Sanchis-Alfonso V., ed. *Anterior Knee Pain and Patella Instability*, London: Springer Verlag; 2006.
- Mendez-Sanchez, R. (2012):** Immediate effects of adding a sciatic nerve slider technique on lumbar and lower quadrant mobility in soccer players: a pilot study. Unter Mitarbeit von F. Alburqueque-Sendin, C. Fernandez-de-las-Penas, F. Barbero-Iglesias, C. Sanchez-Sanchez, J. Calvo-Arenillas und P. Huijbregts. In: *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, Bd. 16, S. 669–675.
- Messier, S. (1991):** Etiologic factors associated with patellofemoral pain in runners. Unter Mitarbeit von S. Davis, W. Curl, R. Lowery und R. Pack. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Bd. 23, S. 1008–1015.
- Messier, S. (2008):** Risk Factors and Mechanisms of Knee Injury in Runners. Unter Mitarbeit von C. Legault, C. Schoenlank, J. Newman, D. Martin und P. Devita. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, xxx, S. 1873–1879.
- Morrison, J.B. (1970):** The mechanics of muscle function in locomotion. In: *Journal of Biomechanics*, S. 431–451.
- Nadler, S. (2002):** Functional Deficits in Athletes With a History of Low Back Pain: A Pilot Study. Unter Mitarbeit von Peter Moley, Gerard Malanga, Mariam Rubbani, Michael Prybicien und Joseph Feinberg. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Bd. 83, S. 1753–1758.

Neptune, R. (2000): The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. Unter Mitarbeit von I. Wright und A. van den Bogert. In: *Clinical Biomechanics*, Bd. 15, S. 611–618.

Nordin, M.; Frankel, V. (2001): Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Philadelphia: Williams and Wilkins.

Ogon, M. (2001): Footwear Affects the Behavior of Low Back Muscles When Jogging. Unter Mitarbeit von A.R. Aleksiev, K.F. Spratt, M.H. Pope und C.L. Saltzman. In: *International Journal of Sports Medicine*, Bd. 22, S. 414–419.

Powers, C.M. (1995): Rearfoot posture in subjects with patellofemoral pain. Unter Mitarbeit von R. Mafucci und S. Hampton. In: *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Bd. 22, S. 155–160.

Reid, Duncan (2011): Electromyographic analysis of an eccentric calf muscle exercise in persons with and without Achilles tendinopathy. Unter Mitarbeit von Peter McNair, Shelley Johnson, Geoff Potts, Erik Witvrouw und Nele Mahieu. In: *Physical Therapy in Sport*, xxx, S. 1–6.

Runners World (2011a): New York Marathon 2011. Das größte Rennen der Welt über 42,195 km gilt als das Mekka des Marathonlaufens schlechthin. Online verfügbar unter <http://www.runnersworld.de/laufevent/newyorkmarathon/2011>, zuletzt geprüft am 07.06.2012Uhr.

Runners World (2011b): Sabrina Mockenhaupt läuft in Köln Halbmarathon. Beim Köln-Marathon 2011 startet Sabrina Mockenhaupt auf der Halbmarathon-Distanz und will ihren eigenen Rekord knacken. Online verfügbar unter www.runnersworld.de/news/laufevents/koeln_marathon_2011_/sabrina_mockenhaupt_1aeuft_in_koeln_halfmarathon.227273.htm, zuletzt geprüft am 04.11.2011Uhr.

Ryan, M. (2009): Kinematic analysis of runners with Achilles mid-portion tendinopathy. Unter Mitarbeit von S. Grau, I. Krauss, C. Maiwald, J. Taunton und T. Horstmann. In: *Foot & Ankle International*, Bd. 30, S. 1190–1195.

- Seay, J. (2011):** Low back pain status affects pelvis-trunk coordination and variability during walking and running. Unter Mitarbeit von Richard Van Emmerik und Joseph Hamill. In: *Clinical Biomechanics*, Bd. 26, S. 572–578.
- Steffny, H. (2008):** Das große Laufbuch. Alles, was man übers Laufen wissen muss. S. 186: südwest.
- Stergiou, N. (2003):** Subtalar and knee joint interaction during running at various stride lengths. Unter Mitarbeit von B. Bates und M. Kurz. In: *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Bd. 43, S. 319–326.
- Taunton, J.E (2002):** A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. Unter Mitarbeit von M.B Ryan, D.B Clement, D.C Mckenzie, D.R Lloyd-Smith und B.D Zumbo. In: *British Journal of Sports Medicine*, Bd. 36, S. 95–101.
- Thijs, Y. (2008):** Gait-related intrinsic risk factors for patellofemoral pain in novice recreational runners. Unter Mitarbeit von D. De Clercq, P. Roosen und E. Witvrouw. In: *British Journal of Sports Medicine*, Bd. 42, S. 466–471.
- van Gent, R.N et al (2007):** Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. In: *British Journal of Sports Medicine*, Bd. 41, S. 469–480.
- Van Ginckel, A. (2009):** Intrinsic gait-related risk factors for Achilles tendinopathy in novice runners: A prospective study. Unter Mitarbeit von Youri Thijs, Narmin Ghani Zadeh Hesar, Nele Mahieu, Dirk De Clercq, Philip Roosen und Erik Witvrouw. In: *Gait & Posture*, Bd. 29, S. 387–391.
- Verstegen, M. (2004):** Core Performance. The Revolutionary Workout Program To Transform Your Body And your Life. Unter Mitarbeit von Pete Williams.
- Wall, E. (1991):** Stress relaxation of a peripheral nerve. Unter Mitarbeit von M. Kwan und B. Rydevik. In: *Journal of Hand surgery*, S. 859–863.
- Weinecke, J. (2007a):** Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder - und Jugendtrainings. Der Einfluss eines Ausdauertrainings auf Übergewicht und Adipositas, S. 1009.

Weinecke, J. (2007b): Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder - und Jugendtrainings, S. 177.

Westerhuis, P.; Wiesner, R. (2011a): Klinische Muster in der Manuellen Therapie. IMTA Kurshandbuch Level 2a und b. Neurodynamik. Stuttgart: Thieme.

Westerhuis, P.; Wiesner, R. (2011b): Klinische Muster in der Manuellen Therapie. IMTA Kurshandbuch Level 2a und b. Patellofemorales Schmerzsyndrom. Stuttgart: Thieme.

Wilson, A.M.; Goodship, A.E. (1994): Exercise-Induced Hyperthermia as a Possible Mechanism for Tendon Degeneration. In: *Journal of Biomechanics*, Bd. 27, S. 899–905.

Lebenslauf

Michael Bräuer

*05. Oktober 1982 in Lichtenstein

Danewerkstraße 18

24113 Kiel

Email: mischa.braeuer@web.de



Familienstand

ledig, keine Kinder

Arbeit

zur Person

seit 01.01.2012

Physioteam-Kiel

Schwerpunkt Manuelle Therapie Maitland®-Konzept

01.01.'11 – 31.12.'11

Prähazentrum in Neumünster

Bereich medizinische Trainingstherapie, KG, MT

19.08.'09 – 31.12.'10

Therapiezentrum Damp

Bereich Orthopädie, Innere Medizin, MTT und zuletzt ambulante Reha

19.05.'09 – 30.06.'09

Physiotherapiepraxis Ulrike Hamann in Plauen

Krankenvertretung

10/2009 – 10/2012

Schulischer Werdegang

Studium B.Sc. Physiotherapie

an der SRH Fachhochschule für Gesundheit Gera gGmbH

Schwerpunkt: Sportwissenschaften, Sportmedizin,

Neurowissenschaften

08/2005 – 07/2008

Berufsausbildung

Physiotherapie an der SBBS für Gesundheit und Soziales in Jena

Abschluss als staatlich geprüfter Physiotherapeut

Notendurchschnitt: 1,3

10/2003 – 02/2005

Studium Dipl. Ing. Mechatronik

Studium der Fachrichtung „Mechatronik“ für 3 Semester an der TU-Dresden (kein Abschluss)

09/1993 – 06/2001

Schule

Lessing Gymnasium Hohenstein-Er./Sa.

BELL-Projekt (Besondere Lernleistung) zur

„Computergesteuerten Schrittmotorsteuerung zur

Photoelektronenspektroskopie“

mit Abschluss der Hochschulreife (Notendurchschnitt: 2,3)

Auslandsaufenthalte

08/2008 – 02/2009

Freiwilligendienst Indien

Entwicklungspolitischer Freiwilligendienst in Indien im Rahmen des „weltwärts“-Programmes

Unterstützung der Organisation „OUTREACH“ zur Verbesserung der Lebenssituation der bäuerlichen Bevölkerung in Südindien (Watershed-Management, Micro-Credits)

05/2005 – 08/2005

Camp America

Tätigkeit als Betreuer eines Sommerferienlagers in den Florida Keys/USA

Aufgabenbereich: Sicherheit der Jugendlichen beim Schwimmen, Scuba-Tauchen, Windsurfen etc.; Organisation von Aktivitäten; assistieren bei Tauchausbildungen

10/2002 – 08/2003

Work and Travel Australia

Verschiedene Arbeiten in international besetzten Teams

Ausbau sprachlicher Fähigkeiten und sozialer Kompetenzen