

Den Schmerz im Fokus: Verlauf einer konservativen Behandlung nach Achillessehnenruptur

Basler, Michèle
15-936-230

Püntener, Damian
09-724-030

Departement: Gesundheit
Institut für Physiotherapie
Studienjahr: PT17c
Eingereicht am: 22.04.2020
Begleitende Lehrperson: Dr. Eveline Graf

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

Abstract	3
1 Einleitung	5
1.1 Problemdarstellung	6
1.2 Zielsetzung	7
2 Wissenschaftlicher Hintergrund	8
2.1 Wundheilung von Sehnen im Allgemeinen	8
2.2 Achillessehne	11
2.2.1 Anatomie Achillessehne	11
2.2.2 Achillessehnenruptur	12
2.2.3 Therapie	13
2.3 Schmerz und Wundheilung	15
2.4 Forschungslücke	18
3 Fragestellung und Herleitung der Hypothesen	19
3.1 Fragestellung	19
3.2 Herleitung der Hypothesen	20
4 Methode und Ausgangslage	22
4.1 Allgemeine Ausführungen zur Case Study	22
4.2 Angaben zur Patientin und zum medizinischen Prozedere	23
4.3 Datenerhebung mittels Schmerztagebuch	26
4.4 Abgrenzung	28
5 Resultate	30
5.1 Allgemeiner Überblick	30
5.2 Hypothesen	31
5.2.1 Keilwechsel 1	32
5.2.2 Keilwechsel 2	33
5.2.3 Keilwechsel 3	34
6 Diskussion	35
6.1 Interpretation der Ergebnisse	35
6.1.1 Allgemeine Vorbemerkungen	35
6.1.2 Hypothese 1: Initiale Schmerzzunahme nach Keilwechsel	37
6.1.3 Hypothese 2a: Normalisierung der Schmerzen nach Keilwechsel	41

6.1.4	Hypothese 2b: Nachtschmerz als Hinweis auf Entzündungsvorgänge	42
6.1.5	Gemeinsame Erkenntnisse aus den drei Hypothesen	44
6.2	Transferüberlegungen für die Physiotherapie	45
6.3	Limitationen	46
6.3.1	Methodische Limitationen	46
6.3.2	Inhaltliche Limitation	47
6.4	Empfehlung für weiterführende Forschungen	48
7	Fazit	49
	Literaturverzeichnis	51
	Abbildungsverzeichnis	56
	Tabellenverzeichnis	56
	Abkürzungsverzeichnis	57
	Wortzahl	57
	Danksagung	57
	Eigenständigkeitserklärung	57
	Anhang	58
A.	Glossar	58
B.	Seite aus dem Schmerztagebuch	61
C.	Behandlungsdokumentation der Physiotherapie	62
D.	Argumentationslinien	71

Abstract

Hintergrund: Achillessehnenrupturen sind die häufigsten Sehnenverletzungen weltweit. Ob ein Heilungsverlauf physiologisch verläuft, kann unter anderem anhand der vorhandenen Schmerzen eingeschätzt werden. Derzeit fehlen genaue Beschreibungen des Schmerzverhaltens bei der Genesung nach einer Achillessehnenruptur.

Ziel: Die vorliegende Studie beschreibt das Schmerzverhalten bei einer Patientin in konservativer Behandlung nach einer Achillessehnenruptur in den Schlüsselphasen der Plantarflexionsreduktion und liefert so für Betroffene und Therapierende Hinweise auf die zu erwartenden Schmerzen.

Methode: Anhand der Einzelfallanalyse einer 48-jährigen Patientin, welche die ersten 188 Tage nach Trauma ein Schmerztagebuch führte, wird der Schmerzverlauf mittels deskriptiven Auswertungsverfahren dargestellt und analysiert. Die Behandlung der Achillessehnenruptur fand konservativ mittels Künzli Achilles-Schuh statt. Der Fokus liegt auf den Schmerzen morgens, abends sowie in der Nacht.

Ergebnisse: Der prognostizierte Schmerzanstieg abends fand in zwei der drei Phasen der Plantarflexionsreduktion statt. Der Schmerz abends und morgens normalisierte sich nach der Plantarflexionsreduktion innerhalb von maximal fünf Tagen auf das Niveau von davor. Nicht-prognostizierte Schmerzanstiege oder Nachtschmerz waren laut Patientin auf unerwartete Ereignisse oder eine erhöhte Aktivität zurückzuführen.

Schlussfolgerung: Die Beobachtung der Schmerzen bietet im Heilungsverlauf nach konservativer Behandlung einer Achillessehnenruptur eine Möglichkeit zur Beurteilung der Genesung. Der Schmerzverlauf in den Phasen der Plantarflexionsreduktion ist eng an die optimale Belastung der Sehne gekoppelt.

Schlüsselwörter: Achillessehnenruptur, konservative Behandlung, Schmerzverhalten, Sehnenwundheilung, Künzli Achilles-Schuh

Background: Achilles tendon rupture (ATR) ranks as the most common tendon injury worldwide. Amongst other signs of inflammation, the physiological recovery can be assessed based on pain. To date, there are no precise descriptions of pain behavior during recovery following ATR.

Objective: This study describes pain behavior during the phases of plantar flexion reduction of a patient with ATR undergoing conservative treatment and thus provides indications for other patients or therapists.

Method: Based on a case study of a 48-year-old female who filled out a pain diary for the first 188 days after trauma, the pain behavior is analyzed using descriptive statistics. The treatment of ATR was performed conservatively using a Künzli Achillesboot. The focus lies on the pain in the morning, evening and at night.

Results: The predicted pain increase in the evening during the analyzed phases of plantar flexion reduction took place in two of the three phases. Within a maximum of five days after the adjustment of plantar flexion, the pain in the evening and in the morning returned to the level of before the plantar flexion reduction. According to the patient, non-predicted increases in pain (also at night) were due to unexpected events or increased physical activity.

Conclusion: The observation of pain during the healing process after conservatively treated ATR offers a possibility for assessing the recovery. Furthermore, pain during the phases of plantar flexion reduction is closely linked to the optimal tendon loading.

Keywords: Achilles tendon rupture, conservative treatment, pain management, tendon healing, Künzli Achillesboot

1 Einleitung

Die höhere Lebenserwartung und vermehrte Aktivität der Bevölkerung führen zur Zunahme von degenerativen Krankheitsbildern, wie beispielsweise demjenigen der Achillessehnenruptur (Hertel, Götz, Grifka, & Willers, 2016). Gemäss Garras, Raikin, Bhat, Taweel und Karanjia (2012) ist die Achillessehne mit einer Inzidenz von 18 pro 100'000 Einwohner weltweit die am häufigsten rupturierte Sehne des Menschen. In der Schweiz treten pro Jahr 20 bis 40 Rupturen pro 100'000 Einwohner auf (Krause, 2019). Die Ruptur geschieht meist in der hypovaskulären Zone, welche sich 2 bis 7 cm proximal der Insertion am Tuber calcanei befindet (Hertel et al., 2016; Maffulli, Sharma, & Luscombe, 2004; Oliva et al., 2019; Reda, Farouk, Abdelmonem, & El Shazly, 2019; Thermann, 1998; Thevendran, Sarraf, Patel, Sadri, & Rosenfeld, 2013; Waterston, Maffulli, & Ewen, 1997). Gemäss Maffulli et al. (2004), Oliva et al. (2019) und Thermann, Hübner und Tscherne (2000) ereignen sich die meisten Rupturen während dem Ausüben von sportlichen Tätigkeiten wie beispielsweise dem Spielen von Fussball, Volleyball oder Squash. Die Ursache einer Ruptur ist multifaktoriell. Bei 97 % aller rupturierten Achillessehnen liegen prädisponierende, degenerative Veränderungen vor (Hertel et al., 2016). Daneben spielen viele weitere personen- und umweltbezogene Faktoren, wie zum Beispiel metabolische Erkrankungen, zunehmendes Alter, falsches Schuhwerk oder Kortikoideinnahmen eine wichtige Rolle. Männer sind von Rupturen häufiger betroffen als Frauen. Der Häufigkeitsgipfel liegt zwischen dem 30. und 40. Lebensjahr. Dabei ist die linke Seite häufiger betroffen als die rechte (Hertel et al., 2016; Thermann, 1998).

Laut Thermann, Hübner und Tscherne (2000) leiden Betroffene bei der Ruptur der Achillessehne im Moment des Traumas unter starken, dolchstichartigen Schmerzen. Selbst noch zu Beginn der Behandlung – konservativ oder auch operativ – setzen sich diese Schmerzen fort.

1.1 Problemdarstellung

Ob die Behandlung einer Ruptur der Achillessehne konservativ oder operativ stattfindet, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Gemäss Pagenstert, Leumann, Frigg und Valderrabano (2010) liefert die offene, primäre Sehnennaht mit anschließender funktioneller Therapie verlässliche Ergebnisse. Die ultraschallkontrollierte, konservative Therapie stellt insbesondere dann eine Alternative dar, wenn die betroffene Person im Alltag keine maximale Muskelkraft, Ausdauer und Belastbarkeit benötigt (Heil, 2018). Ausserdem werden dadurch allfällige Wundheilungskomplikationen (zum Beispiel Infektion der offenen Wunde), die nach einer Operation bei der Genesung auftreten können, nahezu ausgeschlossen (Ebinesan, Maffulli, Sarai, & Walley, 2008; Pagenstert et al., 2010; Reda et al., 2019). In der Literatur fehlt ein Konsens darüber, welche der beiden Therapiemethoden langfristig das bessere Ergebnis erzielt. Zahlreiche Guidelines, Behandlungsempfehlungen und Studien zur Achillessehnenruptur (Diemer, Lowak, & Sutor, 2017; Gulati et al., 2015; Koller, 2017; Pagenstert et al., 2010; Rosso, Vavken, Sadoghi, Weisskopf, & Valderrabano, 2012) sind sich aber bezüglich des Vorgehens nach dem Trauma einig: Unabhängig von der gewählten Therapieform umfasst das anschliessende Prozedere eine Lagerung in Spitzfussstellung (Plantarflexion im OSG) im Spezialschuh (z.B. VACOped oder Künzli Achilles-Schuh) oder im Unterschenkelgips. So werden die Abriss-Stücke der Achillessehne in Annäherung gehalten und der Zug auf die Sehne wird während der Wundheilung verringert. Bei der konservativen Behandlung ist dies Voraussetzung, dass die Sehne wieder zusammenwachsen kann (Pagenstert et al., 2010).

Durch die stufenweise Reduktion des Plantarflexions-Winkels im Schuh soll ein angemessener Reiz auf die Sehne entstehen, um den Myofibroblasten die optimale Ausrichtung der Kollagenfasern aufzuzeigen, ohne neuerliche Gewebeschädigungen auszulösen (van den Berg, 2003).

Bis Betroffene den Fuss wieder im normalen Bewegungsradius im OSG bewegen dürfen, dauert es meist sechs bis acht Wochen (Diemer et al., 2017).

Vor allem im mittel- bis langfristigen Verlauf wird häufig intensive Physiotherapie angewendet. Physiotherapierende sind für Betroffene oft Ansprechpersonen, wenn Unklarheiten zum exakten Prozedere oder Fragen zum typischen Verlauf der

Heilung auftreten. Eine Einschätzung darüber abgeben zu können, ob eine Genesung physiologisch oder pathologisch abläuft, ist aus medizinischer Sicht bei der Therapie sehr wichtig (Diemer et al., 2017). Der Physiotherapie kommt somit eine wichtige Rolle zu, Komplikationen bei der Genesung frühzeitig zu erkennen oder gar zu verhindern.

Gemäss Oliva et al. (2019), Pagenstert et al. (2010) und Reda et al. (2019) stellt die Hauptkomplikation der konservativen Therapie die erhöhte Rerupturrate in den kritischen Phasen der Sehnenverlängerung respektive der Plantarflexionsreduktion dar. Diese Phasen sind im Heilungsprozess Schlüsselmomente für die Betroffenen, da bereits Fortschritte spür- und sichtbar sind, aber auch stets die Angst mitschwingt, dass es beim Übergang auf weniger Grad Plantarflexion zu Schmerzen oder sogar Rerupturen kommen kann. Was genau eine Patientin oder ein Patient in diesen Momenten an Schmerzen verspürt, ist gemäss heutigem Stand der Forschung noch kaum erforscht. Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag, diesem Umstand zu begegnen.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist, anhand einer Einzelfallanalyse eine Aussage über den möglichen Heilungsverlauf einer konservativ behandelten Achillessehnenruptur mit Fokus auf den Schmerz zu machen. Dabei wird speziell auf die Plantarflexionsreduktion sowie auf die kritischen Phasen der Sehnenwundheilung eingegangen.

2 Wissenschaftlicher Hintergrund

Im folgenden Kapitel wird auf die Wundheilung bei Sehnen im Allgemeinen und bei der Achillessehne im Speziellen eingegangen. Vor allem die Anatomie und die Ruptur der Achillessehne sowie die Therapie der Achillessehnenruptur und der entsprechende Schmerzverlauf während der Wundheilung stehen dabei im Fokus.

2.1 Wundheilung von Sehnen im Allgemeinen

Bei der Sehnenwundheilung wird zwischen extrinsischer und intrinsischer Heilung unterschieden. Die extrinsische Heilung wird von den umliegenden Strukturen wie Sehnenscheiden, Periost, Knochen, Faszien oder auch der Subkutis eingeleitet. Die intrinsische Heilung geht vom Sehnengewebe selbst aus (Müller, Todorov, Heisterbach, & Majewski, 2012; van den Berg, 2003). Gemäss der Literaturstudie von Sharma und Maffulli (2006) ist die Art und Weise, wie sich die Heilung vollzieht, von der Stelle und Grösse der Verletzung abhängig. Bei grossen Verletzungen wird stets die extrinsische vor der intrinsischen Heilung beginnen. Welche Heilung genau dominiert, kann man von aussen nicht exakt bestimmen (de Moore, 2001; Maffulli, 2002; van den Berg, 2003).

Bei der extrinsischen Heilung laufen alle Phasen der Wundheilung ab: die Entzündungs-, die Proliferations- und die Umbauphase (Heinlin, Schreml, Babilas, Landthaler, & Karrer, 2010). Wie in anderem Gewebe ist eine dosierte Belastung während der Heilung notwendig, um eine gute Organisation und Festigkeit der Sehne zu gewährleisten. In der ersten Phase, der Entzündungsphase, entstehen durch die Verletzung des Gewebes und der Blutgefässe eine Schwellung und ein Hämatom im Wundgebiet. Der Gerinnungsprozess beginnt gleich nach der Verletzung. Gleichzeitig gelangen Mastzellen, Makrophagen, Leukozyten und Botenstoffe in das Verletzungsgebiet und produzieren Entzündungsmediatoren, wodurch eine erhöhte Stoffwechselaktivität entsteht (Heinlin et al., 2010). Typische Entzündungszeichen sind Calor (Wärme), Rubor (Rötung), Dolor (Schmerz), Tumor (Schwellung) und Functio laesa (Funktionsverlust) (Koller, 2017; van den Berg, 2003). Die Entzündungsphase, die im umliegenden Gewebe der Sehne und auch im Endotenon und Epitenon, dem Hüllengewebe der Sehne, abläuft, dauert meist

nur drei bis fünf Tage (Molloy, Wang, & Murrell, 2003; van den Berg, 2003).
Abbildung 1 zeigt den detaillierten Aufbau einer Sehne mit Endotenon und Epitenon.

Abbildung 1. Aufbau einer Sehne mit Endotenon und Epitenon



Quelle: Sharma und Maffulli (2006)

In der sich anschliessenden Proliferationsphase beginnen Fibroblasten wenig belastbares Kollagen Typ III zu produzieren, um das Verletzungsgebiet damit aufzufüllen (Heinlin et al., 2010). Die Kollagensynthese ist vor allem in der ersten Woche der Proliferationsphase sehr hoch. Die Fibroblasten stammen aus dem umliegenden Gewebe. Gerade die Zellen des Endotenons zeigen eine sehr hohe Aktivität. Sie synthetisieren nicht nur sehr viel Kollagen, sondern bauen es auch in grosser Geschwindigkeit wieder ab, weil sonst der Umfang der Sehne zu gross würde. Die Organisation und Ausrichtung der gebildeten kollagenen Fasern ist von physiologischen Belastungen abhängig, die während der Wundheilung auf die Sehne einwirken. Durch diese funktionelle Anordnung der Fasern wird die Basis für eine hohe Belastbarkeit der Sehne nach der Genesung gelegt (Koller, 2017; van den Berg, 2003). Der Dosierung der Belastung kommt eine grosse Bedeutung zu, weil das

Gewebe in dieser Zeit extrem empfindlich ist und schnell erneut verletzt werden kann (Maffulli, 2002; van den Berg, 2003). Zu frühe und zu feste Belastung kann dazu führen, dass die Wundheilung in der Proliferationsphase erneut in die Entzündungsphase zurückfällt oder dass die initiale Entzündungsphase deutlich länger dauert. Entscheidend für den Wundheilungsverlauf ist deswegen eine reduzierte, sinnvoll dosierte Belastung in der Entzündungs- und Proliferationsphase (Hauser-Bischof, 2003; van den Berg, 2003). Die Proliferationsphase setzt meist am fünften Tag nach der Verletzung ein und dauert durchschnittlich circa vier bis sechs Wochen (van den Berg, 2003).

Die intrinsische Heilung läuft vermehrt bei kleinen Verletzungen ab, wobei der Heilungsprozess wegen der geringen Vaskularität überwiegend ohne Entzündungsphase stattfindet (van den Berg, 2003). Durch die fehlenden Entzündungsmediatoren wird die Stoffwechselaktivität nicht erhöht, was dazu führt, dass die intrinsische Heilung langsamer als die extrinsische verläuft. Die intrinsische Heilung geht vom Sehngewebe selbst aus. In der Proliferationsphase, die im Gegensatz zur extrinsischen Heilung rund 12 Wochen oder länger dauern kann, sollte die Belastung auf die Sehne reduziert bleiben (de Moore, 2001; van den Berg, 2003).

Allgemein dominieren mobilisierende und durchblutungsfördernde Massnahmen in der Proliferationsphase, sowohl bei der extrinsischen, wie auch bei der intrinsischen Heilung, das Geschehen (Hauser-Bischof, 2003; van den Berg, 2003). In der letzten Phase der Wundheilung, der Umbauphase, wird der grösste Teil der kollagenen Fasern des Typs III in stabilere kollagene Fasern des Typs I umgebaut (van den Berg, 2003). Diese Phase lässt sich in zwei weitere unterteilen: die Konsolidierungsphase, welche im Schnitt weitere drei Wochen dauert, sowie die Organisationsphase, welche circa 10 Wochen nach dem Trauma einsetzt und ungefähr ein Jahr dauert (Sharma & Maffulli, 2006). In der gesamten Umbauphase empfiehlt sich eine sensible Belastungssteigerung, um die Sehne langsam auf die Anforderungen aus Alltag, Beruf und Sport heranzuführen (van den Berg, 2003).

2.2 Achillessehne

Bei der Achillessehne verläuft die Wundheilung analog zu Sehnen im Allgemeinen. In den nachfolgenden Abschnitten wird auf die Achillessehnenruptur im Speziellen sowie deren Therapie näher eingegangen.

2.2.1 Anatomie Achillessehne

Die Achillessehne stellt den breitflächigen, sehnigen Ansatz des M. gastrocnemius und des M. soleus am Tuber calcanei dar, welche als Muskelgruppe des M. triceps surae am Unterschenkel fungieren (Waterston et al., 1997). Die Funktion der Achillessehne besteht darin, die Kraft und die Energie vom M. triceps surae auf den Fuss zu übertragen, um so Bewegung zu ermöglichen (Maffulli et al., 2004; van den Berg, 2003; Waterston et al., 1997). Dabei trägt die durchschnittlich 10 bis 12 cm lange Sehne zur Plantarflexion im OSG und zur Rückfussinversion im USG bei, sie kann bis zum 12.5-fachen des eigenen Körpergewichts aushalten und ist somit die kräftigste Sehne im menschlichen Körper (Hertel et al., 2016; Maffulli et al., 2004). Der physiologische Aufbau der Achillessehne ist vergleichbar mit jenem anderer Sehnen im Körper. Die Sehne besteht hauptsächlich aus spiral- und wellenförmig angeordnetem Kollagen. 95 % davon ist Kollagen Typ I, welches der Sehne ihre Festigkeit verleiht. Nur ein kleiner Teil besteht aus Elastin (Thevendran et al., 2013). Dieses Verhältnis ist essenziell für die funktionelle Aufgabe einer Sehne, denn Elastin lässt sich bis zu 200 % seiner Länge ausdehnen. Mehr Elastin in einer Sehne hätte einen grossen Verlust bei der Kraftübertragung zur Folge (van den Berg, 2003). Der wellenförmige Verlauf des Kollagens stellt sicher, dass die auf die Sehne einwirkenden Belastungen besser abgefangen werden können, indem bei Zug zunächst die Wellenform aufgehoben wird (van den Berg, 2003). Durch das Unter-Spannung-Bringen der kollagenen Fasern wird dank der spiralförmigen Anordnung des Kollagens eine sehr grosse Belastungsstabilität erreicht. Das Aufheben der Wellenform und damit das Straffen der kollagenen Fasern haben eine Verlängerung der Sehne um circa 5 % zur Folge. Werden die Sehnen noch mehr gedehnt, treten bereits Mikrorupturen auf. Eine Verlängerung von 8 bis 12 % führt in der Regel zur Totalruptur (Maffulli et al., 2004).

2.2.2 Achillessehnenruptur

Die Achillessehne ist die am häufigsten rupturierte Sehne des menschlichen Körpers. Die Ruptur ist bei 85 % der Betroffenen 2 bis 7 cm oberhalb der Insertion am Kalkaneus lokalisiert (Hertel et al., 2016; Maffulli et al., 2004; Oliva et al., 2019; Reda et al., 2019; Thermann, 1998; Thevendran et al., 2013; Waterston et al., 1997). Durch die geringe Perfusion des Blutes und der dadurch schlechten Stoffwechselsituation in dieser Zone können kleine Mikrorupturen schlecht heilen und dies begünstigt wiederum eine komplette Ruptur (Pagenstert et al., 2010; Reda et al., 2019; Thermann et al., 2000; Waterston et al., 1997).

Die akute Sehnenruptur bei jüngeren Personen ist häufig eine Sportverletzung, typischerweise bei „Stop-and-Go-“ und Sprung-Sportarten wie zum Beispiel Squash, Fussball, Volleyball oder Handball (Maffulli et al., 2004; Oliva et al., 2019; Thermann, 1998; Thermann et al., 2000). 53 % der Rupturen ereignen sich dabei spontan nach dem Push-off mit dem gewichttragenden Bein während der Knieextension (Thermann, 1998). Bei älteren Personen sind oft degenerative Prozesse im Spiel, welche dadurch ausgelöst werden, dass die Durchblutung der Sehnen im Alter deutlich abnimmt. Die Achillessehne wird zudem durch langjährige Überbelastung, falsches Schuhwerk oder falsches Training vorbelastet (Fenwick, Hazleman, & Riley, 2002; Gulati et al., 2015).

Die Ätiologie der Achillessehnenruptur ist stets multifaktoriell, wobei umwelt- und personenbezogene Faktoren eine essentielle Rolle spielen (Hertel et al., 2016; Maffulli et al., 2004; Oliva et al., 2019). In Tabelle 1 sind einige Beispiele für solche Faktoren aufgelistet.

Tabelle 1. Prädisponierende Faktoren einer Achillessehnenruptur

Umweltbezogene Faktoren	Personenbezogene Faktoren
- Überbelastung, falsches Training	- repetitive Mikrotraumata
- Drogen, Anabolika	- Alter
- Schuhwerk, Untergrund	- Geschlecht (Männer > Frauen)
- Kortikoidinjektion	- genetische Faktoren
	- Hormone
	- Adipositas

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hertel et al. (2016)

Eine Achillessehnenruptur resultiert in einer reduzierten Gehfähigkeit. Bei der Ärztin oder dem Arzt berichten Betroffene über einen meist deutlich spür- oder hörbaren Knall und einen gleichzeitig auftretenden, dolchstichartigen Schmerz in der Wade (Thermann et al., 2000). Typischerweise treten Anlaufschmerzen und Beschwerden beim Treppensteigen oder Bergauflaufen auf. Der Einbeinzehenstand am verletzten Bein ist nicht oder nur deutlich reduziert durchführbar. Es zeigt sich eine verstrichene Achillessehnenkontur mit palpabler Delle im Verlauf der Sehne (Heil, 2018; Pagenstert et al., 2010; Thermann, 1998). Der Thompson Test ist positiv, was bedeutet, dass die Plantarflexion im Fuss weiterlaufend beim Zusammenkneifen der Wade ausbleibt. Dieser Test ist jedoch im akuten Stadium aufgrund von Schmerzen nicht sensitiv (Thermann, 1998). Der Nutzen einer standardmässigen Durchführung bildgebender Diagnostik ist laut den Guidelines der American Academy of Orthopaedic Surgery (AAOS, 2009) nicht erwiesen, jedoch wird von der Deutschen Assoziation für Fuss- und Sprunggelenk (D.A.F) die Sonographie und Röntgendiagnostik zur zusätzlichen Diagnostik empfohlen (Richter, 2010).

2.2.3 Therapie

In der Literatur findet man keinen Konsens darüber, welche Therapieform (konservativ oder operativ) bei einer Achillessehnenruptur die geeignetere ist. In zahlreichen Studien zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen operativen und konservativen Therapieformen bezüglich funktionellen Ergebnissen (Chiodo et al., 2010; Ebinesan et al., 2008; Hufner et al., 2006; Kangas, Pajala, Siira, Hämäläinen, & Leppilahti, 2003; Nilsson-Helander et al., 2010; Wallace, Traynor, Kernohan, & Eames, 2004). Oliva et al. (2019), Pagenstert et al. (2010) und Reda et al. (2019) sind der Meinung, dass durch eine konservative Vorgehensweise eine höhere Rerupturrate entsteht. Von grosser Wichtigkeit – unabhängig von der gewählten Therapieform – ist gemäss Nilsson-Helander et al. (2010) eine frühe Mobilisation des Fusses. Vorteile der konservativen Therapie sehen Ebinesan et al. (2008), Pagenstert et al. (2010) und Reda et al. (2019) vor allem darin, dass allfällige Komplikationen während und nach einer Operation vollkommen vermieden werden können. Zudem kehren Betroffene mit der konservativen Therapie schneller wieder in den gewohnten Alltag zurück. Das Grundprinzip sowohl der operativen als auch

der konservativen Therapie ist die Adaptation der rupturierten Sehnenenden (Hertel et al., 2016). Welche der beiden Therapieformen geeigneter ist, wird in Absprache mit der behandelnden Ärztin oder dem behandelnden Arzt festgelegt (Pagenstert et al., 2010). Die konservative Behandlung wird oft bei älteren, sportlich weniger aktiven Personen sowie im Falle von Komorbiditäten bevorzugt, während die operative Behandlung oft bei jungen, sportlich sehr aktiven Personen durchgeführt wird (Heil, 2018).

Das konservative Prozedere besteht darin, den Fuss zunächst für circa zwei Wochen in 20- bis 30°-Plantarflexion zu fixieren, um so eine Annäherung der Sehnenenden zu erwirken, welche eine optimale Wundheilung begünstigt. Bei der konservativen Behandlung kann die Sehne erst zusammenwachsen, wenn der Kontakt zwischen den beiden Abriss-Stücken hergestellt ist (Pagenstert et al., 2010). Wie der Fuss in Plantarflexion gehalten wird, entscheidet die behandelnde Ärztin oder der behandelnde Arzt. Die Fixierung kann entweder durch einen Spezialschuh – beispielsweise einen VACOPed oder einen Künzli Achilles-Schuh – oder durch einen Unterschenkelgips erreicht werden. Ferner kann zu Beginn des Heilungsprozesses eine Belastungslimite vorgegeben werden, um so den Fuss möglichst zu entlasten (Diemer et al., 2017; Leppilahti, 2019; Richter, 2010). Der Vorteil von Spezialschuhen, wie beispielsweise dem VACOPed, besteht darin, dass man diese trotz starker Schwellung tragen kann und sich der Plantarflexions-Winkel im OSG dennoch in unterschiedlichen Graden einstellen lässt („OPED VACOPed“, o. J.). Es wird von verschiedenen Autoren (Gulati et al., 2015; Heil, 2018; Nilsson-Helander et al., 2010; „OPED VACOPed“, o. J.; Ruchholtz & Dieter, 2013) empfohlen, den Plantarflexions-Winkel von zu Beginn 20 bis 30°, unter Anleitung einer Fachperson, alle paar Wochen zu verringern.

Eine Alternative zum angesprochenen VACOPed liefern die Künzli Achilles-Schuhe „Ortho Rehab Total“ und „Ortho Rehab Absolut“. Die Künzli Achilles-Schuhe wurden speziell für die Nachbehandlung von Achillessehnenrupturen entwickelt. Zwei unterschiedlich dicke Sohlen-Keile ermöglichen die wichtige Spitzfussstellung und sind an den Heilungsverlauf anpassbar. Sobald die Schmerzen es zulassen, ist eine volle Belastung möglich („Künzli Achilles-Schuhe“, o. J.).

Durch die stufenweise durchgeführte Reduktion des Winkels im Schuh soll ein angemessener Reiz für die Sehne entstehen, um die optimale Ausrichtung der Kollagenfasern zu ermöglichen, ohne neuerliche Gewebeschädigungen auszulösen (van den Berg, 2003). Die Hauptkomplikation stellt in der konservativen Therapie die Reruptur in den kritischen Phasen der Sehnenverlängerung, sprich der Plantarflexionsreduktion dar (Oliva et al., 2019; Pagenstert et al., 2010; Reda et al., 2019).

2.3 Schmerz und Wundheilung

Nach einem Gewebeschaden, wie im vorliegenden Beispiel einer Achillessehnenruptur, werden stets Schmerzmediatoren ausgeschüttet.

Wie bereits in Abschnitt 2.1 erwähnt, sind Calor, Rubor, Dolor, Tumor und Functio laesa die fünf Entzündungszeichen des Körpers (Koller, 2017; van den Berg, 2003). Schmerzen spielen dabei eine essentielle Rolle und schränken die Patientin oder den Patienten im Alltag stark ein. Grundsätzlich detektieren schmerzempfindliche Nervenzellen (Nozizeptoren) potentiell gefährliche mechanische, thermische und chemische Reize (van den Berg, 2003). Diese Schmerzinformation wird ins zentrale Nervensystem (ZNS) weitergeleitet. Dort werden die Lokalisation und die Intensität der potentiellen Gefahr wahrgenommen. Wenn in dieser Verarbeitung im ZNS ein Problem auftritt, kann dies zu chronischen Schmerzen führen (Koller, 2017). Für die vorliegende Arbeit liegt jedoch der Fokus auf Schmerzen, die in der Peripherie detektiert werden. In der Literatur werden diese in nozizeptive und peripher neurogene Schmerzen unterschieden (Koller, 2017). In der vorliegenden Arbeit wird vorwiegend auf die nozizeptiven Schmerzen eingegangen, die in den ersten Phasen der Wundheilung nach einem Trauma normalerweise auftreten. Die nozizeptiven Schmerzen können weiter in entzündlich, ischämisch und mechanisch unterteilt werden (Luomajoki, 2017; Schaible & Schmidt, 2000). Tabelle 2 bietet eine Übersicht der drei nozizeptiven Schmerzarten.

Tabelle 2. Entzündlicher, mechanischer und ischämischer Schmerz

	Input (nozizeptiv-)		
	entzündlich	mechanisch	ischämisch
Art der Symptome	Schwellung, Rötung, Schmerz, Wärme, Funktionsverlust dumpf, pulsierend, pochend Ruheschmerz Nachtschmerz	klare Schmerzen stechend, punktuell klar begrenzt bestimmte Bewegungen schmerzen durch Einklemmung kein Ruheschmerz On-Off-Verhalten	Ermüdung, „Verspannung“ Gefühl von „auseinanderbrechen“
auslösend	Gewebeschädigung	Druck, Zug, Einklemmung etc. durch bestimmte Bewegung	Angehaltene Position Gewebedehnung → wenig Blut in Gewebe → wenig O ₂ → „saures“ Gewebe
lindernd	leichtes Bewegen Medikamente	bestimmte Bewegung vermeiden	Bewegung tut gut
Medikamente	Voltaren, Aspirin, Ibuprofen, NSAR	kaum lindernd	kaum lindernd

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Luomajoki (2017)

Während der Entzündungsphase kommt es aufgrund des Gewebeschadens vorwiegend zu nozizeptiv-entzündlichen Schmerzen, welche sich durch Vorliegen der fünf Entzündungszeichen sowie Nachtschmerz und Ruheschmerz zeigen. Bei dieser Art von Schmerz spielt zudem der zeitliche Faktor eine Rolle. Das heisst, dass ein Schmerz in Folge eines Traumas, einer klar definierbaren „falschen“ Bewegung oder einer Überbelastung auf neues Gewebe innert circa 24 Stunden auftritt (Koller, 2017). Eine Entzündung führt dazu, dass die Aktivierungsschwelle von Nervenfasern herabgesetzt wird, inaktive Nozizeptoren werden durch Entzündungsmediatoren im Gewebe aktiviert (primäre Hyperalgesie). Dieser Mechanismus schützt den Körper vor weiterem Gewebeschaden (Luomajoki, 2017; van den Berg, 2003). Die Entzündungsmediatoren lösen im Wundgebiet eine Schwellung aus, die viel grösser ist als das eigentliche Verletzungsgebiet, um tote Gewebezellen besser über das Lymphsystem abtransportieren zu können (Bechert & Abraham, 2009; Luomajoki, 2017; Schaible & Schmidt, 2000). Mechanische und

ischämische Schmerzen treten gegebenenfalls auch auf, dominieren jedoch nicht in dieser ersten Phase (Koller, 2017).

In der Proliferationsphase sollte der nozizeptiv-entzündliche Schmerz – und damit der konstante Ruheschmerz – mehrheitlich abklingen und es kommt vor allem noch zu nozizeptiv-mechanischen Schmerzen bei Belastung und nozizeptiv-ischämischen Schmerzen bei gehaltenen Positionen. Gemäss Koller (2017) und Luomajoki (2017) charakterisieren sich mechanische Schmerzprozesse durch ein klares On-Off-Verhalten: Bei gewissen Bewegungen kann ein stechender, punktueller Schmerz auftreten. Die schmerzhaften Bewegungen werden in der Folge vermieden, Ruheschmerz tritt in der Regel nicht auf.

Nozizeptiv-ischämischer Schmerz entsteht, wenn das Gewebe bei langanhaltenden, statischen Positionen gleichmässig gedehnt wird. Die Vaskularität sinkt, was einen verminderten Kohlendioxid- und Sauerstoff-Austausch im Gewebe zur Folge hat. Das Gewebe und seine Umgebung können über Zeit „sauer“ werden. Chemosensible Nozizeptoren nehmen das „saure“ Milieu im Gewebe wahr und senden ein Warnsignal an das Gehirn, um einen Gewebeschaden zu verhindern (Luomajoki, 2017; Schaible & Schmidt, 2000).

Die Vaskularität sinkt auch durch Überlastung der Muskulatur, da der intramuskuläre Druck steigt und die Blutgefässe komprimiert werden. Dies führt ebenfalls zu „saurem“ Milieu und dadurch zu ischämischem Schmerz (Koller, 2017). Bei ischämischen Schmerzen wird vielfach Bewegung als sehr angenehm empfunden (Koller, 2017; Luomajoki, 2017).

In der Umbauphase kann es weiterhin zu belastungsabhängigen Schmerzen kommen, jedoch bei physiologischer Wundheilung nicht zu nozizeptiv-entzündlichen Schmerzen. Es gilt festzuhalten, dass diese Wundheilungsphasen in der Praxis fliegend ineinander übergehen und dass dadurch die klare Bestimmung, welche Art von Schmerz dominiert, schwierig ist (Luomajoki, 2017). Weiter spielen laut der aktuell gängigen Meinung im Kontext der Wundheilungs- und Pathologiemechanismen zahlreiche, unterschiedliche Faktoren in die Genesung und das Schmerzempfinden hinein. Diese werden unter anderem im „Mature Organism Model“ (MoM-Modell) erklärt (Gifford, 1998; Luomajoki &

Schesser, 2018). Die Genesung des Gewebes verläuft demnach nicht zwingend linear zur Entwicklung der Schmerzen (Luomajoki & Schesser, 2018).

2.4 Forschungslücke

In den Abschnitten zuvor wird aufgezeigt, dass sich die vorliegende Arbeit auf die Verbindung dreier unterschiedlicher Kernbereiche konzentriert. Zu den individuellen Themen „konservative Behandlung von Achillessehnenrupturen“, „Wundheilung bei Sehnen allgemein“ sowie „Schmerzen im Allgemeinen“ existiert Literatur. Über die Verknüpfung der Phasen der Wundheilung bei Sehnen mit dem Schmerzverlauf bei konservativen Behandlungen von Achillessehnenrupturen gibt es jedoch bis anhin kaum Untersuchungen. Gerade in der Physiotherapie kann das richtige Einschätzen von Schmerzverläufen für Betroffene einen relevanten Beitrag bei der komplikationsfreien Genesung darstellen. Diese Arbeit ist somit in der Schnittmenge der drei erwähnten Bereiche angesiedelt, mit Fokus auf dem Schmerzverlauf. Abbildung 2 zeigt den Bereich der Forschungslücke, welcher mittels Fragezeichen dargestellt ist.

Abbildung 2. Forschungslücke und Kernbereiche



Quelle: eigene Darstellung

3 Fragestellung und Herleitung der Hypothesen

Die Ausführungen in Abschnitt 2.4 zeigen auf, dass beim Schmerzverlauf während der Genesung einer Achillessehnenruptur Forschungspotential vorhanden ist. Entsprechend wird in diesem Kapitel auf Basis der Literatur zuerst die Forschungsfrage der vorliegenden Studie hergeleitet. Danach wird auf die Hypothesen eingegangen, welche zur Beantwortung der Forschungsfrage aufgestellt werden.

3.1 Fragestellung

Achillessehnenrupturen werden in der Literatur im Moment des Traumas als stark schmerzhaft beschrieben (vgl. Abschnitt 2.2.2). Im Verlauf der Genesung lässt die Literatur den Schmerz jedoch weitgehend aussen vor.

Man scheint sich generell einig darüber zu sein, dass das Sehngewebe in der Proliferations- und in der Umbauphase einen angemessenen Reiz braucht, damit sich das Kollagen richtig ausrichten kann (vgl. Abschnitt 2.1). Dies ist wichtig für die spätere Belastbarkeit und Stabilität der Sehne. Nach Achillessehnenrupturen wird dieser Reiz meist anhand einer mehrschrittigen Plantarflexionsreduktion in einem Spezialschuh erreicht (vgl. Abschnitt 2.2.3). Diese Phasen gelten im Hinblick auf eine Reruptur und einen potentiellen Schmerzanstieg als Schlüsselmomente. Bei der Analyse des Schmerzverhaltens im Genesungsverlauf fokussiert die vorliegende Studie deshalb auf die Schlüsselmomente der Plantarflexionsreduktion.

Die Fragestellung lautet somit:

Wie verhält sich der Schmerz bei einer kompletten Achillessehnenruptur im Verlauf der konservativen Behandlung mittels Spezialschuh in den Schlüsselphasen der Plantarflexionsreduktion im OSG und welches sind mögliche Erklärungsansätze für das Schmerzverhalten?

Einzelne Aspekte der Fragestellung werden nachfolgend zur Eingrenzung genauer erläutert. Unter Schmerzverhalten wird die subjektive Einschätzung der betroffenen Person verstanden. Das genaue Prozedere der konservativen Behandlung bei Achillessehnenrupturen ist laut Literatur (Heil, 2018; Thermann et al., 2000)

abhängig von unterschiedlichen Faktoren, wie beispielsweise von der behandelnden Ärztin oder dem behandelnden Arzt oder auch von personenbezogenen Faktoren. Deshalb wird an dieser Stelle die Art der Behandlung nicht genauer spezifiziert, sondern nur definiert, dass sie nicht mittels Operation durchgeführt wurde und dass ein Spezialschuh zum Einsatz kam. In der Einzelfallanalyse, auf deren Datengrundlage diese Arbeit basiert, ist der Spezialschuh ein Künzli Achilles-Schuh (vgl. Kapitel 4). Die Art des Schuhs zur Versorgung von Achillessehnenrupturen steht dabei aber nicht im Fokus, sondern die Schlüsselphasen der Plantarflexionsreduktion werden betrachtet. Die Plantarflexionsreduktion findet in den Künzli Achilles-Schuhen mittels dreier verschiedener Keilstufen statt: 3 cm, 2 cm und 1 cm. Die genauen Plantarflexions-Winkel sind bei der vorliegenden Arbeit sekundär, da das Schmerzverhalten und nicht die genauen biomechanischen Gegebenheiten Gegenstand der Untersuchung sind. Entscheidend ist laut Abschnitt 2.1, dass durch den Keilwechsel ein Reiz gesetzt wird.

Mögliche Erklärungsansätze für das Schmerzverhalten sind in Kapitel 2 beschrieben. Sie werden in Abhängigkeit der ermittelten Resultate im Rahmen der Diskussion in Kapitel 6 wieder aufgegriffen.

3.2 Herleitung der Hypothesen

Allgemein gilt für das Generieren der Hypothesen, dass die Keilwechsel laut Literatur in der Proliferations- und in der Umbauphase stattfinden. Wichtig ist in diesen beiden Phasen, dass ein Reiz auf die Sehne ausgeübt wird, der die Ausrichtung des Bindegewebes der Achillessehne begünstigt (vgl. Kapitel 2.1). Es gilt dabei aber zu verhindern, dass eine neuerliche Entzündungsreaktion durch einen Gewebeschaden aufgrund von zu viel Zug am Bindegewebe der Sehne (welches zu diesem Zeitpunkt vor allem aus instabilen Fasern vom Kollagen Typ III besteht) auftritt. In der Proliferationsphase sind die fünf Entzündungszeichen weitgehend abgeklungen (Koller, 2017). Dies gilt auch für das Auftreten von (Entzündungs-) Schmerz. Schmerzen in dieser Phase der Wundheilung sind mehrheitlich nozizeptiv-mechanisch oder nozizeptiv-ischämisch und somit abhängig von der Haltung und von der Belastung der Muskulatur.

In der ersten Hypothese wird der Fokus auf den Reiz gesetzt, der durch die Plantarflexionsreduktion ausgelöst wird. Dieser Reiz soll für die betroffene Person spürbar sein. Somit ist zu erwarten, dass nach dem Keilwechsel die Schmerzen belastungsabhängig zunehmen werden. Die erste Hypothese lautet daher:

Hypothese 1: Am Tag des Keilwechsels nimmt der Schmerz abends im Vergleich zu vor dem Keilwechsel zu.

Die zweite Hypothese fokussiert darauf nachzuweisen, dass der Reiz nicht zu stark gesetzt wurde. Dies soll anhand zweier unterschiedlicher Hinweise betrachtet werden. Ein erstes Indiz ist, dass das Gewebe sich auch unter Belastung an den gesetzten Reiz gewöhnen kann und die Schmerzen abnehmen. Dies wird in Hypothese 2a überprüft:

Hypothese 2a: Das Schmerzniveau abends und morgens erreicht innerhalb der fünf Tage nach dem Keilwechsel das Schmerzniveau von vor dem Keilwechsel.

Nachtschmerzen sind zudem ein weiteres Indiz für eine Entzündungsreaktion und somit einen Gewebeschaden. Während eines Keilwechsels sollte es deshalb nicht zu Nachtschmerz kommen. Hypothese 2b lautet daher:

Hypothese 2b: Nach dem Keilwechsel kommt es nicht zu Nachtschmerz.

4 Methode und Ausgangslage

In diesem Kapitel werden das genaue Vorgehen der Case Study, deren wissenschaftliche Begleitung und das Vorgehen bei der Auswertung beschrieben. Nach den allgemeinen Ausführungen zur Case Study, wird genauer auf die spezifische Patientin und das medizinische Prozedere, inklusive physiotherapeutischer Begleitung, eingegangen. Im Rahmen der Case Study füllte die Patientin ein Schmerztagebuch aus, welches in Abschnitt 4.3 besprochen wird.

4.1 Allgemeine Ausführungen zur Case Study

Eine Case Study, auch als Einzelfallanalyse bezeichnet, ist eine qualitative, explorative Forschungsmethode, die sich eignet, um mögliche Phänomene oder Zusammenhänge beispielsweise im Gesundheitswesen aufzudecken. Da lediglich eine Person beziehungsweise ein Einzelfall im Detail betrachtet wird, ist die Generalisierbarkeit der Resultate nur bedingt möglich. Ein einzelner Fall kann aber sehr genau durchleuchtet werden und so Input für weitere Forschungen in diesem Gebiet liefern (Gomm, Hammersley, & Foster, 2000).

Im vorliegenden Fall wurde bei einer 48-jährigen Patientin, welche beim Volleyballspielen eine traumatische Achillessehnenruptur erlitt, im Nachgang an das Trauma eine wissenschaftliche Begleitung mittels Schmerztagebuch, biomechanischer Bewegungsanalysen sowie Ultraschall-Messungen der Kontinuität der Achillessehne durchgeführt. Zudem wurde der Belastungsaufbau mit Physiotherapie unterstützt. Eine Case Study bietet sich hier an, da der Schmerzverlauf bei der Genesung des Traumas bei einer einzelnen Person über eine längere Zeit nahe mitbegleitet wurde und zusätzlich mögliche Einflussfaktoren auf den Schmerz erhoben wurden. Um eine möglichst präzise Fallanalyse und deren Interpretation durchführen zu können, ist es wichtig, die Patientin und das genaue Vorgehen detailliert zu beschreiben.

4.2 Angaben zur Patientin und zum medizinischen Prozedere

Der Blick auf die näheren Angaben zur Patientin in Tabelle 3 zeigt, dass es sich um eine Frau mittleren Alters handelt, die für die Arbeit im Büro und bei der Erledigung des Haushalts keine sportlichen Höchstleistungen im Alltag erbringen muss. Mit Blick auf die Ausführungen in Kapitel 2.2.3 zur Auswahl der Behandlungsmethode der erlittenen Achillessehnenruptur ist die konservative Vorgehensweise nachvollziehbar.

Zu berücksichtigen gilt es die Nebendiagnose der Fibromyalgie. Die Fibromyalgie ist eine chronische Krankheit, die sich vor allem durch dauerhafte Schmerzen in Muskeln sowie anderem Gewebe äussert (Aeschlimann & Witte, 2012). Es wird vermutet, dass die Schmerzen durch Stress negativ beeinflusst werden. Auch wird angenommen, dass Menschen mit Fibromyalgie stärker auf äussere oder innere Schmerzreize reagieren. Dies weist auf eine sensitivere Reaktion des ZNS auf Schmerzreize hin als bei nicht-betroffenen Personen (Aeschlimann & Witte, 2012; Coppieters et al., 2016). Dass die Fibromyalgie die Resultate einer Studie, welche auf den Schmerz fokussiert, beeinflussen kann, scheint naheliegend. Deshalb werden die Ergebnisse im Rahmen der Diskussion in Kapitel 6 im Hinblick auf die Nebendiagnose kritisch bewertet.

Tabelle 3. Angaben zur Patientin

	Angaben zur Patientin		Angaben zur Patientin	
Alter bei Trauma	48 Jahre	Beruf	Büro, Haushalt	
Geschlecht	weiblich	Freizeit	seit 2 Jahren kein regelmässiger Sport mehr, Velofahren zur Arbeit	
Diagnose	Achillesruptur links, beim Volleyballspielen	Nebendiagnose	Fibromyalgie, Depression	
Behandlungsziele	Laufen, Velo, Joggen, Schwimmen, Wandern, Tennis im Anschluss			

Nach dem Trauma beim Volleyballspielen, bei welchem die Patientin einen Knall hörte und im linken Fuss einen dolchstichartigen Schmerz verspürte, suchte sie

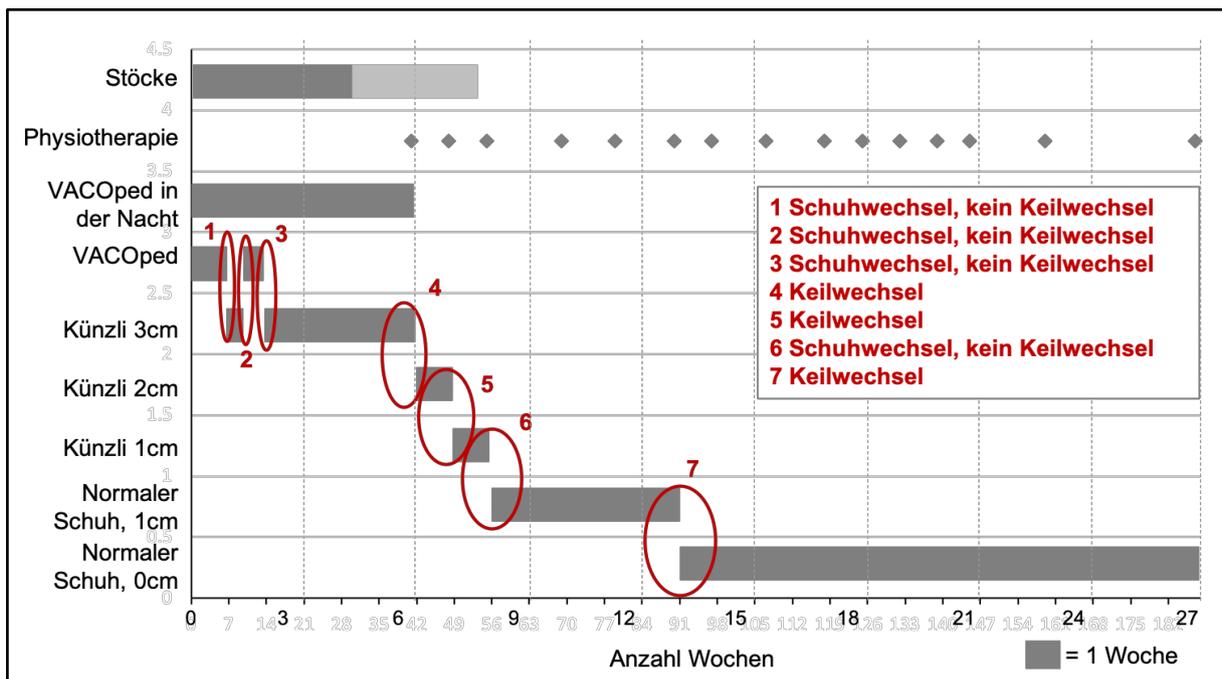
umgehend eine Arztpraxis auf. Dabei wurde die Diagnose der Achillessehnenruptur gestellt und ein konservatives Vorgehen vorgeschlagen, bei welchem sie rund fünf Wochen eine Lagerung in Spitzfussstellung im Spezialschuh einhalten sollte. Nach circa acht Wochen sei Fahrradfahren wieder möglich und ab neun bis zwölf Monaten auch Sprünge sowie „Stop-and-Go“-Sportarten wieder durchführbar (vgl. Befundaufnahme Physiotherapie im Anhang C). Dieses Prozedere wurde im weiteren Verlauf, vor allem auch in Absprache mit der physiotherapierenden Person, angepasst, was in Abbildung 3 ersichtlich ist.

Die Patientin besuchte ab Woche sechs während zweier Verordnungszyklen regelmässig die Physiotherapie. In Abbildung 3 sind nur deren 15 Termine abgebildet. Die Physiotherapie wurde von einer externen – nicht in direktem Zusammenhang zum Forschungsteam stehenden – Person durchgeführt. Die Dokumentation umfasst dabei lediglich 15 Termine (6/9 der ersten Verordnung, 9/9 bei der zweiten Verordnung). Anhand der Erfassungen im Schmerztagebuch (vgl. Abschnitt 4.3) lassen sich die verbleibenden drei Behandlungen der ersten Verordnungen nicht eindeutig rekonstruieren. Die Sitzungen fanden ab Woche sechs in regelmässigen Abständen von ein bis zwei Wochen statt. Gegen Ende der zweiten Verordnung wurde der Abstand zwischen den Behandlungen grösser. Im Fokus standen zu Beginn vor allem die Schwellungsreduktion, der vorsichtige Belastungsaufbau mit aktiven und passiven Mobilisationsübungen sowie passive Weichteiltechniken zur Tonus-Reduktion. Die Patientin trug parallel vor allem in der Anfangsphase einen Kompressionsstrumpf. Im weiteren Verlauf waren überwiegend aktive Übungen zum Kraftaufbau (MTT) und Gangschulung Teil der Therapiesitzungen. Nähere Angaben zu den physiotherapeutischen Interventionen in den Behandlungssitzungen finden sich im Anhang C.

Zu Beginn der Genesung war die Belastung des linken Beines für die Patientin nur bedingt möglich, weshalb die Patientin in den ersten vier Wochen an Unterarmgehstöcken ging. Für circa vier weitere Wochen nutzte die Patientin die Stöcke danach in spezifischen Situationen (beispielsweise ausser Haus, längere Strecken etc.). Die Teilbelastungen beziehungsweise der Belastungsaufbau wurden mehrheitlich in Absprache mit der behandelnden physiotherapeutischen Person abgesprochen, die detaillierten Schritte wurden jedoch nicht festgehalten.

In den dokumentierten rund 27 Wochen fanden sieben Anpassungen im Kontext des Schuhwerkes statt. Viermal wurde der Schuh komplett gewechselt. Zu Beginn wurde der Fuss mittels VACOped in ungefähr 30°-Plantarflexion gehalten, damit die Schwellung nicht zu stark zusammengedrückt wurde. Der VACOped wurde zudem zur Ruhigstellung des Fusses während der ersten sechs Wochen auch in der Nacht getragen.

Abbildung 3. Prozedere der Patientin



Quelle: eigene Darstellung

Eine Woche nach dem Trauma wechselte die Patientin tagsüber auf den Künzli Achilles-Schuh¹ mit „3 cm“-Keil, was in etwa einem vergleichbaren Winkel beim VACOped in der Einstellung von 30°-Plantarflexion entspricht. Die ungünstige Entwicklung der Schwellungs- und Schmerzsituation führte dazu, dass bereits nach drei Tagen wieder auf den VACOped zurückgewechselt werden musste. Zwei Wochen nach dem Trauma wurde für weitere vier Wochen definitiv auf den Künzli

¹ Dabei handelt es sich um den „Ortho Rehab Absolut“, der im Rahmen einer Studie zur Biomechanik dieses Schuhs an der ZHAW in Zusammenarbeit mit der Künzli SwissSchuh AG getestet wurde. Die Autoren der vorliegenden Arbeit waren in diese Studie nicht involviert und verfassten die vorliegende Arbeit unabhängig.

Achilles-Schuh mit „3 cm“-Keil gewechselt. Acht Wochen nach der Ruptur fand der letzte Wechsel, zurück auf einen Alltagsschuh, statt.

Insgesamt kam es zu drei Keilwechseln: nach sechs, sieben und 13 Wochen (von „3 cm“-Keil auf „2 cm“-Keil, von „2 cm“-Keil auf „1 cm“-Keil, von „1 cm“-Keil auf keinen Keil).

Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, ist das Ziel des Keilwechsels, einen Reiz im Rahmen der Proliferations- und der Umbauphase und der darin ablaufenden (Neu-)Ausrichtung des Bindegewebes zu setzen und die Sehne schrittweise zu verlängern. Der erste Keilwechsel fand im Vergleich zu den in Kapitel 2.2.3 besprochenen, theoretischen Prozedere bei einer Achillessehnenruptur erst sechs anstatt zwei Wochen nach dem Trauma statt. Die Implikation dieses Unterschiedes auf die Resultate wird in Kapitel 6 näher besprochen.

4.3 Datenerhebung mittels Schmerztagebuch

Die Daten für die vorliegende Arbeit wurden von der Patientin mittels Schmerztagebuch erfasst. Sie füllte dieses im Anschluss an das Trauma während 188 Tagen aus. Lediglich für vier Tage während der Festtage 2018 dokumentierte die Patientin den Schmerz für den gesamten Tag nicht. Für die vorliegende Arbeit ist dies aber nicht relevant, da diese vier Tage während keiner Phase der Keilwechsel zu liegen kamen. Weitere, einzelne fehlende Werte werden im Rahmen der Resultate graphisch dargestellt.

Im Schmerztagebuch wurde zu drei verschiedenen Tageszeitpunkten das Schmerzempfinden erhoben. Das Schmerzempfinden wurde mittels der Numeric Rating Scale (NRS) von „0=kein Schmerz“ bis „10=sehr starke Schmerzen“ ermittelt und widerspiegelt den „durchschnittlichen Schmerz im Bereich der Achillessehne“ am „Anfang des Tages“, in der „Mitte des Tages“ oder am „Ende des Tages“. Nachfolgend werden diese Variablen mit „Schmerz morgens“, „Schmerz mittags“ und „Schmerz abends“ bezeichnet. Das Schmerzempfinden dient bei den Hypothesen 1 und 2a als abhängige Variable. Die NRS ist gemäss Hjermstad et al. (2011) sowie Jensen und Karoly (2011) ein valides und reliables Instrument, um die Schmerzintensität von Betroffenen zu beurteilen. Zwischen Entzündungsschmerz, mechanischem Schmerz und ischämischem Schmerz unterscheidet die Skala aber

nicht. Die Erhebung der Schmerzen morgens und abends widerspiegelt wahrscheinlich eher Entzündungsschmerz oder ischämischen Schmerz, jedoch kaum den mechanischen Schmerz, da dieser eher punktuell und mittels „On-Off-Verhalten“ (also als direkte Rückmeldung auf eine Bewegung) auftritt.

Der ischämische Schmerz am Ende des Tages kommt aufgrund der Belastung der Muskulatur im Verlauf des Tages zustande. Abhängig von der Belastung steigt gegen Abend der intramuskuläre Druck, die Blutgefäße werden komprimiert und der Muskel wird dadurch schlechter durchblutet (Koller, 2017).

Zur Interpretation des Schmerzverhaltens ist es für die vorliegende Studie entscheidend, ab wann eine Zu- oder Abnahme der Schmerzen tatsächlich klinisch relevant ist. In der Literatur finden sich dazu unterschiedliche Aussagen. Farrar et al. (2001), Ostelo et al. (2008) und Salaffi et al. (2004) sind sich hinsichtlich der Betroffenen mit chronischen Schmerzen einig, dass der „minimal important change“ (MIC) für die NRS 2.0 Skalenpunkte beträgt. Dies bedeutet, dass eine Änderung von zwei oder mehr Punkten auf der NRS als klinisch bedeutsam gewertet werden kann (Wright, 1996).

Die Autoren Piva et al. (2009) haben in Bezug auf Knieschmerzen in einer Studie mit 60 Versuchspersonen herausgefunden, dass eine Veränderung ab 1.16 Punkten einer klinisch-bedeutsamen Veränderung entspricht.

Diese statistisch ermittelten Werte, die vor allem bei der quantitativen Betrachtung der Schmerzwerte von Personengruppen gelten, bieten auch in der vorliegenden Studie mögliche Anhaltspunkte für die Interpretation der Angaben der Patientin. Da in der vorliegenden Case Study eine einzige Patientin ihre Schmerzen einschätzt und diese direkt in Relation zu den vorhergehend eingetragenen Werten setzen kann (da sie diese im Schmerztagebuch nachschauen kann), ist bei der Interpretation der Ergebnisse davon auszugehen, dass bereits eine Steigerung um einen Punkt auf der NRS für die Patientin einem leichten und nicht-zufälligen Schmerzanstieg entspricht. Ein Anstieg ab zwei Punkten ist dann gerade mit Blick auf die Literatur schon als ein eindeutiger Schmerzanstieg zu werten.

Ab wann der Schmerzanstieg auf eine zu starke Reizsetzung hindeutet, ist eine inhaltliche und keine methodische Frage und wird im Diskussionsteil in Kapitel 6 näher erläutert.

Als erklärende Variablen für die Schmerzen dienen neben dem Keilwechsel auch die offene Variable „auslösende Faktoren“ sowie die offene Variable „sonstiges“. Die Variable „sonstiges“ besteht aus zusätzlichen Kommentaren auf der jeweiligen Schmerztagebuchseite. Im Anhang B findet sich ein Beispiel einer Schmerztagebuchseite.

Diese beiden offenen Variablen wurden von den beiden Autoren codiert, um die Variable „Nachtschmerz“ zu erhalten (wird für Hypothese 2b benötigt). Dabei wurde eine dichotome Variable erstellt mit „0=kein Hinweis auf Nachtschmerz“ und „1=Hinweis auf Nachtschmerz“. Da die Variable lediglich einer simplen, dichotomen Codierung bedarf, wurde für die Codierung kein Codebuch erstellt. Die Codierung wurde von beiden Autoren unabhängig voneinander durchgeführt und im Anschluss miteinander abgeglichen. Dabei ergab sich ein hoher Übereinstimmungskoeffizient von $r=0.98$. Die unterschiedlichen Codierungen wurden im Anschluss gemeinsam verifiziert und justiert.

Die weiteren, im Schmerztagebuch erhobenen, Variablen werden in dieser Arbeit nicht verwendet.

4.4 Abgrenzung

Aus forschungsökonomischen Gründen und nach Konsultation der Literatur macht es Sinn, sich bei der Analyse der Daten zu fokussieren. Deshalb werden zur Beantwortung der Fragestellung und für das Testen der Hypothesen lediglich die drei Keilwechsel betrachtet, denn die Schuhwechsel sollten nicht zu einer Änderung im Plantarflexions-Winkel und dadurch auch nicht zu einer Reizsetzung führen.

Ausserdem werden bei den Variablen zum Schmerz lediglich der Schmerz morgens und abends betrachtet. Der Schmerz abends zeigt unter anderem die Reaktion des Körpers auf die Belastung des jeweiligen Tages. Der Schmerz morgens legt dar, wie sich die Strukturen während der Phase mit wenig Belastung (Nacht) erholen konnten. Der Schmerz mittags gibt zwar einen Zwischenstand über die Reaktion des Körpers auf die Belastung bis zu diesem Tageszeitpunkt, resultiert aber inhaltlich in weniger Analysepotential als die anderen beiden Schmerzzeitpunkte.

Es wird eine Zeitspanne von drei Tagen vor (als Referenzwert) und fünf Tagen nach dem Keilwechsel genauer betrachtet. Die fünf Tage nach dem Wechsel entsprechen der Zeitdauer der Entzündungsphase eines möglichen, ungewollten Gewebeschadens (van den Berg, 2003).

Vor der Betrachtung der Resultate gilt es zu betonen, dass, wie angesprochen, nur ein Einzelfall betrachtet wird und Rückschlüsse auf eine grössere Population nicht zulässig sind. Als statistische Verfahren kommen somit lediglich deskriptive Auswertungen in Frage, welche visuell so aufbereitet werden, dass sie der Beantwortung der Forschungsfrage und der Testung der Hypothesen dienlich sind.

5 Resultate

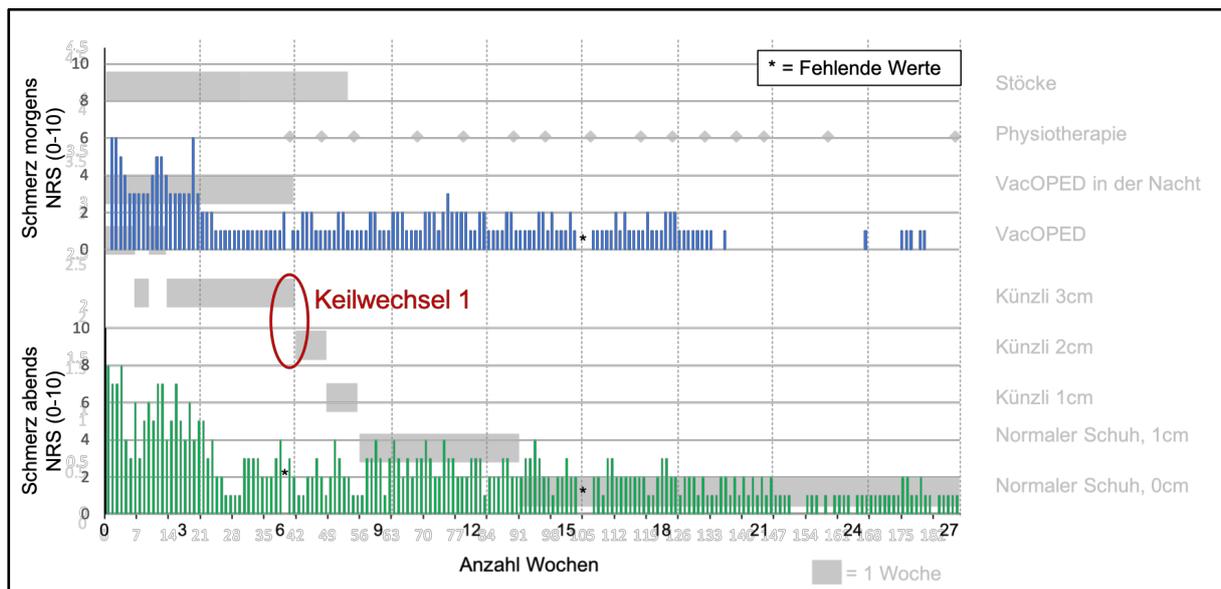
Um ein Grundverständnis für den Schmerzverlauf während der Genesung zu erhalten, wird im ersten Abschnitt dieses Kapitels die Schmerzentwicklung über die gesamte Erhebungsdauer betrachtet.

Nach einem groben Gesamtüberblick wird im zweiten Abschnitt auf die Beantwortung der in Abschnitt 3.2 formulierten Hypothesen fokussiert.

5.1 Allgemeiner Überblick

Eine Prämisse der Hypothesen ist, dass der Verlauf der Wundheilung so abläuft, dass sich die Keilwechsel in der Proliferations- und in der Umbauphase abspielen. Bezüglich Schmerzen sollte also kein Entzündungsschmerz mehr vorherrschen und die Schmerzlage sollte sich beruhigt haben.

Abbildung 4. Verlauf der Schmerzen morgens und abends während der dokumentierten Genesungsperiode



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 4 ist zu entnehmen, dass der Schmerz in den 27 dokumentierten Wochen nach dem Trauma eine Normalisierungstendenz aufwies und in den letzten Wochen (nach Woche 18) sich zwischen NRS 0/10 und 2/10 einpendelte, sowohl morgens als auch abends.

Es zeigt sich, dass die Schmerzen abends in der Tendenz höher und auch variabler waren als diejenigen morgens. Nach rund drei Wochen reduzierten sich die

Schmerzen sowohl abends (ab dann nur noch vereinzelte Schmerzen über NRS 3/10) und auch morgens (ab dann nur noch vereinzelte Schmerzen über NRS 2/10). Dies ist ein möglicher Hinweis, dass die Entzündungsphase zu diesem Zeitpunkt grösstenteils abgeschlossen war und ab dann die Proliferationsphase dominierte. Das im Hintergrund von Abbildung 4 dargestellte Prozedere der Patientin zeigt, dass der erste Keilwechsel in Woche sechs, also weit entfernt von der Reduktion der Schmerzen nach drei Wochen, stattfand.

5.2 Hypothesen

In Tabelle 4 sind zur besseren Übersicht eine Zusammenfassung der Hypothesen 1, 2a und 2b sowie in der Kopfzeile die formulierten Hypothesen ersichtlich. In den folgenden Unterkapiteln wird detailliert auf die Beantwortung der Hypothesen eingegangen.

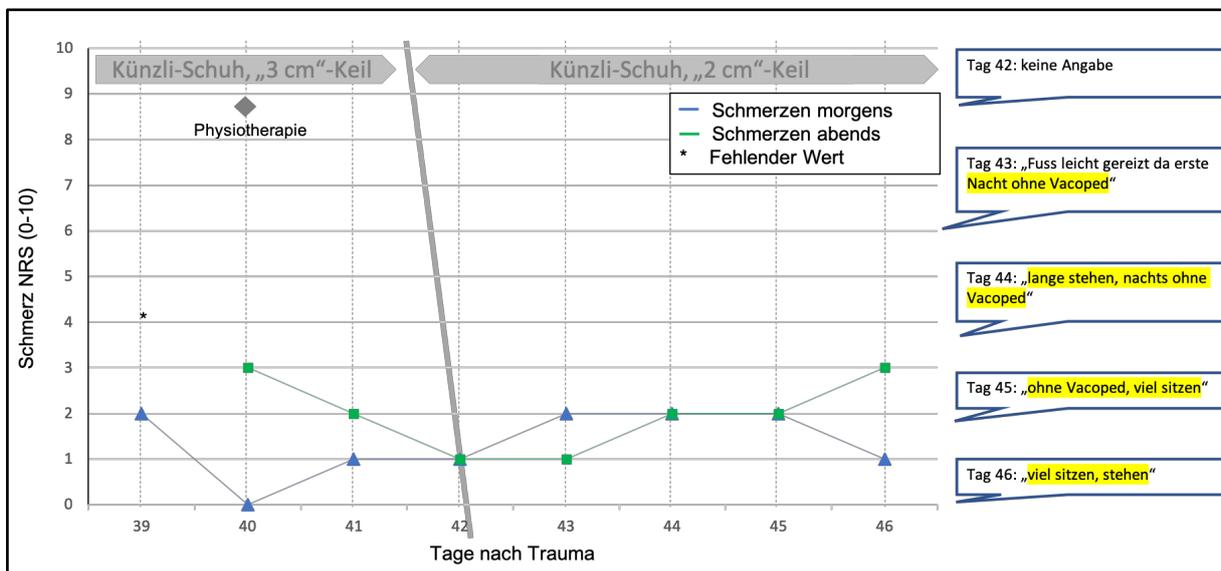
Tabelle 4. Übersicht der Resultate für die Hypothesen 1, 2a und 2b

	Hypothese 1	Hypothese 2a	Hypothese 2b
	H1: Am Tag des Keilwechsels nimmt der Schmerz abends im Vergleich zu vor dem Keilwechsel zu.	H2a: Das Schmerzniveau abends und morgens erreicht innerhalb der fünf Tage nach dem Keilwechsel das Schmerzniveau von vor dem Keilwechsel.	H2b: Nach dem Keilwechsel kommt es nicht zu Nachtschmerz.
Keilwechsel 1	Trifft nicht zu für den Abend nach dem Keilwechsel, erst ab Tag 2 nach Keilwechsel steigen die Schmerzen abends leicht an	Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Trifft zu , kein Nachtschmerz in den Tagen nach dem Keilwechsel
Keilwechsel 2	Trifft zu , abends nach dem Keilwechsel sind die Schmerzen bei NRS 4/10 (im Vergleich zum Vortag: NRS 2/10)	Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Trifft nicht zu , Nachtschmerz ab Tag 2 nach dem Keilwechsel (nach Zusammenstoss)
Keilwechsel 3	Trifft zu , abends nach dem Keilwechsel sind die Schmerzen bei NRS 3/10 (im Vergleich zum Vortag: NRS 2/10)	Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Trifft zu , kein Nachtschmerz in den Tagen nach dem Keilwechsel

5.2.1 Keilwechsel 1

Bei der Betrachtung des ersten Keilwechsels in Abbildung 5 zeigt sich im Kontext der ersten Hypothese, welche das Setzen eines Reizes thematisiert, dass der Schmerz abends nach dem Keilwechsel nicht anstieg. Bezüglich den Hinweisen auf einen Entzündungsvorgang nach dem Keilwechsel, welcher in Hypothese 2 thematisiert wird, ergibt sich für Hypothese 2a, dass sich der Schmerz innerhalb von den fünf Tagen wieder auf dem Level von vor dem Keilwechsel oder sogar darunter befand.

Abbildung 5. Erster Keilwechsel^{2,3} von 3 cm auf 2 cm, am Tag 42 nach Trauma



Quelle: eigene Darstellung

Während der Schmerz abends nach dem Keilwechsel sogar sank, stieg der Schmerz morgens (Tag 43) an, sank aber an Tag 46 wieder auf den Ausgangswert (NRS 1/10). Der Schmerz abends stieg ab Tag 44 wieder an. Die offenen

² Die Schmerzwerte werden in Abbildung 5, Abbildung 6 und Abbildung 7 als Punkte dargestellt, da der Schmerz tatsächlich punktuell abgefragt wurde. Die feinen Verbindungslinien dienen lediglich der visuellen Veranschaulichung und bilden keinen realitätsgetreuen Verlauf ab.

³ Da der Keilwechsel am Morgen nach dem Aufstehen stattgefunden hat, zählt der Schmerz morgens noch zur Phase vor dem Keilwechsel. Deshalb verläuft die Trennlinie schräg und direkt durch den Datenpunkt NRS 1/10 an Tag 42. Bei nachfolgenden Diagrammen ist die Trennlinie ebenfalls schräg dargestellt.

Kommentare zu den Auslösern der Schmerzen zeigen, dass dieser Befund auch aktivitätsbedingt sein könnte (gelb hervorgehoben).

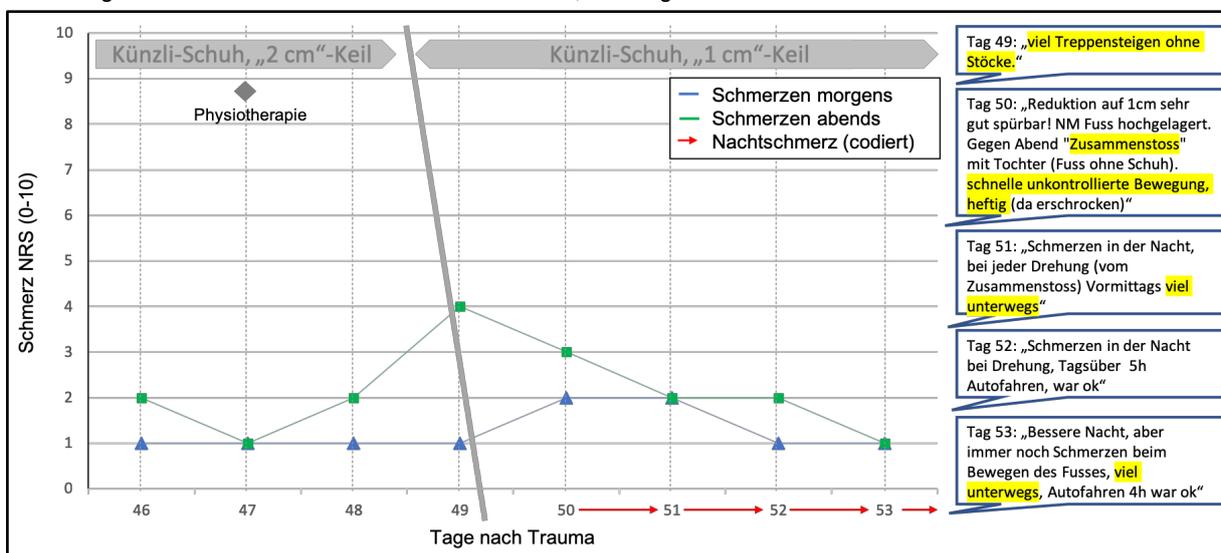
Wie in Hypothese 2b angenommen, trat während der ganzen Phase kein Nachtschmerz auf.

Die offenen Kommentare, im Diagramm rechts dargestellt, geben ausserdem den Hinweis, dass es in der Phase nach dem Keilwechsel zum Verzicht des VACOpeds in der Nacht kam, was den erhöhten Schmerz morgens erklären könnte. Der Kommentar „viel sitzen“ mit einem gleichzeitigen Anstieg der Schmerzen könnte auf ein ischämisches Schmerzverhalten hinweisen.

5.2.2 Keilwechsel 2

Für den zweiten Keilwechsel ist der Schmerzverlauf in Abbildung 6 dargestellt. Hier zeigt sich ein Anstieg der Schmerzen abends nach dem Keilwechsel von NRS 2/10 auf 4/10, was auf einen Reiz durch die Plantarflexionsreduktion hinweisen kann (Hypothese 1). Auch der Kommentar an Tag 50 weist mit der Aussage „Reduktion auf 1 cm sehr gut spürbar“ klar darauf hin.

Abbildung 6. Zweiter Keilwechsel von 2 cm auf 1 cm, am Tag 49 nach Trauma



Quelle: eigene Darstellung

Sowohl die Schmerzen abends als auch morgens nahmen innerhalb der fünf Tage nach dem Keilwechsel wieder auf den Ausgangswert ab (Hypothese 2a).

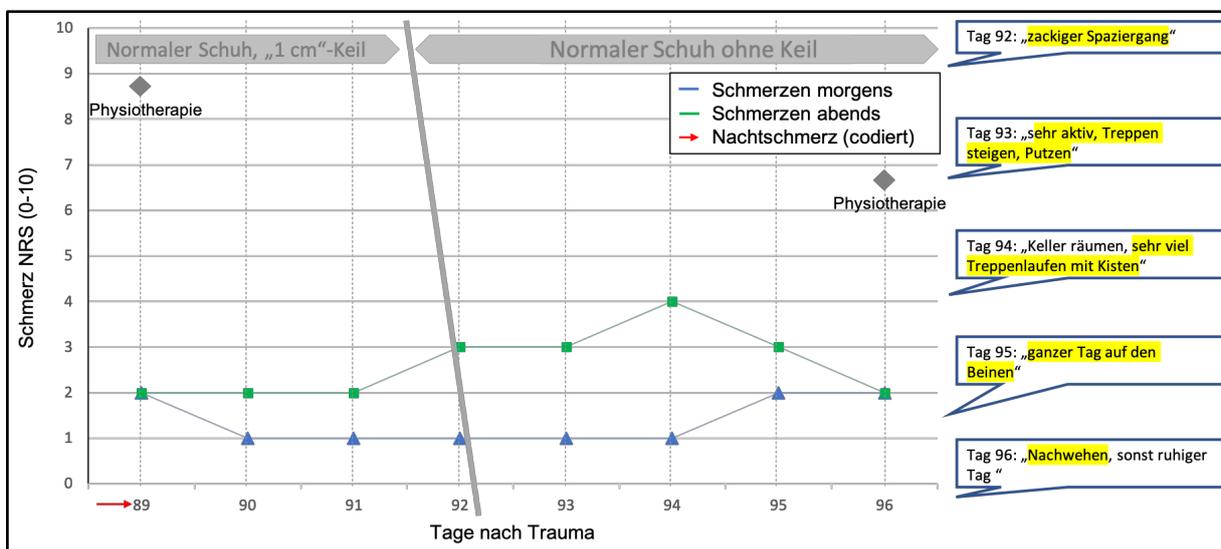
Ab der Nacht von Tag 50 auf Tag 51 kam es zu Nachtschmerz, was gegen Hypothese 2b spricht und auf eine durch den Keilwechsel ausgelöste erneute

Entzündungsphase hinweisen könnte. Bei der Betrachtung der offenen Kommentare zeigt sich aber, dass die Patientin einen Zusammenstoß mit ihrer Tochter hatte und dieser als wahrscheinlicher Auslöser für den Nachtschmerz in Frage kommt. Der Nachtschmerz hielt danach knapp drei Wochen an.

5.2.3 Keilwechsel 3

Nach dem dritten Keilwechsel (ersichtlich in Abbildung 7) kam es erneut zu einem leichten Anstieg der Schmerzen abends (NRS 2/10 auf NRS 3/10; Hypothese 1). Der Schmerz abends reduzierte sich innerhalb der fünf Tage auf das Ausgangsniveau (Hypothese 2a). Auffällig ist hier der Schmerzgipfel an Tag 94 (NRS 4/10). Der offene Kommentar zeigt für diesen Tag ein erhöhtes Aktivitätslevel. Der Schmerz morgens blieb nach dem Keilwechsel unverändert und stieg am dritten Tag nach dem Keilwechsel leicht (NRS 1/10 auf NRS 2/10) an. Laut offenen Kommentaren war dies auf eine erhöhte Aktivität an den Vortagen zurückzuführen. Wie beim ersten Keilwechsel kam es auch hier zu keinem Nachtschmerz innerhalb der fünf Tage (Hypothese 2b).

Abbildung 7. Dritter Keilwechsel von 1 cm auf keinen Keil, am Tag 92 nach Trauma



Quelle: eigene Darstellung

6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse evaluiert und in Kontext mit den in Kapitel 2 erläuterten, wissenschaftlichen Hintergründen von Achillessehnenruptur, Schmerzphysiologie und Wundheilung bei Sehnen gesetzt. Ferner werden weiterführende Überlegungen angestellt. Neben den Transferüberlegungen für die Physiotherapie, der kritischen Würdigung der vorliegenden Arbeit sowie deren Limitationen werden am Ende des Kapitels Empfehlungen für weiterführende Forschung abgegeben. Im Anhang D befindet sich ein Flussdiagramm zur visuellen Darstellung der in diesem Kapitel verfolgten Argumentationslinien.

6.1 Interpretation der Ergebnisse

Für die Interpretation der Hypothesen macht es in Bezug auf die Übersichtlichkeit im Vergleich zum vorherigen Kapitel Sinn, die Hypothesen und nicht die Keilwechsel einzeln zu betrachten. Einige Erkenntnisse sind jedoch für beide Hypothesen gültig und werden vorab in einem separaten Abschnitt besprochen.

6.1.1 Allgemeine Vorbemerkungen

In Kapitel 5.1 zeigte sich in Abbildung 4, dass das zu Beginn hohe Schmerzniveau der Patientin für circa drei Wochen anhielt. Schmerz ist eines der fünf Entzündungszeichen und ist vorwiegend in der Entzündungsphase anzutreffen. Starke Schmerzen sind ein Hinweis darauf, wie lange die Entzündungsphase anhält. Im vorliegenden Beispiel dauerte die Phase starker Schmerzen also deutlich länger als die erwartete Entzündungsphase von drei bis fünf Tagen (vgl. Kapitel 2.1).

Diese verlängerte Phase starker Schmerzen kann als ein Hinweis auf eine mögliche Störung der Wundheilung gedeutet werden. Die Wundheilung kann durch unterschiedliche Faktoren verzögert werden. Die Nebendiagnose „Depression“ ist ein solcher Faktor (Stein, Miller, & Trestman, 1991). Auch Mikro-Traumata durch zu grosse Belastung können zu einer verlängerten Entzündungsphase führen.

Eine weitere mögliche Interpretation des erhöhten Schmerzniveaus in den ersten drei Wochen ist, dass die starken Schmerzen im vorliegenden Fall nicht mit der Dauer der Entzündungsphase übereinstimmen. Laut der aktuell gängigen Vorstellung von Wundheilungs- und Pathologiemechanismen (vgl. Kapitel 2.3) verläuft

die Genesung des Gewebes nicht zwingend linear zur Entwicklung der Schmerzen (Luomajoki & Schesser, 2018). Ein möglicher Einfluss auf das erhöhte Schmerzempfinden können im vorliegenden Fall die Nebendiagnosen der Patientin (Fibromyalgie und Depression; vgl. Kapitel 4.2) haben, die mit einer veränderten Schmerzverarbeitung und -wahrnehmung im ZNS einhergehen.

Welcher der beiden Erklärungsansätze wahrscheinlicher ist, ist ohne bildgebendes Verfahren nicht eindeutig zu klären. Aus den offenen Kommentaren geht hervor, dass die Patientin bis zu Tag 19 nach dem Trauma über eine (starke) Schwellung klagte, welche vermutlich von einer erhöhten Aktivität im Alltag ausgelöst wurde. Dies spricht eher für eine Verzögerung der Wundheilung als für eine Verarbeitungsstörung im ZNS.

Die Konsequenz beider Erklärungsansätze weist ohnehin in dieselbe Richtung: Es war sinnvoll, dass der erste Keilwechsel nicht bereits nach zwei Wochen erfolgte. Ob eine tatsächliche Störung der Wundheilungsphase oder eine Schmerzverarbeitung im ZNS die Ursache war, spielt eine geringfügige Rolle. Es wäre in beiden Fällen kontraproduktiv gewesen, einen weiteren Reiz zu setzen und dadurch die noch nicht wie erwartungsgemäss normalisierten Schmerzen möglicherweise wieder zu erhöhen. Der Schmerzverlauf weist darauf hin, dass ein Keilwechsel durchaus bereits in der vierten Woche anstatt erst in Woche sechs hätte stattfinden können. Dadurch wurde eine bessere Ausrichtung der kollagenen Fasern Typ III und I möglicherweise nicht erreicht, was langfristig zu einer verminderten Stabilität der Sehne geführt haben könnte. Dass die Konsequenzen eines späten ersten Keilwechsels in der Praxis in Kauf genommen oder sogar befürwortet werden, zeigt die kürzlich diesbezüglich herausgegebene Patienteninformation des Berner Inselspitals. Sie schlägt vor, den ersten Keilwechsel erst nach sechs Wochen vorzunehmen (Krause, 2019). Eine mögliche Erklärung dafür liefern die Autoren Hufner et al. (2006). Anhand einer Erhebung, welche an 168 Betroffenen vorgenommen wurde, zeigte sich, dass bei einer Ausweitung der ersten Keilphase von sechs auf acht Wochen die Gefahr einer zu langen Sehne reduziert werden konnte. Eine zu lange Sehne hat einen negativen Einfluss auf die Kraftentwicklung des M. triceps surae. Die Gefahr einer Ruptur wurde durch die Ausweitung der Phase bis zur ersten Keilreduktion aber nicht vermindert.

6.1.2 Hypothese 1: Initiale Schmerzzunahme nach Keilwechsel

Diese Hypothese geht von einer Schmerzzunahme für den Schmerz abends am Tag des Keilwechsels im Vergleich zum Vortag aus. Eine Schmerzzunahme würde darauf hinweisen, dass es zu einem Reiz auf das Gewebe gekommen ist. Wie in Kapitel 4.3 erwähnt, geht die vorliegende Arbeit bereits bei einer Erhöhung um einen Skalenpunkt auf der NRS von einer leichten Reizsetzung aus. In der vorliegenden Studie bewegte sich der Schmerz abends und morgens auf der NRS bei den drei Keilwechseln in einem niedrigen Bereich zwischen 0 und 4. Deshalb stellt sich die Frage, ob diese Annahme auch in diesem tiefen Bereich der Skala Sinn ergibt oder präzisiert werden muss. In der Literatur gibt es Hinweise, dass nicht in jedem Bereich der NRS der MIC gleich gross ist (Hilfiker, 2008). Bei einer Schmerzintensität zwischen 0 und 4 Punkten auf der NRS 10er-Skala ist bereits ein Unterschied von mehr als 0.5 Punkten klinisch relevant. Erst ab mehr als 4 Punkten wird ein Unterschied von mindestens 2 Punkten als klinisch relevant angegeben (Hilfiker, 2008). Dies spricht für das Vorgehen in der vorliegenden Arbeit, bereits Veränderungen von einem Skalenpunkt als relevant zu taxieren.

Mit einem Anstieg von NRS 2/10 auf NRS 4/10 zeigte sich bei Keilwechsel 2 ein eindeutiger Schmerzanstieg. Die Patientin erwähnte im offenen Kommentar, dass dieser Keilwechsel gut spürbar gewesen sei, was somit die Relevanz des Schmerzanstieges als Zeichen einer Reizsetzung unterstützt. In den Prozedere, die in Abschnitt 2.2.3 besprochen wurden, wird ein Abstand von zwei Wochen zwischen den Keilwechseln empfohlen. Im vorliegenden Fall betrug der Abstand jedoch lediglich eine Woche. Dass der Keilwechsel gut spürbar war, könnte mit den dicht aufeinanderfolgenden Keilwechseln zusammenhängen. Ob diese Belastung zu hoch war und was dies für die Dauer bis zur Normalisierung der Schmerzen bedeutete, wird bei der Diskussion der zweiten Hypothese in den nächsten Abschnitten näher betrachtet. Die erhöhte Aktivität an diesem Tag (offener Kommentar: „viel Treppensteigen ohne Stöcke“) hatte vermutlich ebenfalls einen Einfluss.

Nach dem Keilwechsel 3 stiegen die Schmerzen abends im Vergleich zum Vortag ebenfalls an, von NRS 2/10 auf NRS 3/10. In den offenen Kommentaren erwähnte

die Patientin den Keilwechsel nicht explizit als mögliche Ursache, hingegen war sie gemäss den Kommentaren am Tag des Keilwechsels sehr aktiv.

Bei Keilwechsel 1 kam es zu keinem Schmerzanstieg, die Schmerzen sanken unter das Niveau des Vorabends (NRS 2/10 zu NRS 1/10). Beim ersten Keilwechsel wird laut der Hypothese aufgrund des ausgebliebenen Schmerzanstiegs daher davon ausgegangen, dass der Keilwechsel nicht den gewünschten Reiz setzen konnte. Als Erklärung dafür kommt sicherlich die Differenz zu den in der Literatur beschriebenen Prozedere in Frage, bei welchen die erste Plantarflexionsreduktion nach zwei Wochen angedacht ist. Bereits in Abschnitt 6.1.1 wurde aber erwähnt, dass es durchaus auch Prozedere gibt, die eine spätere initiale Plantarflexionsreduktion empfehlen.

Es ist interessant zu beobachten, dass dieser „späte“ erste Keilwechsel nicht etwa zu einem erhöhten Schmerzanstieg durch einen Reiz auf die in der Zwischenzeit verfestigtere, mit sogenannten „Crosslinks“ versehene und somit möglicherweise weniger dehnbare und weniger belastbare Sehne führte (van den Berg, 2003). Hierfür lassen sich aufgrund der Literatur und den vorliegenden Daten unterschiedliche Überlegungen anstellen:

Intensität des Dehnungsreizes

Eine Erklärung könnte sein, dass der Keilwechsel 1 lediglich zu einer Dehnung der Sehne im Toleranzbereich führte, welche die lokalen Sensoren nicht als potentiell schädigenden Reiz weiterleiteten und es deshalb nicht zu Schmerzen kam. Die Intensität des Dehnungsreizes ist vor allem auch abhängig von der Aktivität am Tag des Keilwechsels (vgl. Kapitel 2.1). Mit lediglich geringer Belastung der Sehne im Tagesverlauf käme es nur zu einem geringen Reiz auf die Sehne. Die Patientin trug für diesen Tag keinen offenen Kommentar ein, was das Aktivitätslevel als mögliche Erklärung weder bestätigt noch verwirft. Dass der Schmerz abends aber vom zweiten bis zum fünften Tag nach dem Keilwechsel wieder zunahm und die Patientin in den offenen Kommentaren eine erhöhte Aktivität erwähnte, unterstützt diese Erklärung.

Innerhalb der anschliessenden Woche kam es dann zu keiner oder zu einer zu geringen Adaption der Sehnenlänge, weshalb dann bei Keilwechsel 2 die Sehne

einen deutlichen Reiz zur Verlängerung erhielt, was sich im offenen Kommentar der Patientin widerspiegelte.

Anzahl Kollagenfasern

Eine weitere Erklärung könnte sein, dass sich zwischen Woche zwei und Woche sechs deutlich mehr Kollagen Typ III Fasern bilden und ausrichten konnten als nur bis zu Woche zwei (vgl. Kapitel 2.1). Die Zugbelastung konnte sich daher auf mehr Fasern verteilen, wodurch die Sensoren im lokalen Gewebe keine potentielle Schädigung wahrnahmen. Deshalb kam es dann zu keinem Schmerzanstieg bei Keilwechsel 1. Eine parallel durchgeführte Case Study mit derselben Patientin untersuchte die Faserstruktur der Sehne im Heilungsverlauf mit diagnostischem Ultraschall. Der erste Ultraschall fand erst nach dem ersten Keilwechsel statt. Dennoch zeigte sich im Vergleich zu späteren Ultraschall-Bildern, dass auch sechs Wochen nach dem Trauma noch keine klar ausgerichtete Faserstruktur ersichtlich war, sondern einzelne „Kollagen-Inseln“, die auf dem Ultraschallbild nur wenig mit den rupturierten Sehnenenden verbunden waren (Lachappelle, 2020). Aufgrund der Ultraschall-Bilder kann diese Erklärung nicht eindeutig bestätigt oder verworfen werden.

Sensitivität der Rezeptoren auf Schmerz

Das Schmerzempfinden hängt nicht linear mit der Gewebeheilung zusammen (Luomajoki & Schesser, 2018). Nach einem Trauma sind die Schmerzrezeptoren im betroffenen und umliegenden Bereich sensitiver (primäre Hyperalgesie), da der Körper die traumatisierte Stelle speziell schützt (vgl. Kapitel 2.3). Es ist denkbar, dass diese gesteigerte Sensitivität zwei Wochen nach dem Trauma noch erhöht und deshalb ein stärkerer Schmerzanstieg zu erwarten ist als nach sechs Wochen. Dass nach sechs Wochen jedoch gar kein Schmerz ausgelöst wird, ist vor allem auch deshalb unwahrscheinlich, da der Schmerz bei Keilwechsel 2 und 3, wie in der Hypothese angenommen, ausgelöst wurde. Diese Erklärung greift daher ebenfalls zu kurz.

Für die Patientin mag der initial ausgebliebene Schmerzreiz bei Keilwechsel 1 durchaus willkommen gewesen sein. Aus physiologischer Sicht jedoch ist ein

adäquater Reiz auf die Sehne während der Wundheilung wichtig (vgl. Kapitel 2.1). Es ist schwierig abzuschätzen, ob diese um einen Tag verzögerte Reaktion auf Keilwechsel 1 oder der erst nach sechs Wochen vorgenommene erste Keilwechsel einen direkten Einfluss auf die Ausrichtung der Kollagenfasern und die daraus entstehende, langfristige Belastbarkeit der Sehne hatte. Dafür wäre eine detailliertere Forschung nötig gewesen, unter anderem mit bildgebenden Verfahren.

Tabelle 5 zeigt die Übersicht für Hypothese 1 inklusive der Interpretation. Dabei sind angesprochene Interpretationen, die eher keine ausreichende Erklärung liefern, in der Tabelle in Klammer gesetzt.

Tabelle 5. Übersicht Hypothese 1 inklusive Interpretation

Ergebnis	Interpretation
<p>Keilwechsel 1:</p> <p>Trifft nicht zu für den Abend nach dem Keilwechsel, erst ab Tag 2 nach Keilwechsel steigen die Schmerzen abends leicht an</p>	<p>Keilwechsel 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - (Differenzen zum Prozedere) - Dehnung im Toleranzbereich in Kombination mit wenig Belastung am Tag des Keilwechsels, um einen Reiz zu setzen, dafür ab Tag 2 dann ein Schmerzanstieg durch mehr Aktivität - (Weniger sensitive Reaktion der Schmerzsensoren auf die Dehnung) - (Mehr verformbare Kollagenfasern als nach zwei Wochen)
<p>Keilwechsel 2:</p> <p>Trifft zu, abends nach dem Keilwechsel sind die Schmerzen bei NRS 4/10 (im Vergleich zum Vortag: NRS 2/10)</p>	<p>Keilwechsel 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reizsetzung erreicht, deutlicher Schmerzanstieg, wahrscheinlich in Zusammenhang mit Nähe zum Keilwechsel 1 sowie erhöhter Aktivität
<p>Keilwechsel 3:</p> <p>Trifft zu, abends nach dem Keilwechsel sind die Schmerzen bei NRS 3/10 (im Vergleich zum Vortag: NRS 2/10)</p>	<p>Keilwechsel 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reiz vorhanden, abhängig von der Belastung am Tag des Keilwechsels

Hypothese 1

H1: Am Tag des Keilwechsels nimmt der Schmerz abends im Vergleich zu vor dem Keilwechsel zu.

Im Hinblick auf Hypothese 2 im nächsten Abschnitt zeigen sich bereits bei der Betrachtung des Schmerzanstieges abends nach dem Keilwechsel erste Hinweise in Bezug darauf, ob die Reizsetzung zu stark war. Mit einem Anstieg von lediglich 0-2 Skalenpunkten auf der NRS scheinen die Schmerzen bei keinem der drei Keilwechsel so stark zuzunehmen, dass von einer neuerlichen Entzündungsreaktion

ausgegangen werden muss. Mikrorupturen in schlecht vaskularisierten Bereichen der Sehne können aber nicht ausgeschlossen werden, da in diesem Fall keine Entzündungsreaktion ausgelöst wird (vgl. Kapitel 2.1). Die detaillierte Betrachtung folgt in den nächsten beiden Abschnitten.

6.1.3 Hypothese 2a: Normalisierung der Schmerzen nach Keilwechsel

Hypothese 2a postuliert eine Normalisierung der Schmerzen nach dem jeweiligen Keilwechsel innerhalb von fünf Tagen. Die Ergebnisse suggerieren, dass dies bei allen drei Keilwechseln der Fall war. Nach Keilwechsel 3 kam es zwar verzögert nach zwei Tagen zu verhältnismässig starken Schmerzen abends (NRS 4/10), die sich aber gegen Ende der fünf Tage normalisierten. Aus den offenen Kommentaren geht eine erhöhte Aktivität der Patientin an Tag 93 und Tag 94 hervor. Dass der Schmerz morgens an Tag 95 leicht anstieg (NRS 1/10 auf NRS 2/10), ist primär auf die erhöhte Aktivität an den Vortagen zurückzuführen und weist auf eine leichte Überlastung der Strukturen hin. Aufgrund der niedrigen Ausprägung der Schmerzen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es sich hierbei nicht um eine neuerliche Gewebeschädigung handelte.

Bei Keilwechsel 1 und 2 ist es ebenfalls sinnvoll, auf den Schmerz morgens genauer einzugehen. Bei Keilwechsel 1 kam es am Tag nach dem Wechsel zu einem leichten Anstieg (NRS 1/10 auf NRS 2/10) beim Schmerz morgens, der sich innerhalb der vorausgesagten fünf Tag normalisierte. Grund dafür scheint laut Angabe der Patientin der Verzicht auf den VACOped in der Nacht gewesen zu sein. Dies weist darauf hin, dass es möglicherweise sinnvoll gewesen wäre, den Keilwechsel und den Verzicht auf den VACOped nachts nicht gleichzeitig vorzunehmen, da dies eine zusätzliche Belastung für die Strukturen bedeutete, die sich dann in der Nacht vom Keilwechsel weniger gut erholen konnten. Es ist zudem denkbar, dass ein schrittweiser Abbau der Lagerung in der Nacht sinnvoll gewesen wäre.

Nach Keilwechsel 2 zeigte sich ebenfalls ein leichter Anstieg (NRS 1/10 zu NRS 2/10) beim Schmerz morgens. Am ersten Tag nach dem Keilwechsel war dies möglicherweise auf den Einfluss des Keilwechsels am Vortag zurückzuführen. Am Tag danach war vermutlich eher der Zusammenstoss mit der Tochter der Auslöser

für den erhöhten Schmerz morgens. Tabelle 6 fasst die Ergebnisse samt Interpretation für Hypothese 2a zusammen.

Tabelle 6. Übersicht Hypothese 2a inklusive Interpretation

	Ergebnis	Interpretation
Hypothese 2a H2a: Das Schmerzniveau abends und morgens erreicht innerhalb der fünf Tage nach dem Keilwechsel das Schmerzniveau von vor dem Keilwechsel.	Keilwechsel 1: Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Keilwechsel 1: - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel - Schmerzanstieg morgens aufgrund des Verzichts auf den VACOPed nachts
	Keilwechsel 2: Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Keilwechsel 2: - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel - Schmerzanstieg morgens aufgrund des Keilwechsels und des Zusammenstosses
	Keilwechsel 3: Trifft zu für den Schmerz morgens und abends	Keilwechsel 3: - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel - Schmerzanstieg morgens aufgrund erhöhter Aktivität an den Vortagen

6.1.4 Hypothese 2b: Nachtschmerz als Hinweis auf Entzündungsvorgänge

Hypothese 2b geht davon aus, dass es nach dem Keilwechsel zu keinem Nachtschmerz kam. Es wird angenommen, dass Nachtschmerz nur dann auftritt, wenn der gesetzte Reiz des Keilübergangs zu gross oder zu früh war und dadurch eine Gewebeschädigung mit anschliessender Entzündungsreaktion ausgelöst wird. Die Hypothese bestätigt sich bei den Keilwechseln 1 und 3. Ein Nachtschmerz blieb aus, was als Hinweis für eine adäquate Reizsetzung betrachtet werden kann. Beim Keilwechsel 2 trat Nachtschmerz ab der zweiten Nacht nach dem Keilwechsel auf und blieb über knapp drei Wochen bestehen. In den offenen Kommentaren wird ersichtlich, dass die Patientin den auftretenden Nachtschmerz in Zusammenhang mit dem Zusammenstoss mit ihrer Tochter setzte. Es ist durchaus denkbar, dass ein solcher Zusammenstoss zu einer Gewebeschädigung führt. Wenn man dies aber mit der Beschreibung aus Hypothese 2a für Keilwechsel 2 vergleicht, ist interessant zu sehen, dass der Zusammenstoss weder zu einem Anstieg der

Schmerzen morgens noch abends führte. Wenn also der Nachtschmerz eine Gewebeschädigung widerspiegelte, ist diese in einem geringen Masse ausgefallen. Ob die Variable Nachtschmerz tatsächlich das aufzeigen kann, was sie aufzeigen soll und somit valide Werte liefert, ist genauer zu diskutieren. In der vorliegenden Studie wird die Variable als ein Indiz für Entzündungsschmerz nach Gewebeschädigung verwendet. In Kapitel 2.1 wird zwischen interner und externer Wundheilung von Sehnen unterschieden. Bei der internen Wundheilung von Sehnen kommt es nicht zu einer Entzündungsreaktion, da dieser Teil der Sehne praktisch nicht durchblutet wird. Somit würde wohl auch kein Nachtschmerz anfallen. Nach einer kompletten Ruptur jedoch ist davon auszugehen, dass zu Beginn der Heilung die Durchblutung der Rupturstelle gegeben ist. Falls es also durch einen zu starken Reiz auf die ehemals rupturierte Stelle zu einer Gewebeschädigung kommt, ginge dies mit einer Entzündung und mit Nachtschmerz einher (extrinsische Sehnenheilung). Ein Mikrotrauma in einem anderen, intrinsischen Teil der Sehne würde eher keinen Nachtschmerz auslösen. Da die gesamte Sehne durch die temporäre Ruhigstellung in Plantarflexion an Belastbarkeit verliert, kann es durchaus auch in anderen Bereichen der Sehne zu Mikrotraumata kommen (van den Berg, 2003). Der Nachtschmerz wurde, wie im Methodenteil beschrieben (vgl. Kapitel 4.3), aus den offenen Angaben der Patientin abgeleitet. Ob sie diese jedoch konsequent notiert hat, ist nicht garantiert. Eine geschlossene Frage im Schmerztagebuch dazu würde dies besser sicherstellen. Ferner könnte man so zusätzlich auch die Schmerzintensität erfragen, was weiter Aufschluss zur Situation der Sehne geben würde.

In der vorliegenden Studie liegt der Mehrwert der Variable Nachtschmerz darin, dass sie mit den Schmerzen morgens und abends verglichen werden kann und somit die bereits bestehende Interpretation unterstützen kann. Dies wird auch bei der Zusammenfassung der Interpretation in Tabelle 7 berücksichtigt.

Tabelle 7. Übersicht Hypothese 2b inklusive Interpretation

	Ergebnis	Interpretation
	<p>Keilwechsel 1:</p> <p>Trifft zu, kein Nachtschmerz in den Tagen nach dem Keilwechsel</p>	<p>Keilwechsel 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel
<p>Hypothese 2b</p> <p>H2b: Nach dem Keilwechsel kommt es nicht zu Nachtschmerz.</p>	<p>Keilwechsel 2:</p> <p>Trifft nicht zu, Nachtschmerz ab Tag 2 nach dem Keilwechsel (nach Zusammenstoss)</p>	<p>Keilwechsel 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusammenstoss mit Tochter als Auslöser von Nachtschmerz - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel
	<p>Keilwechsel 3:</p> <p>Trifft zu, kein Nachtschmerz in den Tagen nach dem Keilwechsel</p>	<p>Keilwechsel 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine zu starke Reizsetzung durch den Keilwechsel

6.1.5 Gemeinsame Erkenntnisse aus den drei Hypothesen

Basierend auf der Literatur ist zu erwarten, dass die Keilwechsel einen Reiz auf die Sehne auslösen, der zwar einen Schmerzanstieg generiert, aber keine Gewebeschädigung und somit keine Entzündungsreaktion mit Entzündungsschmerz. Die Resultate kristallisieren hauptsächlich drei Faktoren heraus, welche das Schmerzempfinden der Patientin relevant beeinflussten. Zum einen ist der Zeitpunkt des Keilwechsels eine wichtige Variable für das Schmerzempfinden. Die Auswahl eines angemessenen Prozederes ist dabei Sache der behandelnden Ärztin oder des behandelnden Arztes. Andererseits braucht es zusätzlich zum Keilwechsel auch eine adäquate Belastung sowohl am Tag des Keilwechsel als auch an den nachfolgenden Tagen. Ohne Belastung kommt es trotz Keilwechsel zu keinem Reiz auf die Sehne. Zu hohe Belastung führt zu einer Gewebeschädigung. Ein Beispiel für einen möglichen pathologischen Verlauf zeigt der Schmerzverlauf nach dem Zusammenstoss mit der Tochter, bei welchem es anschliessend zu Schmerzen in der Nacht kam. Solche Ereignisse stellen den dritten Faktor dar, der das Schmerzempfinden relevant beeinflussen kann.

6.2 Transferüberlegungen für die Physiotherapie

Aufgrund der hier beschriebenen Einzelfallanalyse lässt sich eine Tendenz für die Arbeit mit konservativ behandelten Achillessehnenrupturen in der Praxis aufzeigen. Dass die fünf Entzündungszeichen ein mögliches Instrument zur Bewertung eines Genesungsverlaufs darstellen, ist in der Physiotherapie bekannt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie geben spezifisch für das Entzündungszeichen „Schmerz“ den Hinweis, dass sich anhand des Schmerzverlaufs pathologische und physiologische Genesungsverläufe einschätzen lassen können. Mit den digitalen Entwicklungen im Gesundheitsbereich lässt sich ein Monitoring der Schmerzen relativ einfach realisieren. Von verschiedenen Anbietern sind Apps für das Erfassen und Teilen von Schmerzdokumentationen verfügbar (z.B. die App „Change Pain®“ („CHANGE PAIN“, o. J.)).

Die Keilwechsel bedeuten Schlüsselmomente im Heilungsprozess. Bei einem solchen Keilwechsel ist ein Schmerzanstieg um lediglich 0 bis 2 Schmerzpunkte auf der NRS zu erwarten, welcher spätestens innerhalb der nächsten fünf Tage auf das Niveau von vor dem Keilwechsel abnimmt (sofern die Belastung nicht hoch ist). Es ist sinnvoll, die Patientin oder den Patienten über diesen Verlauf zu informieren. Dabei soll der betroffenen Person nicht erklärt werden, wie die Schmerzen bei pathologischem Verlauf zu erwarten sind, sondern wie sich die Schmerzen bei adäquater Reaktion verhalten. Dadurch kann ein Nocebo-Effekt verhindert werden, der einen Schmerz heraufbeschwört, der ohne die Information durch die therapierende Person nicht zustande gekommen wäre (Rutten, 2019).

Beim konservativen Heilungsverlauf einer Achillessehnenruptur kommt es zu Schlüsselphasen, die für die Betroffenen Unsicherheit bedeuten. Die vorliegende Arbeit hat bereits durch das Procedere bekannte Schlüsselphasen – die Keilwechsel – genauer beleuchtet. Zusätzlich kann es zu Schlüsselphasen kommen, die unerwartet auftreten (beispielsweise ein Zusammenstoß im Alltag). Aus physiotherapeutischer Sicht macht es Sinn, bei solchen Phasen als Ansprechperson den Betroffenen zur Verfügung zu stehen.

Bezüglich des Weglassens des VACOped ist es sinnvoll, die Patientin oder den Patienten darüber zu informieren, was sie oder ihn erwartet, und das Weglassen schrittweise durchzuführen.

Aus der Literatur wurde in Kapitel 2 hergeleitet, dass die Keilwechsel einen Reiz auf die Sehne auslösen sollen. Aus physiotherapeutischer Sicht sollte ein Keilwechsel somit als eine Intervention betrachtet werden, die eine Regenerationszeit benötigt. Daher macht es bei der Therapiegestaltung wenig Sinn, kurz vor oder direkt nach einem Keilwechsel eine Physiotherapiesitzung zu vereinbaren. Im Hinblick auf eine zeitnahe „Patient Education“ bezüglich des zu erwartenden Schmerzanstiegs beim Keilwechsel erscheint daher ein Termin rund zwei bis drei Tage vor dem Wechsel sinnvoll. Da sich die Schmerznormalisierung nach dem Keilwechsel stark abhängig von der Belastung im Alltag zeigt, lässt sich daraus kein Hinweis auf einen optimalen Terminzeitpunkt nach dem Keilwechsel ziehen. Wenn der Keilwechsel aber als eigenständige Intervention angesehen wird, macht auch hier eine Wartezeit von rund drei Tagen bis zur nächsten Therapieeinheit Sinn.

6.3 Limitationen

Die vorliegende Studie trägt einen relevanten Beitrag zur Forschung betreffend Achillessehnenrupturen mit Fokus auf das Schmerzerleben bei. Die Stärke der Studie liegt darin, dass der Schmerzverlauf bei einer Patientin über einen langen Zeitraum analysiert werden konnte und dass aufgrund der Verlässlichkeit der Patientin beim Ausfüllen des Schmerztagebuchs eine umfassende Datengrundlage bestand.

Die Studie weist aber auch einige Limitationen auf. Diese können nach Methode und Inhalt unterschieden werden.

6.3.1 Methodische Limitationen

Während die Datenqualität des Schmerztagebuches allgemein als hoch zu werten ist, weisen die Daten zur Therapie (genaues ärztliches Prozedere, physiotherapeutische Behandlung) Lücken auf, da der interprofessionelle Datenaustausch sich im Arbeitsalltag bekanntermassen schwierig gestaltet. Dies führte beispielsweise dazu, dass Unklarheiten über das Prozedere bestanden und es spät zum ersten Keilwechsel kam. Zudem umfasst die physiotherapeutische Dokumentation lediglich 15 der 18 durchgeführten Termine. Auch der Datenaustausch mit wissenschaftlichen Begleitpersonen war nicht lückenlos. So bestehen die Angaben zum

Prozedere mehrheitlich aus den Informationen aus der Anamnese der behandelnden Physiotherapeutin (Anhang C). Dass die limitierte interprofessionelle Zusammenarbeit gerade im ambulanten Raum nicht nur in der vorliegenden Arbeit eine Herausforderung ist, zeigen die vielen Studien und auch die intensive Berücksichtigung dieser Themen im Curriculum der Ausbildung in den Gesundheitsberufen (Rettke et al., 2015).

Wie in Kapitel 4.1 besprochen, lässt der methodische Aufbau von Case Studies keine Generalisierbarkeit der Resultate zu. Die vorliegenden Resultate müssen also immer in Zusammenhang mit dem explorativen Charakter der Studie gesehen und die Erkenntnisse als Input für weitere Forschungen mit grösseren Fallzahlen aufgenommen werden.

Eine weitere methodische Limitation dieser Studie stellt die bereits besprochene, fehlende systematisierte Abfrage des Nachtschmerzes im Schmerztagebuch dar. Dasselbe gilt für die allfällige Einnahme von Schmerzmitteln, die ebenfalls nicht direkt abgefragt wurde. Die Einnahme von Schmerzmitteln hätte einen grossen Einfluss auf das Schmerzempfinden der Patientin gehabt. Dadurch hätten die Resultate der vorliegenden Studie potentiell verfälscht werden können. Die Patientin hat jedoch über die offenen Kommentare von sich aus an neun Tagen angegeben, dass sie Schmerzmittel benötigte. Genauere Angaben zu Zeitpunkt am Tag und Dosis sind nicht erfasst. Die Einnahmen fanden laut Angaben der Patientin jedoch nicht an den Tagen nach einem Keilwechsel statt. Deshalb kann unter der Prämisse, dass die Patientin die Einnahme von Schmerzmitteln in den offenen Kommentaren zuverlässig angab, davon ausgegangen werden, dass kein verzerrender Effekt auf die Ergebnisse besteht. Gewissheit besteht jedoch nicht. Mit dem expliziten Einbezug dieser beiden Variablen im Fragebogen hätten klarere und validere Informationen gewonnen werden können.

6.3.2 Inhaltliche Limitation

In der Diskussion der Resultate wird teilweise ein Zusammenhang zwischen dem Schmerzverhalten und der Reizung sowie der tatsächlichen Genesung der geschädigten Strukturen auf der Ebene der Gewebestrukturen suggeriert. Ohne jedoch bildgebende Daten zu berücksichtigen, muss dieser postulierte Zusammenhang

rein auf theoretischer Ebene gedeutet werden und darf nicht als bestätigt gesehen werden. Das Schmerzverhalten liefert daher lediglich *Hinweise* auf mögliche Prozesse auf Gewebeebene.

6.4 Empfehlung für weiterführende Forschungen

Kapitel 6.3.1 zeigt bereits die methodischen Limitationen der vorliegenden Arbeit auf, welche in nachfolgenden Studien berücksichtigt werden können. Zusätzlich sind einige weitere Empfehlungen für weitere Forschungen herauszuheben. Die im vorherigen Abschnitt angesprochene inhaltliche Limitation führt zur Empfehlung, dass es Studien bedarf, die einen Zusammenhang zwischen Schmerzverlauf (Fragebogen; subjektiv) und der Konsistenz der Achillessehne im Heilungsverlauf (bildgebendes Verfahren; objektiv) untersuchen und dadurch weitere Rückschlüsse für das Prozedere und die darauf aufbauende „Patient Education“ im Rahmen der Physiotherapie zulassen.

Allgemein zeigte sich eine Heterogenität in den Prozedere bezüglich Behandlungsablauf nach Achillessehnenrupturen. Studien, welche den langfristigen Effekt von unterschiedlichen Prozedere miteinander vergleichen, sind zu empfehlen.

In der vorliegenden Studie wurde der physiologische Verlauf der konservativen Achillessehnen-Heilung mittels Fokus auf das subjektive Entzündungszeichen „Schmerz“ verfolgt. Weiterführend wäre es mit Blick auf mögliche Beeinflussungen, beispielsweise durch die Nebendiagnosen, sinnvoll, eine Case Study mit objektiven Entzündungszeichen durchzuführen. Ein geeignetes objektives Entzündungszeichen wäre zum Beispiel die Schwellung, die bei Achillessehnenverletzungen durch regelmässige Umfangmessungen des OSG erfasst werden kann.

Hinsichtlich weiterer Forschung zum Entzündungszeichen „Schmerz“ in Kombination mit Achillessehnenrupturen und entsprechender konservativer Behandlung, wären zudem vertiefte, generalisierbare Analysen des Schmerzverlaufs anhand von Studien mit grösseren Fallzahlen anzudenken. Zudem könnte so auch die optimale Belastung im Alltag erforscht werden, welche den Reiz durch den Keilwechsel bestmöglich unterstützt.

7 Fazit

Die vorliegende Studie greift mit der Achillessehnenruptur die häufigste Sehnenverletzung weltweit auf und betrachtet diese mit Fokus auf den Schmerz. Der Schmerzverlauf einer konservativ behandelten Achillessehnenruptur wird bei einer 48-jährigen Patientin genauer aufgezeigt und dient zur Beantwortung der Fragestellung:

Wie verhält sich der Schmerz bei einer kompletten Achillessehnenruptur im Verlauf der konservativen Behandlung mittels Spezia Schuh in den Schlüsselphasen der Plantarflexionsreduktion im OSG und welches sind mögliche Erklärungsansätze für das Schmerzverhalten?

Die aufgrund der konsultierten Literatur erstellten Hypothesen suggerieren dabei, dass die Plantarflexionsreduktionen (erzielt mittels Keilwechsel im Künzli Achilles-Schuh) zu einem Reiz auf die Achillessehne und damit verbunden zu einem leichten Schmerzanstieg führen. Auch ist davon auszugehen, dass sich die Schmerzen bei physiologischem Verlauf spätestens innerhalb von fünf Tagen aufs Ausgangsniveau normalisieren und dabei kein Nachtschmerz auftritt. Die Resultate der vorliegenden Studie können diese Annahmen mehrheitlich bestätigen. Der leichte Schmerzanstieg durch eine mögliche Reizsetzung fand bei zwei von drei Keilwechseln statt, die Normalisierung erfolgte bei allen drei Keilwechseln und Nachtschmerz trat bei zwei von drei Keilwechseln nicht auf. Die einzelnen Abweichungen zu den Hypothesen sind hauptsächlich auf drei Faktoren zurückzuführen. Zum einen kam es zu zeitlichen Abweichungen bei den Zeitpunkten der Plantarflexionsreduktion im Vergleich zu den konsultierten Prozedere. Dabei gilt es jedoch festzuhalten, dass es sehr unterschiedliche Prozedere gibt und weitere Forschungen zur Güte der einzelnen Prozedere (Rerupturrate, Krafteinbussen, Dauer) nötig sind. Zum anderen wird deutlich, dass der Aktivitätsgrad der betroffenen Person im alltäglichen Leben eine sehr wichtige Rolle bezüglich Schmerzverlauf spielt. Als drittes spielen spezielle Ereignisse beziehungsweise Komplikationen in den Schmerzverlauf hinein.

Während die vorliegende Studie einen möglichen Schmerzverlauf bei der konservativen Behandlung nach Achillessehnenruptur aufzeigt, kann aufgrund der metho-

dischen Ausrichtung und Limitationen kein allgemeiner Schluss für die Gesamtheit der konservativen Achillessehnenbehandlungen gezogen werden. Studien mit grösseren Fallzahlen sind nötig, um die hier erhaltenen Ergebnisse zu bestätigen und weiter zu verfeinern, gerade auch im Hinblick auf die optimale Belastung zur Unterstützung des durch den Keilwechsel induzierten Dehnungsreizes auf die Sehne. Aus physiotherapeutischer Sicht bietet die Studie Überlegungen für das Management von konservativen Achillessehnenrupturen. Ein Praxistransfer wird damit ermöglicht.

Literaturverzeichnis

- Aeschlimann, A., & Witte, F. (2012). *Fibromyalgie*. Abgerufen von <https://www.rheumaliga.ch/rheuma-von-a-z/fibromyalgie>
- Bechert, K., & Abraham, S. E. (2009). Pain Management and Wound Care. *The Journal of the American College of Certified Wound Specialists*, 1(2), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.jcws.2008.12.001>
- CHANGE PAIN. (o. J.). Abgerufen 5. März 2020, von https://www.change-pain.ch/grt-change-pain-portal/Start/Service-intern/Footer/Impressum/de_DE/301500109.jsp
- Chiodo, C. P., Glazebrook, M., Bluman, E. M., Cohen, B. E., Femino, J. E., Giza, E., ... Haralson, R. H. (2010). Diagnosis and treatment of acute Achilles tendon rupture. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(8), 503–510. <https://doi.org/10.5435/00124635-201008000-00007>
- Cook, C. E. (2008). Clinimetrics Corner: The Minimal Clinically Important Change Score (MCID): A Necessary Pretense. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 16(4), E82-83. <https://doi.org/10.1179/jmt.2008.16.4.82E>
- Coppieters, I., Cagnie, B., Nijs, J., Van Oosterwijck, J., Danneels, L., & De Pauw, R. (2016). Effects of Stress and Relaxation on Central Pain Modulation in Chronic Whiplash and Fibromyalgia Patients Compared to Healthy Controls. *Pain Physician*, 19, 119–130.
- de Moore, J. J. (2001). *Dynamik des menschlichen Bindegewebes—Funktion, Schädigung und Wiederherstellung* (1.).
- Diemer, F., Lowak, H., & Sutor, V. (2017). *Leitfaden Physiotherapie in der Orthopädie und Traumatologie*. Elsevier Health Sciences.
- Ebinesan, A. D., Maffulli, N., Sarai, B., & Walley, G. (2008). Conservative, open or percutaneous repair for acute rupture of the Achilles tendon. *Disability and Rehabilitation*, 30(20–22), 1721–1725. <https://doi.org/10.1080/09638280701786815>
- Farrar, J., Young, J., LaMoreaux, L., Werth, J., & Poole, M. (2001). Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain*, 94(2), 149–158. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(01\)00349-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(01)00349-9)
- Fenwick, S. A., Hazleman, B. L., & Riley, G. P. (2002). The vasculature and its role in the damaged and healing tendon. *Arthritis Res*, 4(4), 252–260. <https://doi.org/10.1186/ar416>

- Garras, D. N., Raikin, S. M., Bhat, S. B., Taweel, N., & Karanjia, H. (2012). MRI is Unnecessary for Diagnosing Acute Achilles Tendon Ruptures: Clinical Diagnostic Criteria. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 470(8), 2268–2273. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2355-y>
- Gifford, L. (1998). *Pain, the Tissues and the Nervous System: A conceptual model*. [https://doi.org/10.1016/S0031-9406\(05\)65900-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9406(05)65900-7)
- Gomm, R., Hammersley, M., & Foster, P. (2000). *Case Study Method: Key Issues, Key Texts*. SAGE.
- Gulati, V., Jaggard, M., Al-Namari, S. S., Uzoigwe, C., Gulati, P., Ismail, N., ... Gupte, C. (2015). Management of achilles tendon injury: A current concepts systematic review. *World Journal of Orthopedics*, 6(4), 380–386. <https://doi.org/10.5312/wjo.v6.i4.380>
- Hauser-Bischof, C. (2003). *Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie*. Georg Thieme Verlag.
- Heil, P. (2018). Achillessehne und Fersensporn in der Arztpraxis. *Primary and Hospital Care*, 18(01), 13–15. <https://doi.org/10.4414/phcd.2018.01611>
- Heinlin, J., Schreml, S., Babilas, P., Landthaler, M., & Karrer, S. (2010). Wundheilung. *Der Hautarzt*, 61(7), 611–628. <https://doi.org/10.1007/s00105-010-1978-8>
- Hertel, G., Götz, J., Grifka, J., & Willers, J. (2016). Achillessehnenruptur. *Der Orthopäde*, 45(8), 709–720. <https://doi.org/10.1007/s00132-016-3287-0>
- Hilfiker, R. (2008). Schmerzintensität messen. *Thieme*, 11(12), 46–47.
- Hjermstad, M. J., Fayers, P. M., Haugen, D. F., Caraceni, A., Hanks, G. W., Loge, J. H., ... Kaasa, S. (2011). Studies Comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. *Journal of Pain and Symptom Management*, 41(6), 1073–1093. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016>
- Hufner, T. M., Brandes, D. B., Thermann, H., Richter, M., Knobloch, K., & Krettek, C. (2006). Long-term results after functional nonoperative treatment of achilles tendon rupture. *Foot & ankle international*, 27(3), 167–171. <https://doi.org/10.1177/107110070602700302>
- Jensen, M. P., & Karoly, P. (2011). Self-report scales and procedures for assessing pain in adults. In *Handbook of pain assessment, 3rd ed* (S. 19–44). New York, NY, US: The Guilford Press.

- Kangas, J., Pajala, A., Siira, P., Hämäläinen, M., & Leppilahti, J. (2003). Early functional treatment versus early immobilization in tension of the musculotendinous unit after Achilles rupture repair: A prospective, randomized, clinical study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 54(6), 1171–1180. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000047945.20863.A2>
- Koller, T. (2017). *Physiotherapeutische Diagnostik: Hypothesengeleitet und klinisch relevant entscheiden*. Georg Thieme Verlag.
- Krause, F. (2019, Juni 24). *Der akute Achillessehnenriss—Patienteninformation*. Abgerufen von http://www.orthopaedie.insel.ch/fileadmin/Orthopaedie/PDF/Patienteninformation_Fuss_-_Der_akute_Achillessehnen-Riss.pdf
- Künzli Achilles-Schuhe. (o. J.). Abgerufen 20. August 2019, von <https://kuenzli-schuhe.ch/de/fuss-verletzungen/achillessehne-ortho>
- Lachappelle, P. (2020). *Ist Ultraschall ein ergänzendes Assessment für Entscheide im physiotherapeutischen Behandlungsverlauf einer Achillessehnenruptur (Bachelorarbeit)*. Zürcher Hochschule der Angewandten Wissenschaften, Winterthur.
- Leppilahti, J. (2019). Achilles tendinopathy and tendon rupture. Abgerufen 31. Oktober 2019, von EBM Guidelines website: https://www.ebm-guidelines.com/ebmg/ltk.free?p_artikkeli=ebm00430
- Luomajoki, H. (2017). *Schmerz/Nozizeption*. Gehalten auf der ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Departement Gesundheit, Winterthur. ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Departement Gesundheit, Winterthur.
- Luomajoki, H., & Schesser, R. (2018). Schmerzmechanismen und Clinical Reasoning. *Der Schmerzpatient*, 1(1), 7–18. <https://doi.org/10.1055/s-0043-122097>
- Maffulli, N. (2002). Tendon healing: Can it be optimised? *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 314–314. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.5.315>
- Maffulli, N., Sharma, P., & Luscombe, K. L. (2004). Achilles Tendinopathy: Aetiology and Management. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 97(10), 472–476. <https://doi.org/10.1177/0141076809701004>
- Molloy, T., Wang, Y., & Murrell, G. A. C. (2003). The Roles of Growth Factors in Tendon and Ligament Healing. *Sports Medicine*, 33(5), 381–394. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333050-00004>
- Müller, S., Todorov, A., Heisterbach, P., & Majewski, M. (2012). *Tendon Healing with Growth Factors*. 43–62. <https://doi.org/10.5772/32429>

- Nilsson-Helander, K., Grävare Silbernagel, K., Thomeé, R., Faxén, E., Olsson, N., Eriksson, B. I., & Karlsson, J. (2010). Acute Achilles Tendon Rupture: A Randomized, Controlled Study Comparing Surgical and Nonsurgical Treatments Using Validated Outcome Measures. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(11), 2186–2193. <https://doi.org/10.1177/0363546510376052>
- Oliva, F., Rugiero, C., Giai Via, A., Baldassarri, M., Bernardi, G., Biz, C., ... Maffulli, N. (2019). I.S.Mu.L.T. Achilles tendon ruptures guidelines. *Muscle Ligaments and Tendons Journal*, 08(03), 310. <https://doi.org/10.11138/mltj/2018.8.3.31>
- OPED VACoped. (o. J.). Abgerufen 20. August 2019, von <http://fuss.oped.ch/vacoped/>
- Ostelo, R. W. J. G., Deyo, R. A., Stratford, P., Waddell, G., Croft, P., Von Korf, M., ... de Vet, H. C. (2008). Interpreting Change Scores for Pain and Functional Status in Low Back Pain: Towards International Consensus Regarding Minimal Important Change. *Spine*, 33(1), 90. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815e3a10>
- Pagenstert, G., Leumann, A., Frigg, A., & Valderrabano, V. (2010). Achillessehnen- und Tibialis-anterior-Sehnenruptur. *Der Orthopäde*, 39(12), 1135–1147. <https://doi.org/10.1007/s00132-010-1691-4>
- Piva, S. R., Gil, A. B., Moore, C. G., & Fitzgerald, K. G. (2009). Responsiveness of the activities of daily living scale of the Knee Outcome Survey and numeric pain rating scale in patients with patellofemoral pain. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 41(3), 129–135.
- Reda, Y., Farouk, A., Abdelmonem, I., & El Shazly, O. A. (2019). Surgical versus non-surgical treatment for acute Achilles' tendon rupture. A systematic review of literature and meta-analysis. *Foot and Ankle Surgery*. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2019.03.010>
- Rettke, H., Frei, I. A., Horlacher, K., Kleinknecht-Dolf, M., Spichiger, E., & Spirig, R. (2015). Pflege im Vorfeld von SwissDRG – Erfahrungen von Pflegenden mit interprofessioneller Zusammenarbeit, Führungsverhalten, Arbeitslast und Arbeitszufriedenheit: Nursing care in the run-up to SwissDRG – Nurses' experiences with interprofessional collaboration, leadership, work load and job satisfaction. *Pflege*, 28(3), 133–144. <https://doi.org/10.1024/1012-5302/a000421>
- Richter, M. (2010). Aktualisierte Leitlinien Fuß und Sprunggelenk. *German Journal of Foot and Ankle Surgery*, 8(4), 231–304. <https://doi.org/10.1016/j.fuspru.2010.08.003>

- Rosso, C., Vavken, P., Sadoghi, P., Weisskopf, L., & Valderrabano, V. (2012). Evidenzbasierte Therapie der Achillessehnen-Tendinopathie und -Ruptur. *Sport-Orthopädie - Sport-Traumatologie - Sports Orthopaedics and Traumatology*, 28(4), 250–257. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2012.10.003>
- Ruchholtz, S., & Dieter, C. (2013). Orthopädie und Unfallchirurgie essentials – Intensivkurs zur Weiterbildung. *Obere Extremität*, 8(1), 50–51. <https://doi.org/10.1007/s11678-013-0205-5>
- Rutten, G. (2019). Die Macht der Worte – Placebo- und Nocebo-Effekte in der Physiotherapie. *physiopraxis*, 17(11/12), 26–29. <https://doi.org/10.1055/a-1010-0240>
- Salaffi, F., Stancati, A., Silvestri, C. A., Ciapetti, A., & Grassi, W. (2004). Minimal clinically important changes in chronic musculoskeletal pain intensity measured on a numerical rating scale. *European Journal of Pain*, 8(4), 283–291. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2003.09.004>
- Schaible, H., & Schmidt, R. F. (2000). Nozizeption und Schmerz. In *Physiologie des Menschen*. Springer.
- Sharma, P., & Maffulli, N. (2006). Biology of tendon injury: Healing, modeling and remodeling. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 6(2), 181–190. [https://doi.org/10.1016/S1479-666X\(05\)80109-X](https://doi.org/10.1016/S1479-666X(05)80109-X)
- Stein, M., Miller, A. H., & Trestman, R. L. (1991). Depression, the Immune System, and Health and Illness: Findings in Search of Meaning. *Archives of General Psychiatry*, 48(2), 171–177. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1991.01810260079012>
- Thermann, H. (1998). Die Behandlung der Achillessehnenruptur. *Der Chirurg*, 69(1), 115–130. <https://doi.org/10.1007/s001040050385>
- Thermann, H., Hüfner, T., & Tscherne, H. (2000). Achillessehnenruptur. *Der Orthopäde*, 29(3), 235–250. <https://doi.org/10.1007/PL00003724>
- Thevendran, G., Sarraf, K. M., Patel, N. K., Sadri, A., & Rosenfeld, P. (2013). The ruptured Achilles tendon: A current overview from biology of rupture to treatment. *Musculoskeletal Surgery*, 97(1), 9–20. <https://doi.org/10.1007/s12306-013-0251-6>
- van den Berg, F. (2003). *Angewandte Physiologie*. Georg Thieme Verlag.
- Wallace, R. G., Traynor, I. E., Kernohan, W. G., & Eames, M. H. (2004). Combined conservative and orthotic management of acute ruptures of the Achilles tendon. *JBJS*, 86(6), 1198–1202. <https://doi.org/10.2106/00004623-200406000-00011>
- Waterston, S. W., Maffulli, N., & Ewen, S. W. (1997). Subcutaneous rupture of the Achilles tendon: Basic science and some aspects of clinical

practice. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4), 285–298.
<https://doi.org/10.1136/bjism.31.4.285>

Wright, J. G. (1996). The minimal important difference: Who's to say what is important? *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(11), 1221–1222.
[https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(96\)00207-7](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(96)00207-7)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Aufbau einer Sehne mit Endotenon und Epitenon	9
Abbildung 2. Forschungslücke und Kernbereiche	18
Abbildung 3. Prozedere der Patientin	25
Abbildung 4. Verlauf der Schmerzen morgens und abends während der dokumentierten Genesungsperiode	30
Abbildung 5. Erster Keilwechsel von 3 cm auf 2 cm, am Tag 42 nach Trauma	32
Abbildung 6. Zweiter Keilwechsel von 2 cm auf 1 cm, am Tag 49 nach Trauma ...	33
Abbildung 7. Dritter Keilwechsel von 1 cm auf keinen Keil, am Tag 92 nach Trauma	34
Abbildung 8. Künzli Achilles-Schuhe „Ortho Rehab Total“ und „Ortho Rehab Absolut“	59
Abbildung 9. VACOPed	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Prädisponierende Faktoren einer Achillessehnenruptur	12
Tabelle 2. Entzündlicher, mechanischer und ischämischer Schmerz	16
Tabelle 3. Angaben zur Patientin	23
Tabelle 4. Übersicht der Resultate für die Hypothesen 1, 2a und 2b	31
Tabelle 5. Übersicht Hypothese 1 inklusive Interpretation	40
Tabelle 6. Übersicht Hypothese 2a inklusive Interpretation	42
Tabelle 7. Übersicht Hypothese 2b inklusive Interpretation	44

Abkürzungsverzeichnis

MIC	„minimal important change“
O ₂	Sauerstoff
OSG	Oberes Sprunggelenk
NSAR	Nichtsteroidales Antirheumatikum
USG	Unteres Sprunggelenk
ZNS	Zentrales Nervensystem

Wortzahl

Abstract Deutsch: 207

Abstract Englisch: 250

Arbeit ohne Abstract: 10'937

Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei Frau Dr. Eveline Graf für die Betreuung unserer Arbeit sowie die wertvollen Anregungen und Gedankenanstösse. Ein ganz herzliches Dankeschön geht an [REDACTED] und [REDACTED] für die aufmerksame Korrektur unserer Arbeit.

Eigenständigkeitserklärung

„Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig, ohne Mithilfe Dritter und unter Benützung der angegebenen Quellen verfasst haben.“

Michèle Basler

Damian Püntener

Ort, Datum: Zürich, 22.04.2020

Anhang

A. Glossar

- Elastin:* Ein Protein, welches überwiegend in lockerem Bindegewebe vorkommt. Es macht elastische Fasern erst dehnbar (van den Berg, 2003).
- Crosslinks:* Quervernetzung zwischen kollagenen Fasern (van den Berg, 2003).
- Fibroblasten:* Diese Zellen findet man in Kapseln, Bändern, Membranen, Sehnen, Sehnenscheiden und in anderem Bindegewebe. Fibroblasten produzieren kollagene und elastische Fasern, welche einen Hauptbestandteil des Bindegewebes bilden. Fibroblasten haben zudem eine zentrale Funktion während der Wundheilung (van den Berg, 2003).
- Kollagen Typ I:* Dieser Kollagentyp macht ca. 80 % allen Kollagens aus. Man findet ihn in allen Geweben, die unter Zugbelastungen stehen, wie zum Beispiel Sehnen. Die Synthese dieses Kollagentyps erfolgt durch Fibroblasten (van den Berg, 2003).
- Kollagen Typ III:* Diesen Kollagentyp findet man in allen Geweben, in denen gerade eine Wundheilung stattfindet. Während der Proliferationsphase schliesst dieses dünne Kollagen die Wunde. Erst in einem späteren Stadium wird es durch das eigentliche und funktionsfähige Kollagen Typ I ersetzt. Die Synthese des Kollagens

Typ III erfolgt durch Fibroblasten und Myofibroblasten (van den Berg, 2003).

Künzli Achilles-Schuhe:

Die Künzli Achilles-Schuhe „Ortho Rehab Total“ und „Ortho Rehab Absolut“ wurden speziell für die Nachbehandlung von Achillessehnenverletzungen entwickelt. Mitgelieferte Sohlen-Keile ermöglichen die wichtige Spitzfussstellung und sind an den Heilungsverlauf anpassbar. Immer als Paar getragen, erhalten die Achilleschuhe das physiologische Gangbild aufrecht und sorgen für eine frühfunktionelle Therapie („Künzli Achilles-Schuhe“, o. J.).

Abbildung 8. Künzli Achilles-Schuhe „Ortho Rehab Total“ und „Ortho Rehab Absolut“



Quelle: „Künzli Achilles-Schuhe“ (o. J.)

MIC:

Der MIC (auch MID genannt; „minimal important difference“) ist ein statistisch ermittelter Wert, der anhand mehrerer untersuchten Personen die Veränderungen in einer klinischen Intervention widerspiegeln (Cook, 2008).

Myofibroblasten:

Diese Zellen findet man vor allem während der Proliferationsphase im Gewebe. Sie sind dort für die Stabilität des neu wachsenden Gewebes verantwortlich. Zudem sorgen die Myofibroblasten dafür, dass die Wundränder zusammengezogen werden (van den Berg, 2003).

VACOped:

VACOped ist eine Versorgungsmöglichkeit bei Verletzungen des Fuss- und Sprunggelenks. Das integrierte Vakuumkissen stellt eine optimale und individuelle Anpassung auch bei Schwellungen sicher. Durch seine Konstruktionsweise und die Möglichkeit einer definierten Bewegungsfreigabe bietet der VACOped mehr Bewegungsfreiheit als ein Gips („OPED VACOped“, o. J.).

Abbildung 9. VACOped



Quelle: „OPED VACOped“ (o. J.)

B. Seite aus dem Schmerztagebuch

Schmerzverhalten

Datum:.....

Durchschnittliche Schmerzen im Bereich der Achillessehne am:

Skala von 0 bis 10, 0 = kein Schmerz, 10 = sehr starke Schmerzen

Anfang des Tages: (Wert von 0-10 eintragen)

In der Mitte des Tages : (Wert von 0-10 eintragen)

Am Ende des Tages: (Wert von 0-10 eintragen)

Auslösender Faktor:

Welche Tätigkeiten (Bsp. gehen, stehen, Treppe, Dauer oder anderes) haben die Schmerzen verstärkt oder ausgelöst (möglichst detailliert beschreiben)?

Belastbarkeit

Nur beantworten wenn Bewegung erlaubt:

After walking on flat ground for 10 minutes, do you have pain within the next 2 hours?

(If unable to walk on flat ground for 10 minutes because of pain, score 10 for this question).

..... (Wert von 0-10 eintragen)

After walking on flat ground for 30 minutes, do you have pain within the next 2 hours?

(If unable to walk on flat ground for 30 minutes because of pain, score 10 for this question).

..... (Wert von 0-10 eintragen)

Partizipation

Ist die Teilnahme am Leben (Familie, Arbeit, Freizeit) eingeschränkt?

..... (Wert von 0-10 eintragen, 0 = nicht eingeschränkt, 10 = maximal eingeschränkt)

C. Behandlungsdokumentation der Physiotherapie

Untersuchungsprotokoll
Institut für Physiotherapie



Datum Befundaufnahme: _____

Name Patientin

Geb. xx.xx.1970

Beruf Büro, HH (3 Etagen)

AUF in %

Freizeit 2J Sport stopp, Velo (Winti)

Ziele & spez. ärztl. Anweisungen

Diagnose AS Ruptur _____

Prozedere: nach 1./2./3. Serie

Doku _____

ND: Depression, Fibromyalgie

Fahrrad ab 8. Wo. (14.Okt)

Physiotherapeut/in

Volles ROM ab 5. Wo

Sprünge/Stop&Go ab 9./12. MT

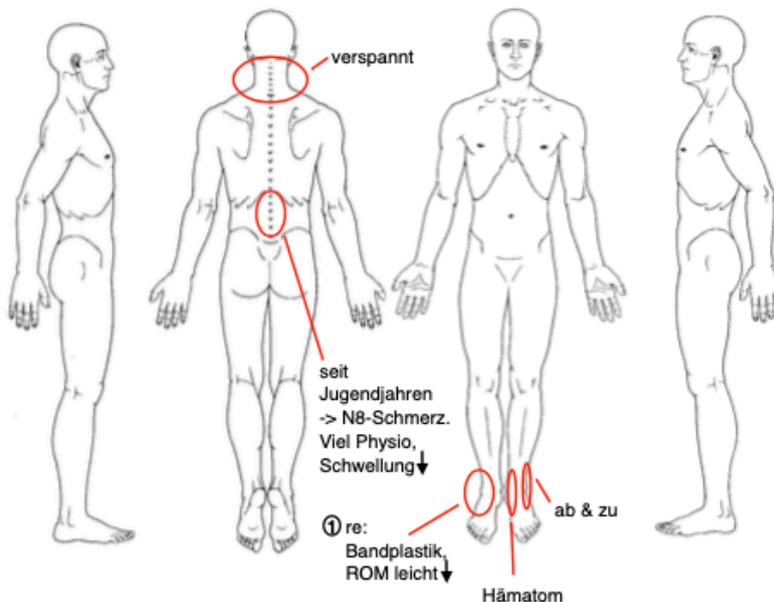
Arzt/Aerztin

Hauptproblem aus der Sicht des/der Patienten/in (subjektive Beeinträchtigung)

Behandlungsziel aus der Sicht des/der Patient/in

Laufen, Velo, Joggen, Schwimmen, Wandern, Tennis

Körpertabelle / Symptomverhalten (Lokalisation, spez. Fragen)



- P & N
- Taubheit
- RM
- cauda equina
- VBI
- Andere Sx

Zusammenhang

Untersuchungsprotokoll Institut für Physiotherapie



Verhalten der Symptome

Verbessernde / verschlechternde Aktivitäten / Haltungen - 24-h Verhalten - Screening Questions

- ① ↑ im Verlauf vom Tag, zu Hause ohne Stöcke, nach erwachen; strecken

Geschichte

aktuelle Geschichte - Vorgeschichte - Verlauf - bisherige Behandlungsmassnahmen

Volleyballspielen, am Netz, 2-3 Mal nach vorne. Beim Losrennen, Fuss bleibt stehen beim Start → klöpfen.
Konnte nicht belasten → Permanence → Kantonsspital.
Zusätzlich Rippenfraktur → Schmerzmedis

Jetzt: 2 Wochen Ferien
Stöcke für längere Distanzen
3cm für 6 Wochen, danach 1cm Reduktion

Vorgeschichte: AS knirschen schon länger

Spezielle Fragen / Kontextfaktoren

AZ - Medikamente - OP - Trauma - Krankheiten - Bildgebende Untersuchungen - weitere Untersuchungen - psychosoziale Situation

AZ: Fibromyalgie → starke GelenkSZ
Soziale Situation: Ehemann, 2 Kinder, 1 ausgezogen

Einstellung / Erwartungen des/der Patienten/in

subjektive Verlaufsparameter festlegen *

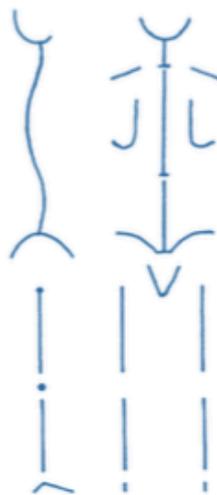
Plan P/E

Objektiver Untersuch - P/E

Datum Befundaufnahme:

Momentane Beschwerden (present pain / pp)

Inspektion / Beobachtung (z.B. Haut, Konstitution, Statik von der Seite, von hinten, von vorn)



Wenig Schwellung

++ AS-Dicke

- Aktivierung DE/PF schwierig

Aktive Untersuchung

(Funktionelle Demonstration, Alltagsrelevante Bewegungen / Funktionen, Aktive Bewegungstests, Muskeltests, Spezielle Tests zur Evaluation von muskulären Dysfunktionen)

Patientin:	Behandlung: DE/PF, 3 Punkte Belastung, Zehen einzeln hoch/runter
22.10	<p>Allgemein: Ab Donnerstag 2cm → 26.10 Kontrolle</p> <p>P/E: + Schwellung lateral</p> <p>Behandlung: -calf raises sitzend -Div. Int. Drücken 90% LR → Knieposition -LD (Lymphdrainage), hochlagern, Kompression Arm-Ergometer</p>
29.10	<p>C/o: -Fuss ok, schlafen ohne Vaped erwacht manchmal wegen Sz Angst vor Schuhabbau → erklärt wegen Schrittweiser Abbau → verhockt vorne</p> <p>Behandlung: Sanft mobilisierende Massage OSG in DE & KG Flex</p>

5.11	<p>c/o:</p> <p>Donnerstag 1 Keil Schmerz beim laufen Nachmittag: nach Hause -> Achillessehne hochlagern Schmerz neu lateral Vorfuss → 2 Nächte schlecht geschlafen Fussdrehen schmerzt Nach komischer Bewegung, Zusammenstoss mit Tochter & Katze erneuter Schmerz</p> <p>P/E:</p> <p>Farbe rötlich bei Belastung Thompson ok</p> <p>Behandlung:</p> <p>Mit Keil Barfuss Gewichtsverlagerung An Ort Geher Tandemstand Geschlossene Augen parallel Sst Steigern zu 1 Beinstand WTT (Weichteiltechniken) Achillessehne Metatarsale 4/5 Mobilisiert</p>
19.11 (9.5 Wochen)	<p>C/o:</p> <p>Deutlich mehr Schmerz durch Stöcke Kleine Schritte geht Treppe abw. Geht gut Velo seit 1 Woche, Pedale Mittig 1 Beinstand → nachher Schmerz Nach drehen Schmerz lateral, nicht bei AS</p> <p>P/E:</p> <p>Nicht betroffene Seite: Fuss-Wand 10.5 Betroffene Seite: Fuss-Wand 0.5 (parallel)</p> <p>Behandlung:</p> <p>Knie Flex stehend für Mob WTT (Weichteiltechniken) Achillessehne & Flexion Isometrischer Zehenstand mit Ball zwischen knöcheln 3x45 Sekunden</p>

<p>29.11</p>	<p>C/O: Turnschuhe statt Absatz, noch zu instabil Schnell laufen geht nicht → Schmerz und Konzentration = LF Rötlich, Schwellung +/- vor allem Abends, lange stehen macht Sz DE: Limite ventral</p> <p>P/E: 9.5cm → ventral // 10.5 → ventral Endstance leicht verlängert</p> <p>Behandlung: AP Mobilisation in DE + Instruktion sst Übung besprochen, Zehenstand Höhe/Gewicht variieren Beratung über Grenze</p>
<p>10.12</p>	<p>C/o: Strenge Woche, nicht geübt Mobi durch ████████ OSG dito Schmerz vor allem lat. Malleolus distal Mehr Schwellung</p> <p>P/E: 11.5 cm: Zehe-Wand</p> <p>Behandlung: Ap Mobilisation OSG + Instruktion Mulligan mit Gurt An Ort Geher</p>
<p>17.12. (2. PT Verordnung) 1/9</p>	<p>C/o: Heute ganz schlecht beim laufen Nicht viel besser Schmerz immer noch ventral / lateral ██████ hat viel mobilisiert Mobi nach letztem Mal 1 Tag gesurrt, danach deutlich besser Fokus: Mobi & laufen</p> <p>P/E: DE 11.5 cm // 12.5</p> <p>Behandlung: „Am Ort Geher“, Fokus push off Peroneus offene Kette, TB Training</p>

	Ap Talus
27.12 2/9	<p>C/o: Immer etwa gleich, übt wenig, Schmerz beim laufen ventral / lateral</p> <p>P/E: DE: 12 cm // dito, Zone EOR mit p wird kleiner</p> <p>Behandlung: ap Mobi in RL → steigern nächstes Mal 2 x 20 Wdh. 24 kg calf raises seated</p>
07.01 3/9	<p>C/o: In letzten Tagen ++ Schmerzen, nach letztem Mal aber definitiv besser. ROM unbelastet li > re. Treppe abw., noch limitierend, Gangtempo reduziert + Vorfuss Taubheit, evtl. viel Krallen/ verkrampft</p> <p>P/E: DE 11.5 cm, Gang konzentriert hinkfrei, schmerzhaft</p> <p>Behandlung: Gangbild für ± 10 Schritte kontrolliert üben Push off ohne krallen Calf raises mit KG Flex</p>
14.01 4/9	<p>C/o: Schmerzen ++, bei richtig laufen &+ Schwellung → v.a. lateral, Wade Ermüdung Ganzer Tag auf Beinen. Nachts besser Schafft 20 hinkfreie Schritte</p> <p>P/E:</p> <p>Behandlung: MTT ET: leg press / ADD / ABD / seated calf raises / DE 15 mal Stab & calf raise standing</p>
21.1 5/9	<p>C/o: Zehenstand surrt, Muskelkater, Schmerz lat/ ventr. Keine Laufen mit Turnschuhen gut</p> <p>P/E:</p> <p>Behandlung: MTT: Bauch + 1 Bein Stab mit Airex WTT: lig. talo fib. ant</p>

<p>28.1 6/9</p>	<p>C/o: Nicht so gut, Do Training + Fr Yoga → Rot → Sz haft + KG-Sz, Fibromyalgieschub ? Baum auf Mätteli geht Krieger → Sz Lateral besser, Schmerz auch ventral P/E: Zehen-Wand: 11.5 cm // 12.5 Behandlung: WTT: lig. Talofib + ap Mobi in DE</p>
<p>04.02 7/9</p>	<p>C/o: Schnell laufen, möchte isolierter 1 Bein trainieren, schnell laufen immer noch krallen Heute Morgen Fuss übertreten an Strandeckel Baum auf Airex geht P/E: Behandlung: WTT lig. talo-fib MTT angepasst: PF in KG Ext. Ca. 15 Pfund, Leg curls/ exz 1 beinig, Gehen mit Zehenflex für Propulsion, Airex 1 beiniger Squat statt statisch</p>
<p>18.02 8/9</p>	<p>C/o: 2 Wo kein Training wegen Grippe Knie Schmerzen mit Training v.a. Treppensteigen um Patella; + Treppe abw Sz → Schmerz OSG ventral P/E: DE 12.5 cm // 13.0 Behandlung: OSG Mobi + ap Check Knie → Tape cranial Patella + instr.</p>
<p>18.03 9/9</p>	<p>C/o: Geht gut mit Training, seit 1.5 Wo Zehengang möglich, Training 1-3x, aber auch zu Hause, Aktuell Rücken-Sz, Gleichgewicht ohne Konzentrieren Treppe abw. → ab & zu Schmerzen P/E: 12.5 cm Zehe-Wand</p>

	<p>Behandlung:</p> <ul style="list-style-type: none">1 Bein Stand, unterstützt + Ball1 Bein Zehenstand
--	---

D. Argumentationslinien

