

# ***Gibt es eine Evidenz über die sensorische Innervation der Faszien?***

*Ein systematischer Review*

***Masterthesis***

*Verfasser: Gunther Barty*

*Betreuer: Dr. biol.hum. Dipl. Psych. Robert Schleip*

*Innsbruck, im Juni 2011*

## Danksagung

Für die Mitarbeit an dieser Arbeit möchte ich mich ganz herzlich bedanken bei:

- Dr. biol.hum. Dipl. Psych. Robert Schleip für die hilfreichen Literaturvorschläge zu Beginn dieser Arbeit, seine Begeisterung und seine Empfehlungen zum Thema „Faszien“,
- Hans-Helmut Barty für das Layout,
- meiner Frau Ute Drescher-Kils für das Lektorat.

# Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	5
Zusammenfassung .....	6
1. Einleitung .....	7
2. Faszien .....	9
2.1 Definition .....	9
2.2 Funktionen .....	11
2.3 Biomechanik .....	13
2.4 Sensorische Innervation .....	15
2.5 Osteopathie und Faszien .....	18
3. Systematische Reviews .....	21
3.1 Definition .....	21
3.2 Relevanz .....	22
3.3 Forschung .....	22
3.4 Explorative Forschung .....	22
3.5 Evaluationsforschung.....	22
3.6 Evidence based medicine (EbM) .....	23
3.7 Methodische Studienqualität.....	23
3.8 Bias .....	24
4. Methode .....	26
4.1 Forschungsfrage .....	26
4.2 Literaturrecherche und Suchstrategie .....	26

4.3 Einschlusskriterien .....	28
4.4 Ausschlusskriterien .....	29
4.5 Bewertung der Studienqualität.....	29
5. Ergebnisse .....	32
5.1 Liste der Studien des ersten Reviewprozesses .....	32
5.2 Beschreibende Übersicht.....	33
5.3 Studien des zweiten Reviewprozesses.....	35
5.4 Gesamtanalyse .....	37
5.5 Ergebnis der qualitativen Bewertung .....	41
6. Diskussion .....	45
6.1 Anmerkung kritischer Studienpunkte .....	51
6.2 Die zukünftige Forschung – Erwartungen und Ausblick .....	52
7. Literaturverzeichnis.....	53
8. Anhang .....	62
8.1 Abbildungsverzeichnis .....	62
8.2 Eidesstattliche Erklärung .....	63

# **Abstract**

## **Background**

The sensitive innervation of fascia is uncontested. Considering the proprioceptive performance the fascia system with its mechanoreceptors can be regarded as the most important sense organ. At present new surveys on the topic of the fascia cannot be found. The understanding of the fascia innervation, too, can only said to be very incomplete.

## **Intentions**

This systematic review examines the question if there is evidence of literature on the field of sensory innervation of the fascia. The examined papers are being qualitatively assessed.

## **Methods**

On the basis of literature, references and enquiry the database files “pubmed”, “medline” and “google scholar” are being searched with the help of English key words. Surveys on fascia are included, whereas papers with different expressions from the domain of the connective tissue are excluded. Two additional institutes are being commissioned to do a parallel search. The papers thus discovered are being qualitatively assessed with the help of a study relevant evaluation system.

## **Results**

Nineteen research papers from 1940 to 2011 have been identified. In eighteen studies nerve structures in the fascia have been mentioned. One study denies sensitive innervation, sixteen studies are explorative. Three studies apply interventions on animals, human preparations are in the focus of twelve research papers. Nerve structures in fascia have been found, although the pattern of distribution in mechanoreceptors was found to be irregular. Free nerve endings are being mostly mentioned. Half the number of studies show severe methodological flaws. The review is being hampered by the rather vague expression “fascia”.

## **Conclusions**

The evidence based on methodological high-quality research papers in the field of sensory innervation of the fascia is inadequate.

# **Zusammenfassung**

## **Hintergrund**

Die sensible Innervation der Faszien ist unbestritten. Bei den propriozeptiven Leistungen kann das fasziale System mit seinen Mechanorezeptoren als wichtigstes Sinnesorgan betrachtet werden. Zum Thema „Faszien“ gibt es aktuell keine neueren Übersichten. Auch das Verständnis zur faszialen Innervation kann als sehr unvollständig bezeichnet werden.

## **Zielsetzung**

Dieser systematische Review überprüft, ob eine Evidenz durch Literatur auf dem Gebiet der sensorischen Innervation von Faszien vorhanden ist. Die recherchierten Arbeiten werden qualitativ beurteilt.

## **Methoden**

Aus Literatur, Quellenangaben und Recherche in den Datenbanken „pubmed“, „medline“ und „google scholar“ werden Studien mit definierten englischen Schlüsselwörtern ermittelt. Eingeschlossen werden Studien über Faszien, ausgeschlossen sind Arbeiten mit anderen Begriffen aus dem Fachgebiet der Bindegewebe. Zwei weitere Institute werden parallel mit der gleichen Suche beauftragt. Die gefundene Literatur wird mit einem studieneigenen Bewertungssystem qualitativ bewertet.

## **Ergebnisse**

Neunzehn Studien aus den Jahren 1940–2011 werden ermittelt. Achtzehn Studien erwähnen Nervenstrukturen in den Faszien. Eine Studie verneint eine sensible Innervation. Sechzehn Studien sind explorativ. Drei führen Interventionen an Tieren durch. In zwölf Studien werden menschliche Präparate untersucht. Es werden Nervenstrukturen in Faszien gefunden, aber in einem nicht einheitlichen Verteilungsmuster der Mechanorezeptoren. Freie Nervenenden werden am häufigsten erwähnt. Die Hälfte der Studien weisen starke methodische Mängel auf. Die Recherche wird durch die vage Terminologie „fascia“ behindert.

## **Schlussfolgerung**

Auf dem Gebiet der sensorischen Innervation von Faszien ist die Evidenz durch methodisch hochwertige Literatur unzureichend.

# 1 Einleitung

Die Bedeutung der Faszien in der osteopathischen Medizin wird bereits durch ihren Begründer A.T. Still erkannt, spricht er bei den Faszien doch von den Filialen des Gehirnes (Hartmann 2005: III, 38). Faszien sind mehr als nur jenes Gewebe, das entfernt werden muss, um die richtige Anatomie zu sehen (Kuchera 1994: 39), d.h. die Säuberung der anatomischen Strukturen beim Sezieren von den Bindegeweben (Van der Wal 2009: 10). In dieser traditionellen Sichtweise werden die Faszien als bedeutungslose Überreste verstanden, die weniger wichtig sind als das, mit dem sie verbunden sind oder was sie umhüllen (Benjamin 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x). Das führt zu einer einseitigen Anatomie, die komplexe und funktionelle Zusammenhänge im menschlichen Körper unberücksichtigt lässt (Van der Wal 2010: 24).

Eine rein topographische Betrachtung der Faszien liefert keinen Anhaltspunkt für ihre Wichtigkeit (Van der Wal 2009: 10). Faszien haben durch ihr weit verzweigtes Netzwerk im ganzen Körper mehr als nur die Funktion eines Bindeg- oder Stützgewebes (Schwind 2010: 26) Vielmehr sind sie praktisch an allen wichtigen Körperfunktionen beteiligt (Van den Berg 2003: 1ff.). Faszien sind teilweise sehr lose mit den unterliegenden oder benachbarten Strukturen verbunden, können aber auch sehr fest mit ihnen verwoben sein (Van der Wal 2009: 10). Fasziale Strukturen können hauchdünn, z.B. als lockeres Bindegewebe in Organen gefunden werden (Van der Wal 2010: 27), oder einige Zentimeter dick in der Fascia thoracolumbalis nachgewiesen werden (Schleip 2003: 20). Dort ist die Faszie nicht nur einschichtig, sondern hat einen bilaminären Charakter aufgrund aponeurotischer Anteile (Loukas et al. 2008: 126).

Die direkte Wirkung des allgemeinen faszialen Systems ist schwer zu ermitteln (Schwind 2003: 2). Unterstützend wirkt es bei den biomechanischen Regulationsmechanismen. Bei den propriozeptiven Leistungen werden die Faszien mit ihren Mechanorezeptoren von einigen Autoren als wichtigstes Sinnesorgan betrachtet (Schleip 2010: 5).

Die häufig erspürte Antwort der Faszien auf einen osteopathischen Behandlungsreiz ist ein sogenannter „Release“ der Gewebe. Dieser wurde bislang mit mechanischen Modellen zu erklären versucht. Aufgrund neuer Erkenntnisse zeigt sich jedoch, dass die bestehenden Konzepte durch neurobiologische Modelle ergänzt werden müssen (Schleip 2003: 21). Faszien sollen über eine sensible Innervation verfügen, die das gesamte Spektrum an Propriozeptoren, Nociceptoren und freien Nervenendigungen

aufweist (Schleip 2003: 22ff.; Van der Wal 2010: 24). Über die Funktion dieser Nerven, ihre reflektorische Verschaltung und Wirkung auf den Körper gibt es neuere Studien und Erklärungsmodelle (Schleip 2003: 20ff.).

Zum Thema „Faszien“ gibt es jedoch zur Zeit keine neueren anatomischen Übersichten. Auch das Verständnis zur faszialen Innervation kann als sehr unvollständig bezeichnet werden (Benjamin 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x).

Daraus ergibt sich die Forschungsfrage in diesem systematischen Review: „Ist eine Evidenz durch wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der sensorischen Innervation der Faszien vorhanden“? Aus Literaturempfehlungen von Dr. Robert Schleip, dem Betreuer dieser Arbeit, werden relevante Studien für die Masterthesis ermittelt. Über die Quellenangaben der ermittelten Arbeiten wird weitere Literatur gesucht. Weiterhin werden die elektronischen Datenbanken „pubmed“, „medline“ und „google scholar“ auf bestimmte englische Schlüsselwörter hin untersucht. Zur Kontrolle werden zwei weitere Institute mit der gleichen Recherche beauftragt.

In einem weiteren Schritt werden die gefundenen Studien auf ihre Qualität hin untersucht. Dazu wird ein eigenes Bewertungssystem verwendet. Daraus folgt eine zusätzliche Forschungsfrage:

„Ist die Qualität der wissenschaftlichen Studien im Bereich der sensorischen Innervation von Faszien nach heutigen methodischen Standards ausreichend?“

Zu Beginn dieses Reviews werden in Kapitel 2 die Bedeutung des faszialen Systems herausgearbeitet und Definitionen gegeben. Kapitel 3 gibt einige begriffliche Definitionen aus dem Bereich der systematischen Reviews und der Forschung und zeigt mögliche Fehlerquellen bei der Literatursuche auf. Hier wird besonders auf die Nachvollziehbarkeit von wissenschaftlichen Arbeiten verwiesen. In Kapitel 4 wird die Methodik dieser Arbeit beschrieben. Diese beschäftigt sich nicht nur mit den Suchstrategien. Vielmehr wird ein internes qualitatives Bewertungssystem eingeführt. Denn nicht nur die Verfügbarkeit von Literatur ist von Belang, sondern vielmehr auch ihre methodische Qualität. Kapitel 5 beschreibt dementsprechend die Ergebnisse: Einerseits werden die gefundenen Studien mit ihren Inhalten präsentiert. In einem zweiten Schritt werden die Resultate der qualitativen Bewertung dargestellt. In Kapitel 6 erfolgt die Diskussion der Ergebnisse, ergänzt durch einige kritische Anmerkungen zu dieser Arbeit. Ein Ausblick auf die zukünftige Forschung wird gegeben.

## 2 Faszien

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die Bedeutung des faszialen Systems für die osteopathische Medizin gegeben.

### 2.1 Definition

In führenden anatomischen Büchern werden Faszien als „Anhäufungen von Bindegeweben“ verstanden, die so groß sind, dass sie mit bloßem Auge zu erkennen sind. Sie werden bezeichnet oder klassifiziert nach den Strukturen, mit denen sie verbunden sind, und werden als Teil von ihnen verstanden (Van der Wal 2009: 10). Auf dem ersten „Fascia Research Congress“ (2007) wurde eine neue Definition vorgeschlagen: Hier wird als „fascia“ der Anteil an Weichteilgeweben im Bindegewebe des menschlichen Körpers verstanden (Stecco L./Stecco C. 2009: VI).

Faszien gehören, wie auch die kapsulären Strukturen, zu den faserigen, straffen, ungeformten Bindegeweben. In Abgrenzung dazu gibt es die geformten Strukturen, wie wir sie in Sehnen, Bändern und Aponeurosen finden (Van den Berg 2003: 2). Bindegewebe entstammen embryonal dem Mesoderm (Geiger 2009: 13), das als eine Art „inneres Gewebe“ betrachtet werden kann. Im Gegensatz zu diesem Binnengewebe können wir das Ento- und das Ektoderm als „abgrenzendes Gewebe“ verstehen (Van der Wal 2009: 10). Bis zur zweiten Entwicklungswoche des Embryos sehen wir kaum eine Differenzierung bei den Zellen, die aneinander kleben und somit eine Integrität gewährleisten. Nach diesem Zeitpunkt kommt es verstärkt zu einer Spezialisierung der Zellen, die mit einem exponentiellen Wachstum einhergeht und ein differenziertes Membransystem benötigt (Myers 2010: 48). Im paraxialen Teil des Mesoderms finden wir jetzt das Mesenchym, ein nicht differenziertes embryonales Gewebe. Neben den Zellen für die Stütz- und Fettgewebe entstehen hieraus auch die embryonalen Stammzellen für die Fibroblasten und weiteren Zellen des Bindegewebes (Sobotta 2005: 242). Diese Zellen wandern durch den gesamten Organismus und besiedeln das Meso-, Ento- und Ektoderm (Myers 2010: 48).

Die meisten Gewebe, die aus dem Mesoderm entstehen, können histologisch als Binnengewebe betrachtet werden (Van der Wal 2010: 25). Diese Gewebe bestehen aus Zellen, Fasern und Interzellularräumen mit Substanzen (Van der Wal 2009: 10). Ausnahmen gibt es bei dem embryonalen Bindegewebe im Kopfbereich. Dieses entsteht aus der Neuralleiste (Sadler 2003: 77). Zwei Muster können jetzt bei der Entwicklung des Mesenchyms betrachtet werden: Einerseits geht es um das Schaffen

von Raum und Bewegung, wie es bei der Pleura oder dem Peritoneum beobachtet werden kann. Andererseits ist eine Bindungstendenz zu erkennen, die wir bei der Bildung von Membranen, Aponeurosen und Ligamenten sehen (Van der Wal 2009: 11). Ferner wurde bei Faszien ein kapilläres Gefäss- und ein dichtes Nervensystem beschrieben (Schäfer 1972: 22).

Allgemein bestehen Bindegewebe aus Zellen (Fibroblasten) und extrazellulären Bestandteilen (Matrix). Beide Bestandteile bedingen sich gegenseitig: Zellen produzieren Matrix, werden aber auch über die extrazellulären Bestandteile ernährt (Dölken 2002: 169). Stimuliert werden Fibroblasten durch biomechanische Wirkkräfte und biochemische Impulse (z.B. durch einen hohen Sauerstoffgehalt = alkalisches Milieu). Fibroblasten produzieren kollagene und elastische Fasern. Beim Kollagen handelt es sich um sehr zugstabile Eiweissketten. Diese können sich parallel verlaufend anordnen wie in geformten, straffen Bindegewebe der Sehnen und Ligamenten. Erfolgt dagegen die Beanspruchung aus verschiedenen Richtungen, entsteht ein ungeformtes, straffes Bindegewebe. Dies bildet entweder ein maschengitterartiges Geflecht, wie z.B. bei vielen Muskelbauch umhüllenden Faszien, oder ein unregelmässiges Geflecht, wie wir es bei den derben Faszien der Gelenkkapseln finden (Dölken 2002: 172). Die elastischen Fasern, in Faszien eher gering vorhanden (Threkeld 1992: 62), werden mit der Beweglichkeit der Gewebe in Verbindung gebracht (Dölken 2002: 173; Debroux 2004: 3). Die mechanische Qualität der Faszien wird somit durch die Quantität, Anordnung und Zusammensetzung der elastischen und kollagenen Fasern bestimmt, welche wiederum abhängig sind von Art und Grösse der mechanischen Beanspruchung (Rauber/Kopsch 1987: 14).

Die Materialeigenschaften der Faszien entwickeln sich sehr individuell (Schwind 2003: 6). So gibt es starke Variationen z.B. bei den histologischen Merkmalen und biomechanischen Eigenschaften (Paoletti 2001: 173ff.). Histologisch lassen sich Ligamente, Sehnen, Aponeurosen und Faszien auch als dichtes, reguläres Bindegewebe beschreiben (Threkeld 1992: 62). Fibroblasten steuern über Enzyme die Zusammensetzung ihrer Molekularstruktur und die Umbauvorgänge in der Faszie (Dölken 2002: 169ff.). Diese Zellen sind in faszialen Strukturen dünn gesät und variieren in ihrer Gestalt (Threkeld 1992: 62). Die Matrix selbst besteht aus nichtkollagenen Proteinen, die Wasser im Gewebe binden. Dadurch entsteht ein stabiles Netzwerk mit Volumen (Dölken 2002: 169ff.). Die Grundsubstanz ist ein zum größten Teil amorphes, halbflüssiges wässriges Gel. Ihre Bedeutung ist komplex und

noch nicht geklärt, denn jede lebende Zelle steht mit ihr in Verbindung (Rolf 1997: 41). Bestandteile der Grundsubstanz sind Mukopolysaccharide oder Glukosaminoglykane. Sie binden ebenfalls Wasser und bilden eine immunologische Barriere. Grundsubstanz gibt es bereits zum Zeitpunkt der ersten Zellteilung (Zygote). Dort umgibt sie als Zona pellucida das Follikel und bildet somit die erste Metamembran (Myers 2010: 46).

## 2.2 Funktionen

Die Faszienfunktionen liefern eine bessere Einteilung als die rein histologischen Betrachtungen (van der Wal 2010: 25). Übergeordnet lassen sich nach van der Wal zwei Funktionen der Faszie erkennen: Erstens gibt es die „entbindende“ Funktion mit losem, areolärem, bursähnlichem Bindegewebe. Dieses Gewebe bildet mobile Gelenke und Raum, z.B. bei den gleitenden Bewegungen der Lunge gegenüber der Pleura und der „Fascia endothoracica“. Zweitens gibt es die „verbindende“ Funktion mit dichtem und regelmäßig angelegtem Bindegewebe, z.B. bei den Sehnen und Ligamenten (Van der Wal 2009: 11). Die Aufgaben der Faszien können unterteilt werden:

- **Stützfunktion:** Würde beim Menschen alles außer den Faszien entfernt, bliebe trotzdem ein komplettes, menschliches Erscheinungsbild erhalten. Faszien sind an der Bildung von Ligamenten, Bändern und Kapseln beteiligt (DiGiovanna 1997: 19; Liem 2001: 376; Rolf 1997: 39; Paoletti 2001: 140). Sie umhüllen „scherengitterartig“ die Muskulatur und passen sich deren Volumenänderungen sinnvoll an (Lang 1962: 82, 83). Ein Versagen dieser Faszienfunktion wird z.B. mit der Entwicklung einer primären Varikose in Zusammenhang gebracht (Staubesand/Li 1996: 197).
- **Trägerfunktion:** Alle neuro-vaskulären Strukturen sind mit den Faszien eng verbunden und werden von ihnen getragen (Paoletti 2001: 147).
- **Schutzfunktion:** Faszien sind anpassungsfähig und schützen vor den wechselnden Belastungen. Faszien schützen auch Nerven-, Blut- und Lymphgefäß vor Zerrungen und Kompressionen.
- **Trennung:** Faszien trennen auch Strukturen voneinander (Van der Wal 2010: 26), z.B. bei den Fissuren der Lunge. Durch die Einteilung in einzelne Lungenlappen bleiben Infektionen auf die einzelnen Kompartimente beschränkt.
- **Stoßdämpferfunktion:** Eindrucksvoll geschieht diese bei den Faszienhüllen der Meningen in Kombination mit dem Puffersystem „Liquor cerebrospinalis“ und dem venösen System (Paoletti 2001: 148ff.).

- Rolle bei der Hämodynamik: Faszien halten Blut- und Lymphgefäß offen (DiGiovanna 1997: 19; Paoletti 2001: 151).
- Abwehrfunktion: Jeder Kampf gegen Krankheitserreger beginnt auf der Ebene der Grundsubstanz. Dieses Immunsystem ist evolutionsgeschichtlich älter als das Nervensystem und das humorale System. Die Grundsubstanz ist mit den endokrinen Drüsen sowie dem vegetativen und zentralen Nervensystem verbunden. Das Bindegewebe verfügt über bewegliche Zellen wie die Leukozyten und die Makrophagen (Liem 2001: 376; Paoletti 2001: 152; Pischinger 2004: 17ff.).
- Kommunikation: Die Grundsubstanz steht in engem Kontakt mit allen Zellen, da alle neuro-vaskulären Strukturen an der Grundsubstanz enden und nicht direkt in die Zellen hineinreichen. Bei der Informationsübermittlung muss immer der extrazelluläre Raum überwunden werden, der die primitive Steuerungsfunktion der Zellen übernimmt (Schwind 2003: 2; Rolf 1997: 41; Paoletti 2001: 153ff.; Liem 2001: 375). Bindegewebe verfügen über ihre Faseranteile, die Grundsubstanz und durch die Weiterleitung von Zug und Druck über eine mechanische Kommunikationsmöglichkeit (Myers 2010: 41). Nach neueren Untersuchungen ist die extrazelluläre Matrix über membran durchspannende Proteine (Integrine) mit dem Zytoskelett der Zellen verbunden (Myers 2010: 70).
- Biochemische Funktion: Faszien können sich aktiv zusammenziehen und wieder entspannen, wodurch der zelluläre Stoffwechsel beeinflusst wird (Paoletti 2001: 156). Das macht sie empfänglich für therapeutische Impulse (Liem 2001: 376).
- Gedächtnisfunktion: Faszien haben eine autonome Beweglichkeit und speichern erlittene Traumata ab. Deswegen wird in diesem Zusammenhang auch von einem peripheren Gehirn gesprochen (Paoletti 2001: 172ff.; Gabarel/Roques 1985: 190ff.; Kuchera 1994: 41).
- Propriozeption: Faszien können mit ihren Mechanorezeptoren sensible Informationen an das zentrale Nervensystem weitergeben (Kuchera 1994: 41; Typaldos 1999: 18ff.).
- Übertragung von Bewegungsimpulsen: Faszien übertragen Bewegungsautomatismen des Körpers, z.B. den Herzschlag und die Atmung (Germain 1989: 5; Liem 2001: 376). Sie leiten die Kräfte des passiven und aktiven Bewegungsapparates weiter (Van der Wal 2010: 25). Ohne die faszialen Strukturen käme

es zu Kraftverlusten (Garfin 1981: 317). Weiterführende biomechanische Relationen werden diskutiert (Macintosh et al. 1987: 78).

- Kontraktile Eigenschaften: In neueren Untersuchungen wurde die aktive Kontraktionsfähigkeit von Faszien nachgewiesen. Die Kontraktionen ähneln denen der glatten Muskulatur (Schleip et al. 2008: 20) und könnten so z.B. das schnelle Zusammenziehen der Milz mit ihrer Kapsel erklären (Schleip 2003: 108). Die zelluläre Kontraktilität zeigt außerdem periodische An- und Abschwellungen, die eine Ähnlichkeit mit den „Long-Tide-Pulsationen“ haben, die von W. G. Sutherland bei der Craniosacralen Osteopathie beschrieben wurden (Schleip 2010: 6).
- Bildung von Körperhöhlen: Bindegewebe schaffen Räume, wie den des Peritoneums, der Pleura oder auch den einer Gelenkhöhle (Cavitas articularis) (Van der Wal 2010: 26). Bei der Gesamtheit der Bindegewebzellen und der extrazellulären Matrix wird auch von einem Organ der Form gesprochen (Myers 2010: 18).
- Vegetative Funktionen: Die Stimulation der Faszien (Rezeptoren vom Typ III und IV) wirkt auf die lokale Regulation von Blutdruck, Durchblutung und Atmung. Langsamer und tief einwirkender therapeutischer Druck kann auf das Bindegewebe eine parasympathische Wirkung haben (Schleip 2003, 17). Eine starke Stimulation dieser Rezeptoren bewirkt ebenfalls einen verstärkten Austritt von Blutplasma in das interstitielle Gewebe. Somit wird die Viskosität der extrazellulären Matrix verändert. Zusätzliche Effekte werden bei den Ruffini - Körpern beobachtet, deren Reizung eine Verringerung der Sympathikusaktivität bewirkt (Schleip 2003: 105). Umgekehrt wirkt wiederum das autonome Nervensystem auf den Tonus der intrafaszialen glatten Muskelzellen (Myofibroblasten) (Schleip 2003: 109).
- Wundheilung: Fibrozyten können sich in Myofibroblasten umbilden, wie es bei der Wundheilung beobachtet werden kann (Simmonds et al. 2010: 2).

## 2.3 Biomechanik

Die kollagenen Fasern haben meist einen wellenartigen, gekräuselten Verlauf und verleihen dem Gewebe Elastizität (Dölken 2002: 173). In Ruhe zeigen sie je nach Gewebe eine gewisse Lockerheit („slack“) (Threlkeld 1992: 62). Sie verhalten sich wie Stoßdämpfer und puffern Beschleunigungskräfte ab. Die Reaktion der Kollagene hängt von der Geschwindigkeit der einwirkenden Kraft ab. Die elastischen Fasern liegen

neben den kollagenen, erhalten die Wellenform der Kollagene und fangen einwirkende Belastungen als erste Struktur ab. Sie reagieren wie Federn, d.h. das Ausmaß ihrer Verformung steht im Zusammenhang mit der Stärke der einwirkenden Kraft (Dölken 2002: 173). Beide Faserarten arbeiten synergistisch, um sehr kurzfristige Krafteinwirkungen oder auch länger andauernde Beanspruchungen zu kompensieren. Bleiben die Belastungen allerdings langfristig bestehen, so passt sich die Faszie mit strukturellen Veränderungen an (Liem 2001: 377ff.; Gabarel/Roques 1985: 127ff.).

Bei den Bindegeweben scheint überwiegend die parallel wirkende Arbeitsweise von Stoßdämpfern und Federn vorzuliegen (Viidik 1997: 148). Hinzu addiert werden die Reibungswiderstände in den Geweben (Viidik 1997: 151). Für die Unversehrtheit der Faszie ist es wichtig, dass ihre eher ungeordnet angelegten Faserbündel frei aneinander vorbeigleiten. Als Beispiel können die tiefen Faszien der Extremitäten genannt werden. Hier gibt es verschiedene Lagen von Bindegeweben. Interne und externe Schichten haben Ähnlichkeit mit dem Epimysium, die mittlere Schicht hat einen aponeurotischen Charakter. Zwischen diesen Schichten finden wir loses (areoläres) Bindegewebe (Stecco et al. 2008: 229). Verklebungen zwischen diesen Schichten („crosslinks“) verursachen ein verändertes Spannungsverhalten (Threlkeld 1992: 63). Das viskoelastische Verhalten von Faszien auf eine zunehmende Dehnung lässt sich in vier Phasen unterteilen:

1. Matrixbelastungsbereich: Die Matrix wird verlängert ohne große Änderung des Gewebewiderstandes. Die Kollagene werden aus ihrer Wellenform herausgestreckt (Dölken 2002: 175). In diesem Bereich findet die therapeutische Intervention statt, auch bekannt unter der Bezeichnung „taking out the slack“ (Threlkeld 1992: 63).
2. Kollagenbelastungsbereich: Der Gewebewiderstand steigt linear an.
3. „Creep“: Kollagene werden plastisch verformt, wenn die Belastung über mehrere Stunden (bis Monate) dauert (Threlkeld 1992: 66).
4. Traumatisierung (Dölken 2002: 175).

Die Phasen eins bis vier wurden unter isolierten Laborsituationen an Ligamenten nachgewiesen (Threlkeld 1992: 65). Bemerkenswert ist die Tatsache, dass die Steifigkeit der Faszien bei wiederholten Dehnungen ansteigen kann, sofern sie adäquate Erholungsphasen haben (Yahia et al. 1993: 428).

Faszien umgeben als Endo-, Peri- und Epimysium die Muskulatur und bilden mit ihnen myofasziale Ketten, die den gesamten Körper netzartig durchziehen und alles mit allem verbinden (Myers 2010: 1; Liptan 2010: 5). Allgemein vollzieht sich die Organisation in longitudinaler Richtung. Innerhalb dieses Systems gibt es horizontal verlaufende fasziale Ebenen (Liem 2001: 380; DiGiovanna 1997: 19). Es wird betont, dass es neben dem parallelen Verlauf von Bindegewebe auch eine Organisation der Strukturen in Serie gibt (Strasmann et al. 1990: 2).

Von der Körperoberfläche zum Körperinneren vollzieht sich die Organisation der Faszien in mehreren Schichten. Wir finden zwei Schichten loses Bindegewebe in der Hypodermis, das dort durch die Fascia superficialis getrennt wird. Die Organisation der Fascia profunda gestaltet sich bei den Extremitäten und dem Rumpf unterschiedlich. Im Rumpfbereich kann die tiefe Faszie nicht von dem Epimysium der Muskulatur getrennt werden. Weiter in der Tiefe finden wir viszerale Faszien. Bei den Extremitäten kann die Fascia profunda eindeutig von dem Epimysium der Muskulatur unterschieden werden (Stecco/Stecco 2009: 3ff.).

Die ganzheitliche biomechanische Wirkungsweise dieser Faszienketten stellen eine sinnvolle Ergänzung der überlicherweise vorhandenen isolierten Betrachtung einer reduzierenden Muskelanatomie dar (Myers 2010: 2). Die Faszien bilden mit ihren Kompartimenten, Blättern und Lagen ein komplexes architektonisches System. Nach diesem Verständnis sind die Gelenkkapseln und Ligamente ein integraler Bestandteil (Mameren/Van der Wal 1983: 169). Ebenfalls können z.B. die Retinacula am oberen Sprunggelenk als Verdichtungen der Fascia cruralis gesehen werden (Stecco et al. 2010: 200).

## 2.4 Sensorische Innervation

Im Bewegungsapparat liegen somatosensorische Nervenendigungen, die Informationen über die Muskelfaserlänge, die Spannungszustände der Sehnen, die Stellung der Gelenke und die Lage der Körperteile zueinander geben. Wir sprechen von einer Tiefensensibilität oder auch Propriozeption (lat. *proprius* = eigen) (Waldeyer 2003: 40). Der adäquate Reiz für diese Mechanorezeptoren sind Berührung, Druck, Vibration, Spannung und Dehnung (Benninghoff/Drenckhahn 2004: 762).

Prinzipiell haben alle Nervenendigungen der Somatosensorik den gleichen Aufbau. Durch Variationen im strukturellen Aufbau entsteht eine Spezialisierung (Benninghoff/Drenckhahn 2004: 761). Bei den freien Nervenendigungen zeigen die

peripheren Fortsätze der Nerven keine erkennbare Spezialisierung oder auch Hilfsstrukturen. Sie sind oft multimodal und funktionieren als Mechanorezeptoren, Thermorezeptoren, Chemorezeptoren und/oder Nociceptoren (Gardner/Kaas 2008: 18, 19). Die Nervenfasern der freien Nervenendigungen haben direkten Kontakt zur interstitiellen Flüssigkeit und zu den kollagenen Faserbündeln (Benninghoff/ Drenckhahn 2004: 763). Der periphere Nerv kann aber auch von einer Hilfsstruktur umhüllt sein, die den Reiz verändert, bevor an der Membran des Nerves die eigentliche Reizumsetzung erfolgt. Diese Hilfsstrukturen sind z.B. Muskelspindeln, Golgi-Endorgane (in Ligamenten), Golgi-Sehnenorgane, Ruffini-Körper und Vater-Pacini-Körper („Golgi-Mazzoni“) (Waldeyer 2003: 1228; Netter 1987: 152; Gardner/Kaas 2008: 14ff.; Schleip 2003, 14).

Das periphere trägt dem zentralen Nervensystem sensible Informationen aus der Peripherie zu (Trepel 2004: 21). Diese aufsteigenden Informationen werden auch als „Afferenzen“ bezeichnet. Sie scheinen für den menschlichen Körper sehr wichtig zu sein, überwiegen sie doch im Verhältnis 3:1 zu den absteigenden Informationen. Diese gelangen als Efferenz zu der Muskulatur (Schleip 2003: 16). Aufsteigende Informationen werden über die Radix dorsalis ins Rückenmark oder als sensibler Anteil der Hirnnerven ins Gehirn geleitet (Waldeyer 2003: 481). Hier liegen auch die dazugehörigen Zellkörper von fast allen sensorischen Nervenendigungen (Benninghoff/Drenckhahn 2004: 761). Über aufsteigende Bahnen gelangen die Informationen der Somatosensorik über den Thalamus in den Cortex, über weitere Fasern in das Kleinhirn und den Hirnstamm (Formatio reticularis) (Waldeyer 2003: 481). Im Cortex findet die Koordination von sensorischen Afferenzen und motorischen Efferenzen und die weitere Regulation höherer Funktionen statt (Netter 1987: 195).

Sensible Informationen können epikritisch und sehr genau wahrnehmbar sein, wie z.B. durch Druck, Berührung und Vibration. Schlecht lokalisierbar ist die protopathische Sensibilität, wie grober Druck, Schmerz und Temperatur (Waldeyer 2003: 481). Die epikritische Sensorik verläuft in den Hinterstrangbahnen, die des protopathischen Teiles in den Vorder-Seitenstrangbahnen (Rauber/Kopsch 1987: 250).

Die Gliederung der Rezeptoren kann nach Funktion erfolgen: Exterozeptoren registrieren über Hautrezeptoren die Reize der Außenwelt. Propriozeptoren in den Faszien, Sehnen, Muskeln und Gelenken vermitteln Informationen der Innenwelt. Enterozeptoren leiten Reize aus den Eingeweiden weiter. Die Weiterleitung der Informationen verläuft in Bahnen epikritisch oder protopathisch. Der Bau des

Rezeptors kann eine freie Nervenendigung oder eine modifizierte Nervenzelle sein (Lippert 2006: 95ff.). Generell ist die Nervenleitgeschwindigkeit im epikritischen System schnell (Propriozeption), die des protopathischen Systems langsam (Waldeyer 2003: 482).

Wir sprechen also bei der Sensorik im faszialen System von „somatisch afferenten Informationen“. Eine Unterform ist die Propriozeption, deren Wahrnehmung über Muskelspindeln/Golgi-Organe sowie Ruffini-Körper, Pacini-(forme) Endkörper und freie Nervenendigungen erfolgt (Benninghoff 1994: 440). Für das Fasziensystem kommen folgende Mechanorezeptoren und Nervenfasertypen in Frage (vgl. Schleip 2003: 24):

Rezeptor	Nerventyp	Reizung durch:	Wirkung
Golgi-Rezeptoren	I b	Dehnung (langsam)	Muskeltonus↓
Pacini-(forme) Endkörper	II	Vibration, Druckänderung	Propriozeption↑
Ruffini-Körper	II	Scherbewegung (konstant)	Sympathikus↓
Freie Nervenendigungen	III & IV	mechanische Reize	Vasodilatation↑

Abb. 1: Mechanorezeptoren in Fasziensystem und deren Wirkung

Es ist wichtig zu betonen, dass nur zehn Prozent der Golgi-Rezeptoren in Sehnen gefunden werden. Die verbleibenden neunzig Prozent sind in anderen faszialen Strukturen wie Gelenkkapseln, Aponeurosen und Ligamenten lokalisiert. Über ihre Funktion ist wenig bekannt (Schleip 2003: 14). Leider ist die Nomenklatur bei den afferenten Nervenfasern nicht einheitlich (Benninghoff/Drenckhahn 2004: 763). Es gibt die Klassifikation nach Lloyd/Hunt in Typ I-IV, sowie die Einteilung nach Erlanger/Gasser in Fasertyp A-C (Schmidt/Thews 1997: 37). Bei beiden Systemen wird u.a. die Unterscheidung nach ihrer Leitgeschwindigkeit vorgenommen. Nervenfasern, die von einer Markscheide umgeben sind, weisen eine hohe Leitgeschwindigkeit auf (Typ I bzw. Typ A). Marklose Nerven haben eine langsame Reizleitung (Typ IV bzw. C) (Schmidt/Thews 1997: 37; Lippert 2006: 97). Bei den markhaltigen Nerven erfolgt die Erregungsleitung saltatorisch, bei den marklosen Nervenfasern breitet sich der Reiz kontinuierlich aus (Kahle/Frotscher 2001: 40).

Insgesamt betrachtet wird das fasziale Netzwerk mit seinen Mechanorezeptoren als das größte Sinnesorgan des Menschen beschrieben (Myers 2010: 44). Die freien Nervenendigungen sind die am häufigsten vorkommenden Rezeptoren des Menschen (Benninghoff/Drenckhahn 2004: 763). Nur zwanzig Prozent der sensorischen Nerven sind die gut erforschten Nerven vom Typ I und II (Muskelspindeln, Golgi-Organe, Pacini-Körper und Ruffini-Endungen). Der Hauptteil der Sensorik geht über die Fasern

vom Typ III und IV. Neunzig Prozent von diesen beiden Typen sind wiederum die unmyelinisierten Nerven vom Typ IV. Diese sollten besser als interstitielle myofasziale Geweberezeptoren bezeichnet werden.

Wie beschrieben sind diese freien Nervenendigungen oft multimodal. In Anwesenheit von Schmerz und Neuropeptiden können sie ihre Reizschwelle verändern. Dies könnte erklären, dass Schmerz auch ohne mechanische Irritation der Nerven existieren kann (Schleip 2003: 16). Erwähnenswert ist, dass innerhalb der Nerven vom Typ III und IV Untergruppen von Fasern existieren, die entweder eine hohe oder eine geringe Reizschwelle aufweisen (Simmonds et al. 2010: 6).

Allgemein unterliegen die Verteilungen, Häufigkeiten und sensiblen Leistungen der besprochenen Rezeptoren im Fasziensystem starken regionalen Schwankungen (Stilwell 1957: 646). Die Verteilungsmuster und Anordnungen der Rezeptortypen könnten ihre unterschiedlichen Funktionen widerspiegeln (Ralston 1960: 139.). So scheint ein Retinaculum eine grosse perzeptive Funktion zu haben, da es nach neuerer Untersuchung sehr dicht mit Mechanorezeptoren bestückt ist, währenddessen sehnensartige Ausdehnungen im Fasziensystem eher eine mechanische Rolle spielen. Hier werden Propriozeptoren als nur spärlich vorhanden beschrieben (Stecco et al. 2007: 38). Ähnliches wird bei den tiefen Faszien der Extremitäten beobachtet. Hier haben die aponeurotischen Anteile der Faszien angeblich eine eher geringe Dichte von Nervenfasern, während die epimysialen Faszien reichhaltig innerviert werden (Stecco et al. 2008: 229).

Die Komplexität des Themengebietes Sensorik wird weiter vergrössert, wenn bedacht wird, dass die aktuellen neurobiologischen Konzepte das vorher Beschriebene als veraltet ansehen. Sie sehen in dem Nervensystem primär ein Flüssigkeitssystem, in dem die Weiterleitung von Impulsen (Informationen) oft über Botenstoffe in den Blut-, Lymph- und cerebrospinalen Flüssigkeiten oder in der Grundsubstanz funktioniert. Weitere Verbindungen zu dem endokrinen und dem immunologischen System sind gegeben (Schleip 2003: 13 – 14).

## 2.5 Osteopathie und Faszien

Osteopathie behandelt nach Möglichkeit funktionelle Bewegungsstörungen, die u.a. biomechanisch durch veränderte Krafteinwirkungen entstehen. Allgemein verursachen Dysfunktionen gleich zu Beginn Änderungen in der Zelle, im interstitiellen Gewebe und somit im faszialen System. So wie jede normale Krankheit auch die kleinste Zelle

erreicht, werden deren Zellmembranen auch über veränderte mechanische Krafteinwirkungen informiert (Kwakman 2010: 14).

Die Hauptzellen der Faszien sind Fibroblasten, die auf veränderte Spannungsverhältnisse mit einer Sekretion von „proinflammatorischen Zytokinen“ reagieren können. Dies erhöht den nociceptiven peripheren Input und wird u.a. als Auslöser von Fibromyalgie diskutiert. Ähnliche Entzündungsprozesse als unfunktionelle Heilungsantworten des Körpers werden auch bei der „Fascitis plantaris“ beschrieben oder bei der „Epicondylitis lateralis“ beobachtet (Liptan 2010: 3).

Diskutiert wird auch über die morphologischen Auswirkungen auf das fasziale Nervensystem bei chronischen Entzündungen (Bednar et al. 1995: 1161). Die physiologische Antwort der zugehörigen Hinterhornneurone besteht aus einer verstärkten sensorischen Reaktion (Taguchi et al. 2008: 119). Wie schnell eine Faszie auf mechanische Reize reagieren kann, wird bei der Therapie als sogenannter „Release“ erspürt, der bereits nach neunzig bis hundertzwanzig Sekunden eintritt. Die ersten morphologischen Veränderungen auf dem Niveau der Zelle werden nach circa zwei Stunden beobachtet (Simmonds et al. 2010: 2).

Faszien können erlittene Traumata und biomechanische Überlastungssituationen nicht von alleine beheben, sondern passen sich den gegebenen Situationen lediglich an. Dies führt zu Verklebungen und Verkalkungen, die wiederum eine Veränderung der Propriozeption bewirken (Schwind 2003: 28; Typaldos 1999: 21). Die Faszie kann auf veränderte Spannungsverhältnisse mit einer Dehydrierung reagieren, wodurch das Gewebe eine höhere Viskosität erhält und gelartiger wird. Dies begünstigt wiederum die Ablagerung von Toxinen und Metaboliten (Myers 2010: 21). Selbst kleine Restriktionen können so unbehandelt eine beträchtliche biomechanische Bedeutung erlangen (Barral/Mercier 2002: 3ff.).

Durch die vegetative Innervation der Faszien sind auch Übertragungen auf das autonome Nervensystem gegeben (Ward 2003: 98ff.; Tanaka/Tetsuo 1977: 280). Immunhistochemische Untersuchungen scheinen zu belegen, dass die Innervation der Fascia thoracolumbalis zu fünfundachtzig Prozent aus sympathischen Nervenfasern besteht (Tesarz et al. 2009: 59). Einige Nervenfasern sind in die lokale Kontrolle der Durchblutung involviert (Benjamin 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x). Dadurch entstehen therapeutische Konsequenzen, z.B. die Frage nach der Höhe der Reizintensität bei einer Behandlung. Ein Zuviel an Druckintensität

könnte aufgrund der vegetativen Innervation und über spezifische chemische Botenstoffe zu einem Zusammenziehen der Faszie führen, wie es u.a. bei dem „Morbus Dupuytren“ oder der „Frozen Shoulder“ diskutiert wird (Schleip 2006: 21). OsteopathInnen sollte bewusst sein, dass die *Fascia superficialis*, hier als das „areoläre“ Bindegewebe direkt unter der Haut verstanden, als eine der ersten Strukturen die mechanischen Stimuli der Therapie erfährt (Evanko 2010: 12ff.).

Die Reaktionen des autonomen Nervensystems sind multifaktoriell und können nicht einzeln quantifiziert werden. Nebeneffekte der Faszientherapie können aber anhand von Änderungen der Herzratenvariabilität (HRV), des Blutdrucks oder auch der Leitfähigkeit der Haut beobachtet werden (Simmonds et al. 2010: 4). Die Dominanz des zentralen über das fasiale Nervensystem wird dadurch sichtbar, dass bei anästhesierten Personen die vorher bestehenden faszialen Restriktionen in der Narkose gänzlich verschwanden (Schleip 2003: 13). Der Behandlungsreiz muss für den menschlichen Körper von Interesse sein und somit die *Formatio Reticularis* und den Thalamus passieren (Schleip 2003: 114).

Osteopathisch sollten auch Perforationen in der *Fascia superficialis* behandelt werden. Die oberflächliche Faszie nämlich wird von Triaden, bestehend jeweils aus Nerv, Arterie und Vene, durchbohrt. Teilweise werden diese auch durch Lymphgefässe begleitet. Diese Perforationsstellen gelten als anfällig für Strangulationen. Sie stimmen in zweiundachtzig Prozent der Fälle mit den klassischen Akupunkturpunkten der traditionellen chinesischen Medizin überein (Schleip 2003: 110; Staubesand/Li 1996: 197). Weitere Relationen sind dadurch gegeben, dass in achtzig Prozent die Akupunkturpunkte mit bindegewebigen Verdichtungen im inter- und intramuskulären Bereich übereinstimmen (Langevin/Yandow 2002: 257). Hier werden auch verstärkte myofasziale Kontraktionen und Verwindungen der Bindegewebe beobachtet. Diese scheinen als Reaktion auf den Behandlungsreiz die Akupunkturnadel förmlich zu greifen und erhöhen dadurch den Widerstand gegenüber der Nadelrotation während der Akupunkturbehandlung (Langevin et al. 2001: 2275; Langevin/Yandow 2002: 259).

Neben den mechanischen und neurologischen Beziehungen des faszialen Systems mit dem Gesamtkörper werden auch die Wirkungen auf das parakrine oder endokrine System diskutiert (Simmonds et al. 2010: 7).

### 3 Systematische Reviews

In diesem Kapitel werden Definitionen von „Systematischen Reviews“ gegeben sowie ihre Relevanz für die Wissenschaft verdeutlicht. Dies ist notwendig, um die Vorgehensweise des vorliegenden Reviews festzulegen und seine Qualität abzuwägen zu können, aber auch um die aufgefundenen Studien aus dem Bereich der explorativen und evaluativen Forschung einschätzen zu können. Besonderer Wert wird auf Abstufungen bei der methodischen Studienqualität gelegt, hier im Besonderen auf das mögliche Vorhandensein von systematischen Verzerrungen (Bias).

#### 3.1 Definition

Systematische Reviews und Metaanalysen fassen die aktuelle Evidenz in einem wissenschaftlichen Forschungsgebiet zusammen. Während das „Review“ in narrativer Weise, also auf sprachlicher Ebene, die vorhandene Literatur verdichtet und neben den empirischen Ergebnissen auch Fragen der Theorie und Methodik bespricht, versucht die „Metaanalyse“ Einzelergebnisse von mehreren, möglichst homogenen Studien auf einer statistischen Ebene auszuwerten (Bortz/Döring 2009: 672ff.).

Im Gegensatz zur Übersichtsarbeit, die in der Auswahl und Analyse von Studien eher subjektiv vorgeht und oft eine Expertenmeinung wiedergibt (Greenhalgh 2003: 154), ist das systematische Review eine eigenständige Forschungsarbeit, die reproduzierbare Angaben über die Methoden, Literaturrecherchen, Materialien und die verfolgten Ziele gibt (Greenhalgh 2003: 153). Das Review führt möglichst objektiv eine qualitative Bewertung relevanter Studien durch und verdichtet deren Ergebnisse nach wissenschaftlichen Methoden. Eine Metaanalyse kann dabei der statistische Teil des Reviews sein (Kunz et al. 2009: 2), benötigt aber im Gegensatz dazu quantitative Ergebnisse (Eisend 2004: 5).

Systematische Reviews gehören zu den sekundären Forschungsarbeiten und grenzen sich aufgrund ihrer streng definierten Methodik ab von anderen Übersichtsarbeiten:

- nichtsystematische Übersichtsartikel (oft Meinungen)
- Metaanalysen (Zahlenmaterial mehrerer Studien)
- Leitlinien, ökonomische Analysen (Greenhalgh 2003: 69).

### **3.2 Relevanz**

Ausgehend von zehn wissenschaftlichen Zeitschriften im Jahre 1750 hat sich seitdem diese Anzahl alle fünfzig Jahre verzehnfacht (Eisend 2004: 1). Diese grosse Informationsflut ist kaum zu bewältigen. Somit ergibt sich eine Forderung nach qualitativen und quantitativen Zusammenfassungen von wissenschaftlichen Erkenntnissen sowie nach einem objektiven Überblick zum Stand der derzeitigen Forschung (Greenhalgh 2003: 30). Wichtig ist die Nachvollziehbarkeit des Reviewprozesses, denn dieser wird durch die natürliche Subjektivität der AutorInnen geprägt (Kunz et al. 2009: 2).

### **3.3 Forschung**

Forschung wird als Hauptaufgabe der Wissenschaft verstanden. Sie beinhaltet die planmässige Suche nach neuen Erkenntnissen und deren Nachprüfbarkeit (Brockhaus 1988: 468). Empirische Forschung bedeutet die systematische Auswertung von Erfahrungen, wodurch wir einen Zugewinn an Erkenntnissen erhalten. Darunter wird auch das Generieren von neuen wissenschaftlichen und das Prüfen von bestehenden Hypothesen verstanden (Bortz/Döring 2009: 2ff.).

### **3.4 Explorative Forschung**

Exploration ist eine erforschende und erkundende Wissenschaft. Ein relativ unerforschtes Gebiet wird erschlossen, neue Hypothesen werden entwickelt oder Voraussetzungen geschaffen, um erste Hypothesen zu formulieren. Explorative Forschung ist wenig normiert, d.h. sie lebt vom Einfallsreichtum der Forschenden und bietet dabei viel Spielraum. Es gibt wenig Richtlinien (Bortz/Döring 2009: 50). Grundlagenforschung fragt nicht nach dem Nutzen, dem Wert oder den Anwendungsmöglichkeiten der erzielten Forschungsergebnisse. Es geht vielmehr um den Neuerwerb von Wissen in einem Gebiet (Bortz/Döring 2009: 99) und bedeutet eine grundlegende Auseinandersetzung mit einem Themengebiet (Bortz/Döring 2009: 353).

### **3.5 Evaluationsforschung**

Ein Teilbereich und eine Anwendungsvariante der empirischen Forschung ist die Evaluationsforschung. Sie bewertet Massnahmen oder Interventionen (Bortz/Döring 2009: 96). Wie die Erkenntnisse der Evaluationsforschung in die therapeutischen Bereiche umgesetzt werden können, beantwortet die Interventionsforschung (Bortz/Döring 2009: 102).

Interventionsstudien sind experimentell (Kunz et al. 2009: 18). Randomisiert und kontrolliert ist eine Studie (RCT) dann, wenn sie unter standardisierten Bedingungen eine Intervention appliziert und den Endpunkt (Reaktionsnachweis aufgrund einer Intervention oder Exposition = „outcome“) (Kunz et al. 2009: 130) gegenüber einer Kontrollgruppe mit einer nichtwirksamen Intervention während einer Nachbeobachtungszeit vergleicht (Parallelgruppenvergleich). Dabei wird per Zufall (randomisiert) entschieden, welche Intervention ein bzw. eine ProbandIn erhält. Haben weder die StudienteilnehmerInnen noch das wissenschaftliche Personal Kenntnis darüber, welche Art von Intervention verabreicht wurde, so sprechen wir von „Verblindung“. Die Gruppen müssen möglichst homogen und vergleichbar sein (Greenhalgh 2003: 69ff.). Nur durch diese Studienform ist ein Nachweis der Effektivität und der Kausalität einer Intervention möglich (Weiß 2008: 272). Vergleichsstudien werden ohne eine Randomisierung durchgeführt, wenn ein Zufallsprinzip nicht möglich, unpraktisch oder ethisch nicht vertretbar wäre. Es besteht sonst die Gefahr einer Verzerrung bei den Studienergebnissen (Greenhalgh 2003: 72).

### **3.6 Evidence based medicine (EbM)**

Wenn die Medizin durch wissenschaftliche Forschungsbelege beeinflusst wird, sprechen wir von einer „evidence based medicine“ (EbM). Durch die Anwendung statistischer Methoden können z.B. Risiken im Bereich des medizinischen Handelns verringert werden. EbM sollte somit als Berechnung und nicht als Kochbuchmedizin verstanden werden. Sie erleichtert den Transfer von der Wissenschaft in die Medizin (Hirsch 2003: 24ff.; Greenhalgh 2003: 23).

EbM meint auch die Suche nach der besten Evidenz, um eine Forschungsfrage zu beantworten. Gibt es z.B. keine Ergebnisse aus qualitativ hochwertigen Studien, dann wird die Expertenmeinung herangezogen (Hirsch 2003: 26).

Vorsicht ist geboten, wenn Erkenntnisse anscheinend so einleuchtend sind, dass sie keiner weiteren Verteidigung oder Prüfung bedürfen (Raspe 1996: 556).

### **3.7 Methodische Studienqualität**

Es gibt eine Vielzahl von Richtlinien und Skalen, um die methodische Qualität von Studien im Bereich der Interventionsforschung zu bewerten, z.B. die PEDro scale – Physiotherapy Evidence Database (Verhagen et al. 1998: 1235ff.), die Jadad Skala (Jadad et al. 1996: 1ff.) oder auch die Einteilung nach der AHCPR (Agency for Health Care Policy and Research) (Mehrholz 2010: 20). Die Einteilung erfolgt dort in

bestimmte Evidenzstufen, wobei Systematischen Reviews und Metaanalysen der Vorzug gegeben wird vor Experimentellen Studien (RCT's), Beobachtungsstudien (Kohortenstudien, Fall-Kontroll-Studien, Querschnittsstudien und Fallserien) sowie Fallberichten und individuellen Expertenmeinungen (Greenhalgh 2003: 81; Hirsch 2003: 24ff.; Kunz 2009: 18 ff.).

Bei dem GRADE-System (The Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation Working Group) werden zusätzlich Empfehlungen (stark, schwach) und Leitlinien je nach Qualität der Evidenz (hoch, moderat, gering, sehr gering) erstellt (Hilfiker 2010: 20). Ähnliche Qualitätskriterien oder Bewertungen gibt es im Bereich der explorativen Forschung leider nicht.

### **3.8 Bias**

Bias meint systematische Fehler, die Schlussfolgerungen verzerrn und fälschlich beeinflussen (Greenhalgh 2003: 92). Systematische Reviews werden durch nachfolgend aufgeführte Formen von Bias massgeblich beeinflusst:

- **Publikations-Zitations-Bias:** Studien mit negativen oder auch nicht-signifikanten Effekten werden weniger häufig publiziert (Kleist 2001: 1287ff.). Studien mit schwachen Designs dagegen können eher dramatische Ergebnisse liefern und werden dementsprechend öfter berücksichtigt. Es besteht auch die Möglichkeit, dass aufgrund von wirtschaftlichen Interessen negative Forschungsergebnisse unterdrückt werden (Wager 2007: 71ff.) Bias entsteht für den Reviewer dadurch, dass ein grosser Teil der Arbeiten nicht indexiert ist. Beispielsweise werden achtzig bis neunzig Prozent der eingereichten Arbeiten bei „Lancet“ oder „JAMA“ abgelehnt. Subjektiv ist auch, welche Arbeiten indexiert werden, denn Arbeiten von hochrangigen AutorInnen werden bevorzugt veröffentlicht. Ebenfalls entscheidet der Ort der Publikation darüber, wie die Ergebnisse verbreitet werden. Es herrscht Voreingenommenheit z.B. gegenüber Entwicklungsländern (geografischer Bias). Gender-Bias entsteht dadurch, dass Studien von Frauen anders als die von Männern bewertet werden (Wager 2007: 51ff.).
- **Sprachen-Bias:** Bei der Interpretation von Reviewergebnissen muss berücksichtigt werden, dass es mehr Veröffentlichungen im englischen als im nicht-englischen Sprachraum gibt (Wager 2007: 61). Beeinflusst wird der Reviewprozess dieser Masterthesis z.B. durch die Sprachkenntnisse des Reviewers.

- Auffindungs-Bias: Es gibt keine Standards und sicheren Methoden für das Auffinden von veröffentlichten Studien. Jeder Reviewprozess wird anders verlaufen und somit unterschiedliche Ergebnisse produzieren.
- Selektions-Bias: Die Ergebnisse dieser Arbeit werden sehr stark dadurch verzerrt, dass die Selektion der Studien durch den Autor stattfindet. Systematische Unterschiede entstehen dadurch, dass Studien mit einer hohen Evidenzstufe normalerweise bei der Publikation bevorzugt werden (Greenhalgh 2003: 93). Auch innerhalb der verschiedenen Evidenzstufen gibt es wiederum Abstufungen in der Qualität (Kunz 2008: 673ff.). Dadurch entsteht ein Selektionsprozess, der wiederum die Übertragbarkeit der Ergebnisse in Frage stellt (Kleist 2001: 1287ff.). Um statistisch signifikante Schlussfolgerungen ziehen zu können, wären zur Vermeidung eines Selektions-Bias mehrere Reviewer besser (Wager 2007: 28).
- Rekrutierungs-Bias: Motivierte ForscherInnen publizieren häufiger und werden öfters zitiert (Greenhalgh 2003: 89). Somit haben diese Arbeiten auch eher eine Chance, indexiert und aufgefunden zu werden.
- Erwartungs-Bias: Eine Erwartungshaltung der AutorInnen an eine Studie verzerrt das Ergebnis maßgeblich (Greenhalgh 2003: 97).
- sonstige Bias: Möglicher Bias des Reviews liegt in den methodischen Schwächen der Studien und des Designs selbst. Dies kann durch die unterschiedliche Behandlung und statistische Auswertung bei StudienabbrecherInnen („drop-out“) (Attrition-Bias) oder durch die unterschiedliche Bewertung der Endpunkte (Detektions-Bias) entstehen. Performance-Bias bedeutet, dass neben der Intervention die geleistete Versorgung für die ProbandInnen nicht homogen ist (Greenhalgh 2003: 93ff.).

## 4 Methode

Die Strukturierung dieser Methode folgt Empfehlungen aus der Literatur (Kunz et al. 2009: 10 ff.; Greenhalgh 2003: 32).

### 4.1 Forschungsfrage

Ziel dieses systematischen Reviews ist die Überprüfung des derzeitigen Standes der Forschung im Bereich der sensorischen Innervation von Faszien anhand von Literatur. Es ergibt sich folgende Forschungsfrage:

„Gibt es eine Evidenz über die sensorische Innervation von Faszien?“

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist die qualitative Bewertung der ermittelbaren Studien und Arbeiten. Dazu wird ein qualitatives Bewertungssystem verwendet. Eine zusätzliche Forschungsfrage folgt daraus:

„Ist die Qualität der wissenschaftlichen Studien im Bereich der sensorischen Innervation von Faszien ausreichend?“

### 4.2 Literaturrecherche und Suchstrategie

In einem ersten Reviewprozess wird vom Autor dieser Arbeit vorhandene Literatur auf den Themenschwerpunkt der sensorischen Innervation von Faszien überprüft. Über die Quellenangaben der relevanten Studien werden weitere Arbeiten ermittelt.

Weiterhin werden für die Literaturrecherche die Datenbanken „pubmed“, „medline“ und „google scholar“ vom Autor untersucht. Die Limitierung auf drei Datenbanken geschieht aufgrund des begrenzten zeitlichen Rahmens dieser Masterthesis. Die Suche erfolgt in englischer Sprache. Es gibt keine zeitliche Eingrenzung des Publikationszeitraumes. Bei der Eingabe des englischen Suchbegriffes „fascia“ am 30.05.2011 ergeben sich folgende Resultate:

Datenbanken	Einträge
pubmed	14.807
medline	14.282
google scholar	267.000

Abb. 2: Einträge unter dem Begriff „fascia“ in den Datenbanken

Aufgrund der hohen Anzahl von Einträgen werden Kombinationen von Schlüsselwörtern eingegeben. Die Schlüsselwörter sind aus den Wörterbüchern der Datenbanken ermittelt worden. Es werden folgende Kombinationen eingegeben:

fascia	and	mechanoreceptor
fascia	and	proprioception
fascia	and	nociception
fascia	and	ruffini
fascia	and	pacinian
fascia	and	golgi
fascia	and	corpuscles
fascia	and	nerve endings

Abb. 3: Kombinationen von Schlüsselwörtern

Mit diesen Kombinationen werden folgende Einträge ermittelt:

Kombination / Datenbank	pubmed	medline	google scholar
fascia	14807	14282	267.000
fascia and mechanoreceptor	25	2	1.870
fascia and proprioception	27	0	3.170
fascia and nociception	9	0	4.600
fascia and ruffini	5	0	535
fascia and pacinian	6	0	814
fascia and golgi	48	0	5.200
fascia and corpuscles	15	0	4.520
fascia and nerve endings	45	0	11.700

Abb. 4: Anzahl der Einträge zu den Schlüsselwortkombinationen in den Datenbanken

Um mögliche Fehlerquellen zu minimieren, werden in einem zweiten, parallel verlaufenden Reviewprozess, zwei Institute mit der gleichen Literaturrecherche beauftragt:

1. Institut: [www.Profi-wissen.de](http://www.Profi-wissen.de). Der Recherchedienst.
2. Institut: [www.Zeitgewinn24.de](http://www.Zeitgewinn24.de). Informationsvermittlung.

Beide Firmen haben das gleiche zeitliche Budget, das ungefähr einen Arbeitstag umfasst. Welche von den gesamthaft gefundenen Einträgen für die Masterthesis verwendet werden können, wird in Kapitel 4.3 und 4.4 beschrieben.

### 4.3 Einschlusskriterien

Es wird nur Literatur berücksichtigt, die eindeutig Nervenstrukturen in Faszien beschreibt.

Die folgende Tabelle (vgl. Wendell-Smith 1997: 274) gibt einen Überblick über die Terminologie des Begriffes „Faszie“. Die Bezeichnungen gehen von der Oberfläche in die Tiefe:

Latein	Englisch	Deutsch
Cutis	Skin	Haut
Tela subcutanea	<b>Superficial fascia</b>	Unterhautzellgewebe
Panniculus adiposus	Fatty layer	Fettpolster
Stratum membranous	Membranous layer	Straffes Bindegewebe
Textus connectivus laxus	Loose connective tissue	Lockeres Bindegewebe
Fascia investens superficialis	Superficial investing fascia	<b>Fascia superficialis</b>
Fascia investens intermedia	Intermediate investing fascia	Fascia profunda intermedia
Fascia investens profunda	Deep investing fascia	Fascia profunda
Tela subserosa parietalis	Subserosal fascia	Subseröses Bindegewebe
Tela subserosa viszeralis	Subserosal fascia	Subseröses Bindegewebe
Fascia visceralis	Visceral fascia	Viszerale Faszie
Fascia extraserosa, Ligamenta	Extraserosal fascia, Ligaments	Extraseröses Bindegewebe, Bänder

Abb. 5: Terminologie des Begriffes „Faszie“ in der lateinischen, englischen und deutschen Sprache

Die Literaturrecherche wird dadurch erschwert, dass es sich bei dem Wort „fascia“ um einen ungenauen Fachausdruck aus dem Lateinischen handelt (Benjamin 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x). Der Begriff „fascia superficialis“ z.B. wird nicht einheitlich verwendet und taucht in unterschiedlichen bindegewebigen Schichten auf: In der englischsprachigen Literatur wird darunter das subkutane Gewebe verstanden, das als eine Schicht loses areoläres Bindegewebe die Haut mit den Knochen oder mit den tiefen Faszien verbindet (Abu-Hijleh et al. 2006: 606). Weitere Begriffe hierfür sind „hypodermis“, „subcutis“ oder „tela subcutanea“ (Evanko 2010: 12).

Viele deutschen WissenschaftlerInnen verstehen als Faszia superficialis die allgemeine Körperfaszie, die die Muskulatur von Rumpf und Extremitäten umhüllt (Lang 1962: 61). Während die AnatomInnen zwischen der oberflächlichen und der tiefen Faszie unterscheiden, meinen die ChirurgInnen mit „fascia“ lediglich die „deep fascia“ (Benjamin, 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x).

Die Literaturrecherche wird ausserdem durch Unterschiede in den verschiedenen Sprachen erschwert. Beispielsweise wird die bindegewebige Lamina der Unterhaut vom „Federative Committee on Anatomic Nomenclature“ (FACT) als „textus connectives compactus“ bezeichnet. Italienische und französische AnatomInnen verstehen darunter die „fascia superficialis“, englische die „membranous layer“. Deutsche AutorInnen führen die Bezeichnung „straffes Bindegewebe“, welches nach Wendell-Smith als „subcutaneous fascia“ oder auch „tela subcutanea“ verstanden wird (Abu-Hijleh et al. 2006: 613).

Viele Synonyme der lateinischen anatomischen Nomenklatur wurden in den letzten Jahrzehnten nach und nach reduziert und vereinheitlicht. Dieser Konsens wurde aber in den verschiedenen Sprachen nicht umgesetzt (Kachlik et al. 2008: doi 10.1007/s00276-008-0357-y).

Auch die Bezeichnung der einzelnen anatomischen Strukturen fällt unterschiedlich aus. Die Fascia thoracolumbalis wird auch als dorsolumbale oder thorakodorsale Aponeurose wie auch als dorsolumbale Faszie bezeichnet (Tesarz 2010: 28). Erschwerend kommt hinzu, dass die faszialen Strukturen auch wieder je nach Kontext, anatomisch, chirurgisch oder auch radiologisch, unterschiedlich verwendet werden. Hier gibt es wiederum Eigennamen wie z.B. „Colles fascia“ (perineum) oder „Scarpa`s fascia“ (untere, vordere Bauchwand) (Abu-Hijleh et al. 2006: 613). Nicht immer wird eine Faszie so klar definiert wie z.b. die Fascia lata (Fasel et al. 2007: 451 – 452).

#### **4.4 Ausschlusskriterien**

Ausgeschlossen werden Studien mit anderen Definitionen aus dem Gebiet der Bindegewebe (Membran, Periost, Aponeurose, Retinaculum, Ligament, Peritoneum, Pleura, Dura, Meningen, Sehne, Bandstruktur, Haut, Gelenkkapsel und lockeres Bindegewebe in Organen) (Van der Wal 2010: 26).

#### **4.5 Bewertung der Studienqualität**

In einem weiteren Schritt wird die Qualität der gefundenen Arbeiten bestimmt. Hierfür wird ein qualitatives Bewertungssystem verwendet: Ob und wie systematisch wurden die Erkenntnisse bei den ermittelten Studien erzielt? Unter welchen Umständen wurden die Erfahrungen gemacht, und wie wurden die Vorgehensweisen dokumentiert?

Studien müssen möglichst objektiv, transparent und reproduzierbar sein. Benötigt wird eine präzise Terminologie, statistische Analysen und eine möglichst hohe interne Validität, d.h. wie eindeutig sind die Veränderungen auf die Untersuchungen und Interventionen zurückzuführen? Sind die Ergebnisse generalisierbar, kann von einer externen Validität gesprochen werden (Bortz/Döring 2009: 31-32, 53)?

Die folgenden Einstufungskriterien für die Bewertung der Studienqualität folgen den Empfehlungen von Ao. Univ. Prof. Dr. Erich Brenner, MME (Bern) 2011:

Elemente	Max. Punkte	Erzielte Punkte
a) Wissenschaftlicher Hintergrund, Absicht	2	
b) AutorInnen	1	
c) Einleitung und Literaturrecherche	3	
d) Material und Methode	4	
e) Ergebnisse	2	
f) Diskussion und Schlussfolgerung	2	
g) Literaturangabe	1	
h) Tabellen, Bilder	1	
i) Allgemeine Überlegungen	1	
<b>Punktzahl gesamt</b>	<b>17</b>	

Abb. 6: Schema für die Bewertung der Studienqualität

Nachfolgend werden die Elemente einer qualitativ hochwertigen Studie detailliert beschrieben:

- Wissenschaftlicher Hintergrund, Absicht: Die Überschrift ist präzise und zeigt die Wichtigkeit der Studie. Der Titel der Arbeit spiegelt unmissverständlich den Inhalt und die Breite der Studie wider. Die Aufmerksamkeit des/der LeserIn wird durch den Titel geweckt.
- Autorin/Autor: Die Qualifikation und Anschrift der Autorin/des Autors wird klar angegeben. Bei mehreren AutorInnen wird die Arbeitsteilung (Studiendesign, Datensammlung, Statistische Auswertung, Diskussion, Literaturrecherche usw.) ersichtlich.
- Einleitung und Literaturrecherche: Der Grund für die Arbeit und das Ziel der Studie (Forschungsfrage und Hypothese) sind klar formuliert. Es handelt sich um eine Originalstudie, die den Wissensbestand erweitert. Die Relevanz und Wichtigkeit der Studie wird ersichtlich. Die wichtigste Literatur mit Bezug zur Arbeit wird erwähnt und bietet einen theoretischen und methodischen Rahmen für das unterliegende Problem der Arbeit.

- d) Material und Methode: Das Studiendesign (ausgewählte Variablen) wird klar beschrieben und ist der Forschungsfrage angemessen. Es gibt ein Protokoll. Die Messinstrumente, Rekrutierung/Randomisierung der StudienteilnehmerInnen, „Verblindung“, Ein-, Ausschluss- und Abbruchkriterien, der Bias, die Ethikkommission, das Sammeln von Daten, statistische Teste, Endpunkte, Risikofaktoren usw. werden erwähnt und sind nachvollziehbar. Folgende Fragen werden beantwortet: Gibt es Kontrollgruppen, sind die Gruppen vergleichbar? Gibt es eineN oder mehrere BeobachterInnen? Wie gross war/ist die Studie, wie lang ist sie ausgelegt, gibt es Stichproben oder Studienabbrecher/Drop-outs?
- e) Ergebnisse: Spezifische Daten begleiten die Erklärungen zu den Ergebnissen. Tabellen, Bilder und Zahlen werden effizient (nicht zuviel oder zuwenig) eingesetzt. Der Inhalt der Tabellen ist klar und akkurat. Es werden keine langen Listen mit rohen Daten präsentiert. Die Ergebnisse werden beschrieben, es werden keine Meinungen abgegeben oder Diskussionen geführt.
- f) Diskussion und Schlussfolgerung: Alle positiven und negativen Aspekte der Studie werden debattiert. Systematische Verzerrungen (Bias) werden erwähnt. Die Diskussion bezieht sich nur auf die Studie und keine anderen Themen. Die aktuellen und neuen Erkenntnisse aus der Studie werden mit dem Wissensbestand der Vergangenheit zusammen geführt.
- g) Literaturangabe: Die Anzahl der Referenzen ist angemessen. Jede einzelne Quelle bringt einen spezifischen Beitrag. Der Inhalt der Referenzen zeigt klar an, dass der/die AutorIn ihren Inhalt sorgfältig gelesen und verstanden hat.
- h) Tabellen, Bilder: Ist die Qualität angemessen?
- i) Allgemeine Überlegungen: Die einzelnen Sektionen der Arbeit können eindeutig identifiziert werden und sind angemessen. Die Terminologie ist einheitlich und durchgängig, Abkürzungen werden erklärt. Der Schreibstil und das Niveau der Arbeit ist der Leserschaft und auch dem/der AutorIn angemessen. Der Stil ist klar, und es gibt keine grammatischen Fehler.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Liste der Studien des ersten Reviewprozesses

Aus dem ersten Reviewprozess konnten vom Autor folgende Studien ermittelt werden. Die Reihenfolge entsteht durch das zeitliche Auffinden in der Literaturrecherche. Die Zahlen 1 – 19 werden auch als Code in dieser Arbeit verwendet:

1. Schäfer, K.: Untersuchungen zur Angioarchitektur der Fascie (untere Extremität). In: Z. Anat. Entwickl.-Gesch. 139, 1972, 21 – 54.
2. Sakada, Sanja: Mechanoreceptors in Fascia, Periosteum and Periodontal Ligament. In: Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 21 (Suppl.), 1974, 11 – 13.
3. Stilwell, Donald L.: Regional variations in the innervation of deep fasciae and aponeuroses. In: The anatomical record, Vol. 127, 4, 1957, 635 – 653.
4. Ralston, H.J. et al.: Nerve endings in human fasciae, tendons, ligaments, periosteum and joint synovial membrane. In: Anat. Rec., Feb., 136, 1960, 137 – 147.
5. Strasmann, Thomas et al.: Functional Topography and Ultrastructure of Periarticular Mechanoreceptors in the Lateral Elbow Region of the Rat. In: Acta Anat., 138, 1990, 1 – 14.
6. Bednar, Drew A. et al.: Observations on the Pathomorphology of the Thoracolumbar Fascia in Chronic Mechanical Back Pain. A Microscopic Study. In: Spine, Vol. 20, Nr. 10, 1995, 1161 – 1164.
7. Weddell, Graham; Harpman, J.A.: The neurohistological basis for the sensation of pain provoked from deep fascia, tendon and periosteum. In: J. Neurol. Psychiat., 3, 1940: 319 – 328.
8. Hirsch, Carl; Ingelmark, Bo-Eric; Miller, Malcolm: The anatomical basis for low back pain. Studies on the presence of sensory nerve endings in ligamentous, capsular and intervertebral disc structures in the human lumbar spine. In: Acta orthopaedica Scandinavica, 33/1, 1963, 1 – 17.
9. Staubesand, J.; Li, Y.: Zum Feinbau der Fascia cruris mit besonderer Berücksichtigung epi- und intrafaszialer Nerven. In: Manuelle Medizin, 34, 1996, 196 – 200.
10. Shimizu, Takuma: Histological and Physiological Studies on the Sensory Units of the Fasciae of Masticatory Muscles in the cat. I: Innervation and nerve endings of fascial nerve. In: Shika-gakuho, 73, 1973, 675 – 686.

11. Shimizu, Takuma: Histological and Physiological Studies on the Sensory Units of the Fasciae of Masticatory Muscles in the cat. II: Response of sensory units to exteroceptive and proprioceptive stimulations. In: *Shika-gakuho*, 73, 1973, 687 – 713.
12. Tesarz, J.; Hoheisel; U.; Mense, S.: Die Fascia thoracolumbalis – tierexperimentelle Daten zur Innervation. In: *Der Schmerz*, Supplement 1, 2009, 57.
13. Yahia, L'Hocine; Rhalmi, Souad; Newman, Nicolas; Isler, Marc: Sensory innervation of human thoracolumbar fascia. An immunohistochemical study. In: *Acta Orthop. Scand.*, 63 (2), 1992, 195 – 197.
14. Stecco, Carla; Porzionato, Andrea; Macchi, Veronica; Tiengo, Cesare; Parenti, Anna; Aldegheri, Roberto; Delmas, Vincent; DeCaro, Raffaele: A histological study of the deep fascia of the upper limb. In: *It. J. Anat. Embryol.*, 111(2) 2006, 2 – 6.
15. Stecco, C.; Gagey, O.; Belloni, A.; Pozzuoli, A.; Porzionato, A.; Macchi, V.; Aldegheri, R.; De Caro, R.; Delmas, V.: Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: Study of innervation. In: *Morphologie*, 91, 2007, 38 – 43.
16. Stecco, Carla; Porzionato, Andrea; Macchi, Veronica; Day, Julie Ann; De Caro, Raffaele: Histological study of the deep fasciae of the limbs. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12, 2008, 225 – 230.
17. Stecco, Antonio; Masiero, Stefano; Macchi, Veronica; Stecco, Carla; Porzionato, Andrea; De Caro, Raffaele: The pectoral fascia: Anatomical and histological study. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13(3), 2009, 255 – 261.
18. Hoheisel, Ulrich et al.: Nociceptive input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones. In: *European Journal of Pain*, doi: 10.1016/j.ejpain.2011.01.007, 2011, Article in press.
19. Van der Wal, J.C.: The Organization of the Substrate of Proprioception in the Elbow Region of the Rat. Thesis, Maastricht, 1988.

## 5.2 Beschreibende Übersicht

Die folgende Tabelle nennt die Code-Nr., die Autorin/den Autor (aus Platzgründen wird in der Tabelle nur der Erstautor vermerkt), das Land, das Jahr und das Design der Studie. Auch die Anzahl der Präparate sowie das verwendete Material wird vermerkt. Die Rezeptortypen und ihre Fundorte werden analog zu den Studien erwähnt.

Die Studien wurden nach ihrem Auffinden im Reviewprozess aufgelistet:

Nr.	Autor/ Land	Jahr	De	(n)	Material	Rezeptortypen in untersuchten Faszien
1	Schäfer Deutschland	1972	Ex	10	Mensch	feine Nervenfasern mit teilweise kolbigen Verdickungen in der Fascia cruris und im distalen Abschnitt des Tractus iliotibialis
2	Sakada Japan	1974	Ev	?	Katze	freie Nervenendigungen in Faszia suprahyoidalis und Mm. temporalis et masseter
3	Stilwell USA	1957	Ex	8 17 4	Mensch Affe Hase	alle (?) Rezeptortypen in starken Variationen in „deep fascia“ von Unterarm/Hand, fascia cruris, fascia lata, tractus iliotibialis, lumbodorsalen Faszien und anderen tiefen Muskelfaszien
4	Ralston USA	1960	Ex	20	Mensch	alle Rezeptortypen „in most of deep fascia“ der oberen und unteren Extremitäten
5	Strasmann Deutschland	1990	Ex	16	Ratte	Golgi, „small lamellated corpuscles“, freie Nervenendigungen in Aponeurose des M. supinator (mittleres Drittel), freie Nervenendigungen im proximalen Teil
6	Bednar Canada	1995	Ex	24	Mensch	keine Nervenendigungen in Fascia thoracolumbalis bei Patienten mit Rückenschmerzen
7	Weddell England	1940	Ex	?	Mensch	freie Nervenendigungen, Vater-Pacini- und Golgi-Mazzoni Körper in „deep fascia“ des Beines
8	Hirsch USA	1963	Ex	?	Mensch	feine freie Nervenfasern, komplexe nicht eingekapselte Nervenendigungen (Ruffini/Golgi) in lumbo-dorsaler Faszie
9	Staubesand Deutschland	1996	Ex	24	Mensch	marklose Nervenfasern und freie Nervenendigungen in Fascia cruris
10	Shimizu Japan	1973	Ex	?	Katze	freie Nervenendigungen in Faszien der Kau-muskulatur
11	Shimizu Japan	1973	Ev	?	Katze	s. Studie 10. Jetzt mechanische, thermische, chemische und propriozeptive Stimulation
12	Tesarz Deutschland	2009	Ex	?	Ratte	sensorische Nervenfasern (Nozirezeptoren) in fascia thoracolumbalis
13	Yahia Canada	1992	Ex	7	Mensch	freie Nervenendigungen, Ruffini- und Vater-Pacini-Körper in fascia thoracolumbalis
14	Stecco Italien	2006	Ex	20	Mensch	freie und verkapselte Nervenendigungen, in einigen Präparaten Ruffini- und Pacini-Körper und wenig Golgi-Mazzoni-Körper in „deep“ fascia antebrachii und brachii
15	Stecco Italien	2007	Ex	20	Mensch	die gleiche Studie wie (14), aber anders präsentiert
16	Stecco Italien	2008	Ex	6	Mensch	Nervenfasern in fascia brachii, fascia antebrachii, fascia lata, fascia crura, in einigen Faszien auch Ruffini- und Pacini-Körper

17	Stecco Italien	2009	Ex	6	Mensch	Nervenendigungen in fascia pectoralis
18	Hoheisel Deutschland	2011	Ev	44	Ratte	freie Nervenendigungen in fascia thoraco-lumbalis
19	Van der Wal Niederlande	1988	Ex	?	Ratte	eingekapselte Nervenendigungen und Pacini-Körper in fascia superficialis des Vorderbeines

Abb. 7: Beschreibende Übersicht der aufgefundenen Studien

Nr. = Code-Nummer der Studie; De = Design der Studie; Ex = explorative Forschung / Ev = Evaluationsforschung; n = Anzahl der Menschen/Tiere (Nicht vom Autor vermerkt wurde, wenn von einem Präparat mehrere Proben entnommen wurden.)

### 5.3 Studien des zweiten Reviewprozess

Im zweiten Teil des Reviewprozess haben die beiden zwei Institute für Literaturrecherche folgende Arbeiten ermittelt:

Recherche des ersten Institutes:

Anzahl der aufgefundenen Studien	114
Anzahl der relevanten Studien	6
Anzahl der im ersten Reviewprozess nicht gefundenen Studien	0

Abb. 8: Recherche des ersten Institutes

Recherche des zweiten Institutes:

Anzahl der aufgefundenen Studien	33
Anzahl der relevanten Studien	4
Anzahl der im ersten Reviewprozess nicht gefundenen Studien	0

Abb. 9: Recherche des zweiten Institutes

Das erste Institut für Literaturrecherche hat 114 Studien ermittelt, von denen sechs Studien (Nr. 3, 4, 14, 15, 16, 18) relevant waren. Das zweite Institut fand 33 Studien mit vier relevanten Studien (Nr. 2, 13, 15, 18). Übereinstimmend wurden von beiden Instituten die Studien 15 und 18 (aus dem Jahre 2007 bzw. 2011) gefunden. Es sind starke Schwankungen bei der Anzahl der gefundenen Studien zwischen beiden

Instituten zu erkennen. Beide Firmen hatten das gleiche zeitliche Budget zur Verfügung. Es wurden keine neuen Quellen gefunden, die nicht bereits im ersten Reviewprozess vom Autor selbst ermittelt wurden. Somit hat das erste Institut 32%, das zweite Institut 21% der vom Autor ermittelten Studien gefunden.

Die folgende Abbildung zeigt die Anzahl der Studien und verdeutlicht den Trend bei der Verfügbarkeit der Publikationen in den verschiedenen Jahrzehnten. Vor 1940 wurde keine Studie ermittelt.

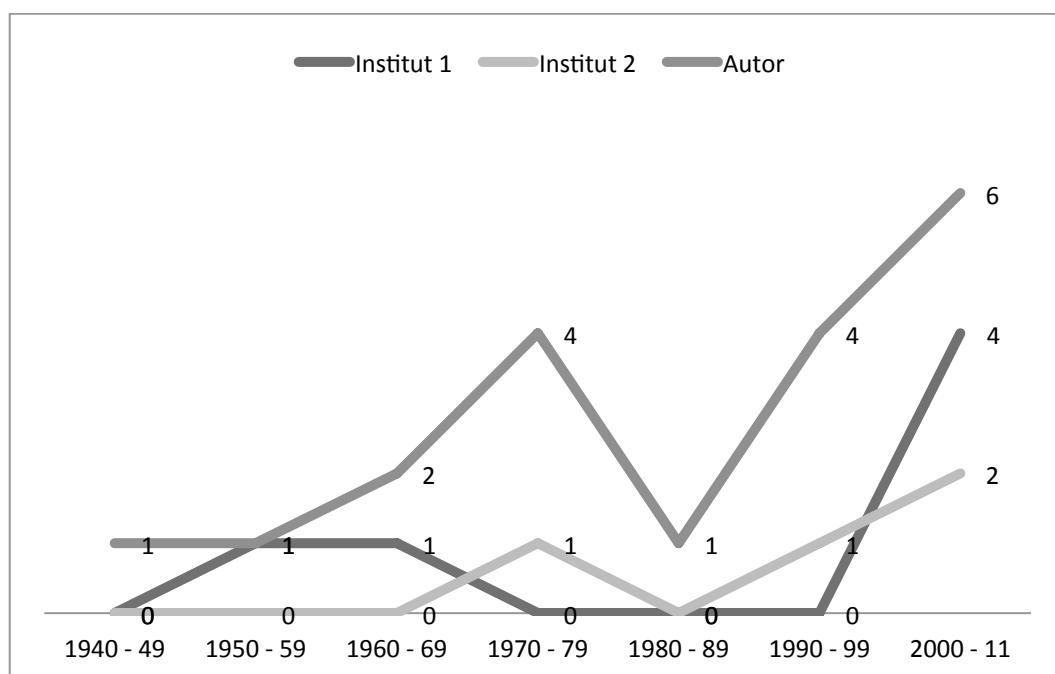


Abb. 10: Anzahl der pro Jahrzehnt ermittelten Studien

Institut 1 hat jeweils eine Arbeit aus dem Jahre 1957 (Studie 3) und 1960 (Studie 4) ermittelt. Institut 2 hat eine Arbeit aus dem Jahre 1974 (Studie 2) ermittelt. Der Hauptteil der von ihnen gefundenen Studien stammt aus dem letzten Jahrzehnt.

Es ist ein Rückgang bei der ermittelbaren Literatur in den achtziger Jahren zu erkennen. Sowohl der Autor als auch die beiden Institute können aber ab 1990 einen deutlich ansteigenden Trend bei der Verfügbarkeit und der Publikationshäufigkeit von Studien zum Thema verzeichnen.

## 5.4 Gesamtanalyse

Es wurden neunzehn relevante Studien aus den Jahren 1940 – 2011 ermittelt. In achtzehn Studien wurden Nervenstrukturen in den Faszien nachgewiesen. In einer Arbeit (Studie 8) wird die Innervation verneint. Diese Studie bezieht sich allerdings auf pathologische Prozesse in der Faszie bei chronischen Schmerzpatienten. Sechzehn Studien haben explorativen Charakter und verwenden menschliche und tierische Präparate. Die drei Interventionsstudien werden an Tieren durchgeführt. Die Verteilung der Gesamtanzahl der Studien mit Verteilung auf Mensch und Tier zeigt folgende Abbildung:

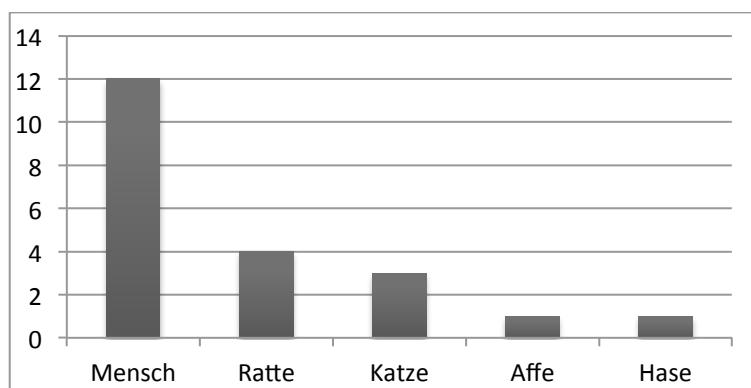


Abb. 11: Anzahl der Studien mit Verteilung auf Mensch und Tier

In einundzwanzig Studien (Studie 3 war dreigeteilt und untersuchte Präparate vom Menschen, Affen und Hasen) wurden insgesamt 226 Präparate verwendet und untersucht. In sieben der neunzehn Arbeiten (Studie 2, 7, 8, 10, 11, 12, 19) wird bei „Methode und Material“ die Anzahl der untersuchten Präparate nicht erwähnt.

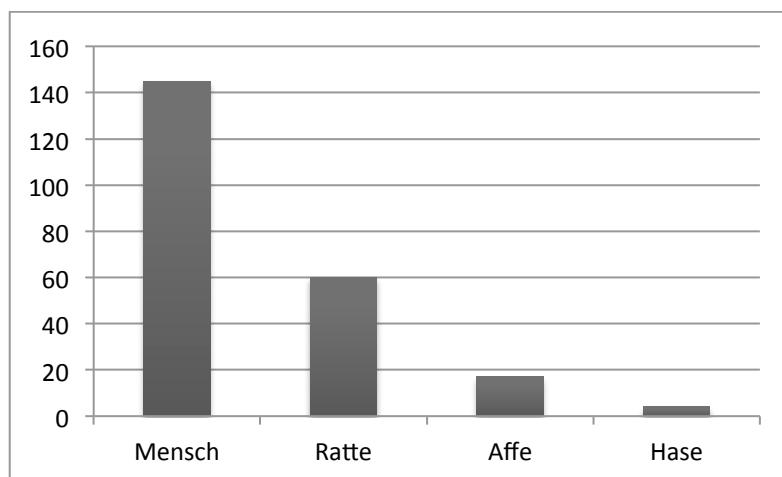


Abb. 12: Anzahl der erwähnten Präparate

Die neunzehn Studien verteilen sich auf sieben Länder. Wird zugrundegelegt, dass es ca. hundertneunzig Länder auf der Erde gibt, machen die ermittelten Studien einen prozentualen Anteil von 3,7% aus. Ihre Verteilung wird in folgender Abbildung ersichtlich:

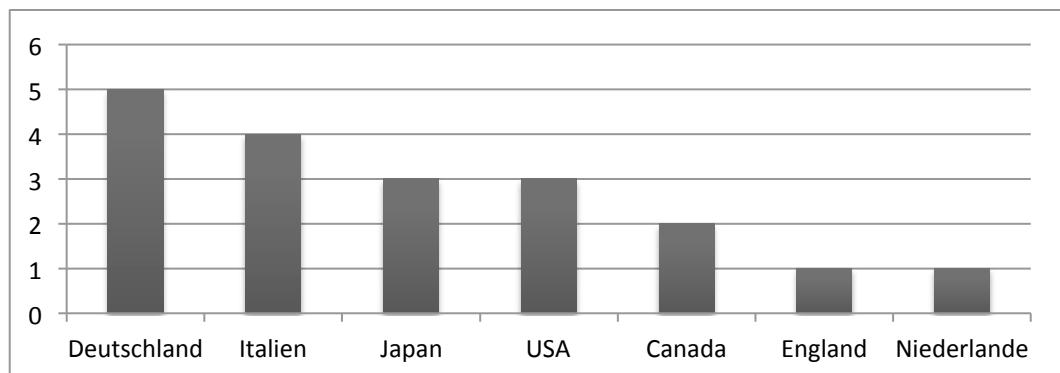


Abb. 13 : Anzahl der Studien pro Land

Die Länderverteilung bei den Studien, welche menschliche Präparate verwendet haben, sieht dabei folgendermassen aus:

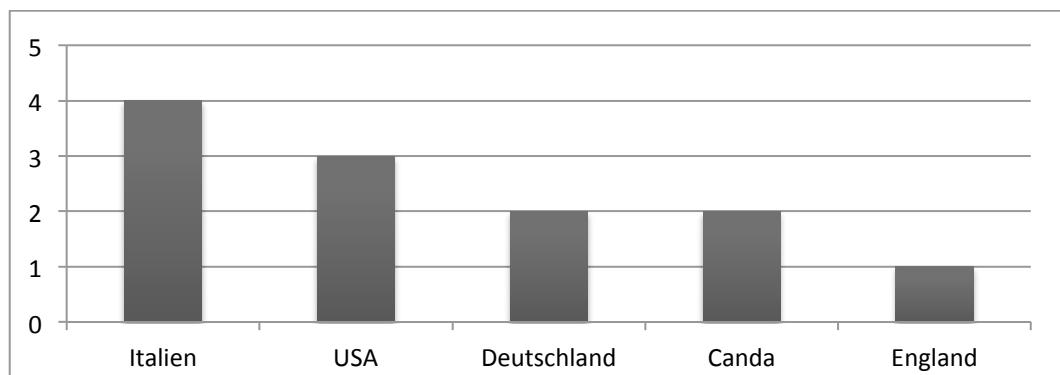


Abb. 14: Anzahl der Studien pro Land, die menschliche Präparate verwenden

Sie beschränkt sich somit auf fünf Länder. Wieder bezogen auf die Länder der Erde, machen diese Studien einen prozentualen Anteil von 2,6% aus.

Bei den ermittelten Studien werden die Resultate sehr vage präsentiert, d.h. es gibt keine genauen Angaben über die Fundorte der freien Nervenendigungen und Mechanorezeptoren. Ungewiss ist auch ihre regionale Verteilung im Körper und die Anzahl in den Faszien. Dementsprechend pauschal kann auch nur die Besprechung der Studienergebnisse ausfallen.

Der Übersichtlichkeit wegen werden die Studien der oberen und unteren Extremitäten zusammengefasst. Die Fascia thoracolumbalis wird einzeln dargestellt, da sie öfters der Untersuchungsgegenstand war. Ebenfalls werden die Fascia pectoralis und die Faszien im Schädelbereich (aus den Studien der Kaumuskulatur) der Übersichtlichkeit wegen einzeln präsentiert.

Die folgende Abbildung listet die Fundorte der Nervenstrukturen an menschlichen Präparaten in den einzelnen Studien auf:

Fascia/Nervenstrukturen	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
<b>Untere Extremitäten</b>	1, 3, 4, 7, 9, 16	4, 16	3, 4, 7, 16	3, 4, 7
<b>Obere Extremitäten</b>	4, 14, 16	4, 14, 16	3, 4, 14, 16	4, 14
<b>thoracolumbalis</b>	3, 8, 13	8, 13	3, 13	3, 8
<b>pectoralis</b>	17			

Abb. 15: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an menschlichen Präparaten

Es ergeben sich starke Schwankungen bei dem Auffinden der verschiedenen Mechanorezeptoren in den Faszien. Studie 17 erwähnt keine korpuskulären Strukturen.

Die Abbildungen sechzehn bis neunzehn beschreiben die Fundorte von Nervenstrukturen an tierischen Präparaten in den einzelnen Studien:

Fascia/Nervenstrukturen	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
<b>Vorderbein</b>	5, 19		19	5
<b>thoracolumbalis</b>	12, 18			

Abb. 16: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an Präparaten der Ratte

Es werden keine Ruffini-Körper bei der Ratte beschrieben. Bei der Fascia thoracolumbalis werden ebenfalls keine Pacini- oder Golgi-Körper erwähnt.

Fascia/Nervenstruktur	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
<b>Schädelbereich</b>	2, 10			

Abb. 17: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an Präparaten der Katze

Es werden keine korpuskulären Strukturen bei der Katze erwähnt.

Fascia/Nervenstruktur	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
Untere Extremitäten	3	3	3	3
Obere Extremitäten	3	3	3	3
thoracolumbalis	3		3	3

Abb. 18: Studie und Fundort von Nervenstrukturen an Präparaten des Affen

Es werden keine Ruffini-Körper in der Fascia thoracolumbalis beim Affen erwähnt.

Fascia/Nervenstruktur	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
Hinterbeine	3	3	3	3
thoracolumbalis	3		3	3

Abb. 19: Studie und Fundort von Nervenstrukturen an Präparaten des Hasen

Keine Erwähnung von Ruffini-Körpern in der Fascia thoracolumbalis beim Hasen.

Wie oft die verschiedenen Nervenstrukturen in den Studien beschrieben wurden, verdeutlicht die nachfolgende Abbildung. Freie Nervenendigungen werden am häufigsten gefunden:

Nervenstruktur	Freie Endigungen	Ruffini	Pacini	Golgi
Anzahl	17	6	7	6

Abb. 20: Anzahl der Studien mit dem Nachweis der verschiedenen Mechanorezeptoren

Freie Nervenendigungen werden ungefähr dreimal so häufig in Studien erwähnt wie die korpuskulären Strukturen.

Nachfolgend wird die Anzahl von Studien an menschlichen Präparaten in den verschiedenen Körperregionen betrachtet.

Fasziengebiet	Anzahl der Studien
Untere Extremitäten	6
Obere Extremitäten	4
Fascia thoracolumbalis	3
Fascia pectoralis	1

Abb. 21: Anzahl der Studien an menschlichen Präparaten

## 5.5 Ergebnis der qualitativen Bewertung

Elemente/ Studie	a	b	c	d	e	f	g	h	i	erzielte Punkte	max. Punkte
1	1	0	1	2	1	2	1	1	1	10	17
2	1	1	1	1	1	0	0	0	1	6	17
3	2	0	1	1	1	1	1	1	0	8	17
4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	7	17
5	1	0	3	2	2	1	1	1	1	12	17
6	2	1	2	4	2	1	1	1	1	15	17
7	2	0	1	2	1	1	1	1	1	10	17
8	2	0	2	1	1	1	0	0	1	8	17
9	1	0	1	2	1	1	0	1	1	8	17
10	2	0	(2)	(2)	(1)	(1)	1	1	1	11	17
11	2	0	(2)	(2)	(1)	(1)	1	1	1	11	17
12	2	0	3	3	2	1	1	1	1	14	17
13	2	1	3	3	1	2	1	1	1	15	17
14	2	1	3	3	1	1	1	1	1	14	17
15	2	1	3	4	2	2	1	1	1	17	17
16	2	1	3	4	2	2	1	1	1	17	17
17	2	1	3	3	1	2	1	1	1	15	17
18	2	1	3	4	2	2	1	1	1	17	17
19	2	1	3	2	1	2	1	1	1	14	17

Abb. 22: Bewertung der Studienqualität

(X): Klammerangaben bei den japanischen Studien 10/11. Der Text war in Originalschrift und somit unlesbar. Deshalb wurde bei der Bewertung das arithmetische Mittel verwendet.

Im Folgenden werden stichpunktartig qualitative Anmerkungen zu immer wiederkehrenden Beanstandungen gegeben. Diese folgen keinem bestimmten Schema, sondern sollen lediglich helfen, die Qualität der Studien einzuschätzen:

- Die Qualifikation und Arbeitsteilung der AutorInnen ist nicht ersichtlich (Studie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 17).
- Eine Forschungsfrage wird nicht formuliert oder wird nicht beantwortet (Studie 2, 3, 4).
- Die Einleitung ist sehr kurz und oberflächlich oder steht in keinem Zusammenhang mit der Arbeit und Forschungsfrage (Studie 1, 2, 4, 7).

- Material und Methode sind nicht nachvollzieh- oder überprüfbar (Studie 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 19).
- Es gibt keine Ethikkommission (Studie 1, 8, 9, 13).
- Systematische Verzerrungen (Bias) werden nicht erwähnt (Studie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9).
- Die Ergebnisse werden unübersichtlich präsentiert (Studie 1, 3, 5, 14, 16, 19). Es werden unspezifische/ungenaue Begriffe wie „sehr grosse Menge“, „sehr klein“, „grössere Anzahl“ usw. verwendet (Studie 3). Bei den Resultaten werden Meinungen, Verallgemeinerungen und Vermutungen geäussert wie z.B. “in most of the deep tissues“, „we assumed them to be autonomic in form and function“, „their modifications seem to be in adaptation“ (Studie 4).
- Es gibt keine Angaben über die Anzahl und Lokalisation der Fundstellen oder darüber, wenn keine Nervenstrukturen in den Faszien gefunden wurden (Studie 1, 2, 3 , 5, 14, 16, 19).
- Bei der Literaturangabe nennt sich der/die AutorIn selbst am häufigsten (Studie 2).

Die folgende Abbildung visualisiert die Verteilung der Studien auf vier verschiedene Qualitätsniveaus. Lediglich sechs Arbeiten erhalten eine hohe Bewertung. Immerhin zehn Studien sind nach der Bewertung des Autors mit starken Mängeln behaftet.

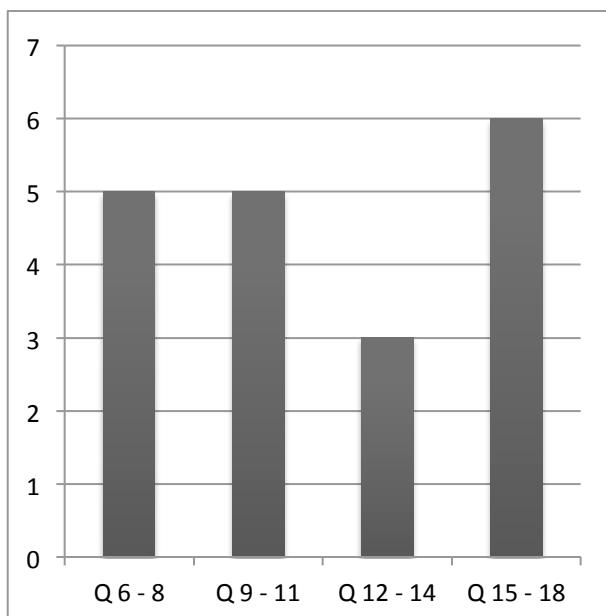


Abb. 23: Qualität (Q) der Studien

Bei der qualitativen Bewertung der Studien sind nach dem Schema dieser Arbeit die älteren Studien mit mehr Mängeln behaftet und erhalten somit schlechtere Bewertungen. Die Qualität der neueren Studien ist besser. Das spiegelt die folgende Abbildung wider:

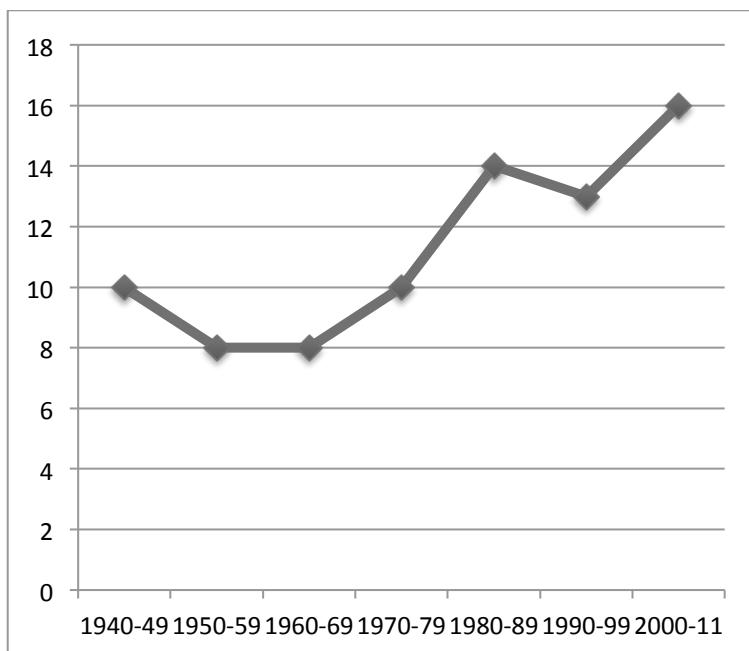


Abb. 24: Verlauf der Studienqualitäten

Liegt die durchschnittliche Bewertung der Studien bis Ende 1979 noch bei zehn Punkten, so beträgt die durchschnittliche Punktezahl der Studien von 2000 – 2011 immerhin schon sechzehn Punkte.

Die nächste Abbildung zeigt die durchschnittliche Bewertung der internen Studienqualität. Es werden die erreichten Prozentzahlen der einzelnen Bewertungskriterien auf hundert Prozent angegeben.

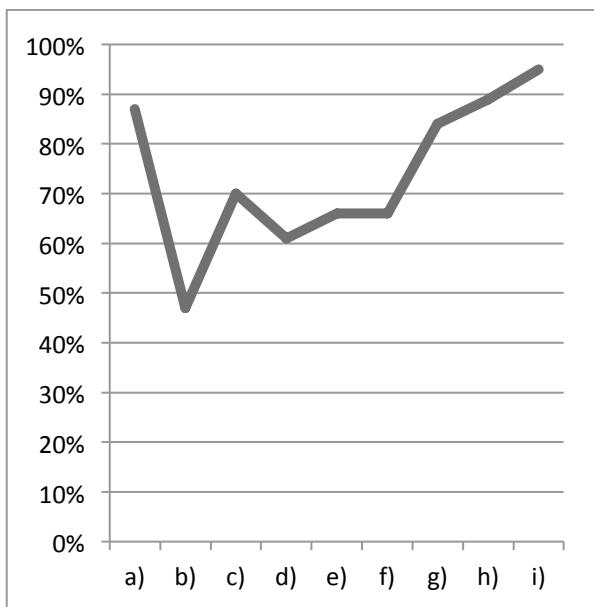


Abb. 25: Durchschnittlich ermittelte Qualität bei den Bewertungselementen (erreichte Prozentzahl an 100%)

a = wissenschaftlicher Hintergrund / Absicht; b = Autoren; c = Einleitung und Literaturrecherche; d = Material und Methode; e = Ergebnisse; f = Diskussion und Schlussfolgerung; g = Literaturangabe; h = Tabellen und Bilder; i = allgemeine Überlegungen

Starke prozentuale (qualitative) Abzüge sind bei der Angabe der AutorInnen und der Arbeitsteilung (b), der Einleitung/Literaturrecherche (c), der Beschreibung von Material/Methode (d), und der Ergebnisse (e) sowie bei der Diskussion/Schlussfolgerung (f) zu verzeichnen.

## 6 Diskussion

Der Reviewprozess wurde durch die unterschiedlichen Fasziendefinitionen, zusätzlich auch in den verschiedenen Sprachen, massgeblich erschwert (s. Kap. 4.3). Als Beispiele für die Schwierigkeiten bei der Literatursuche können z.B. die bereits erwähnten unterschiedlichen Definitionen der *Fascia superficialis* genannt werden. Bei einigen AutorInnen gehört auch die *Fascia thoracolumbalis* dazu (Paoletti 2001: 28), während andere AutorInnen wiederum das gesamte Gewebe zwischen der Haut und den Muskelfaszien, vor allem das lockere, areoläre Bindegewebe, als *Fascia superficialis* betrachten (Abu-Hijleh et al. 2006: 607). Weiterhin finden wir verschiedene Definitionen auch bei der Aponeurose und dem *Epimysium* (Purslow 2010: 412). Anatomische Variationen sind inzwischen bei dem *Epimysium* und der tiefen Faszie beschrieben worden. So fehlt z.B. an der *Fascia pectoralis* das *Epimysium*, und an der tiefen Faszie inseriert der Muskel direkt (Stecco et al. 2009: 255 ff.). Zu Recht wird eine Revision des Begriffes und eine neue und einheitliche Nomenklatur gefordert (Ercoli et al. 2005: 1565).

Die hohe Anzahl von Einträgen unter dem Begriff „*Fascia*“ in den Datenbanken suggeriert auf den ersten Blick einen hohen Erkenntnisstand auf diesem Fachgebiet. Allerdings konnten durch die professionelle Literaturrecherche lediglich vier bzw. sechs Studien identifiziert werden. Durch den Reviewprozess des Autors konnten neunzehn Studien ermittelt werden, aber auch nur deshalb, weil durch die Literaturangaben vorhandener Literatur über die sensorische Innervation der Faszien weitere Studien recherchiert werden konnten. Das bedeutet, dass bei dieser Masterthesis nur jede vierte bzw. dritte Studie bei einer professionellen Recherche in den grossen Datenbanken gefunden würde. Die Institute für Literaturrecherche haben vorwiegend Studien aus dem letzten Jahrzehnt ermittelt. Der zahlenmässigen Einbruch bei den ermittelbaren Arbeiten in den achtziger Jahren kann nicht erklärt werden. Ebenso darf über die unterschiedliche Anzahl von durch die beiden Institute gefundenen Studien spekuliert werden. Visuell lässt sich ein stark ansteigender Trend bei der Verfügbarkeit von Studien erkennen, der auch mit einer steigenden Anzahl von Publikationen zusammenhängen kann.

Eine Literaturrecherche über die Datenbanken „*pubmed*“, „*medline*“ und „*google scholar*“ wird wahrscheinlich eher unvollständig ausfallen, d.h. zu Forschungszwecken sollte Literatur, v.a. die älteren Arbeiten, leichter zugänglich gemacht werden. Diese

sollten allerdings noch einmal sorgfältig auf ihre Studienqualität hin begutachtet werden. Standards bei der Recherche wären angebracht, denn über die Schlüsselwörter funktioniert die Suche nur unzureichend. Beispielsweise wurde die Studie 8, die sich mit Rückenschmerz beschäftigt, zufällig ermittelt. Eine sichere Methode zum Auffinden von Literatur sollte global ausgelegt sein, denn bei dieser Masterthesis wurde Literatur aus lediglich sieben von theoretisch immerhin über hundertneunzig möglichen Ländern ermittelt.

Mechanorezeptoren in Gelenkkapseln, Ligamenten und Sehnen des Schultergelenkes (Diederichsen et al. 2002: 186) und des Kniegelenkes werden ausreichend in Studien und Reviews beschrieben (Solomonow/Krogsgaard 2001: 64; Hogervorst/Brand 1998: 1365 ff.). Mit lediglich zwölf Studien an menschlichen Präparaten kann der Kenntnisstand im Bereich von Faszien bei dieser Masterthesis als gering bezeichnet werden: Zur Verfügung stehen nur sechs Studien an den Faszien der unteren Extremitäten, vier Studien an denen der oberen Extremitäten, drei Studien an der Fascia thoracolumbalis und eine Studie über die Fascia pectoralis (wir erhalten hier als Summe vierzehn Studien, da zwei Autoren Präparate aus mehreren Körperregionen in einer Studie untersucht haben).

Und eben diese geringe Anzahl von Studien geht zurück auf sieben von theoretisch über einhundertneunzig Ländern, macht somit einen prozentualen Anteil von 3,7% aus. Betrachten wird den Länderanteil von Studien, die nur menschliche Präparate verwendet haben, sinkt dieser Anteil auf 2,6 %. Es stellt sich somit die Frage, ob die Ergebnisse der Studien ohne weiteres auf andere ethnische Gruppen übertragbar sind. Fraglich ist auch, ob nur die englische Sprache ausreichend für einen systematischen Review ist. Auch die Auswahl der Datenbanken darf als begrenzt angesehen werden. Somit müsste ein qualitativ hochwertiger Reviewprozess viel umfangreicher ausgelegt werden. Eine systematische Verzerrung (Bias) entsteht natürlich durch die Auswahl der verwendeten Schlüsselwörter.

Die Studien an Tieren werden hier nicht weiter diskutiert, denn aufgrund der spezifischen und funktionsabhängigen Entwicklung von Propriozeptoren sind Studien an Vierfüßlern nicht ohne weiteres auf den Menschen übertragbar. Somit wird der Auswertung, dass z.B. keine Ruffini-Körper bei Ratten gefunden wurden, keine weitere Aufmerksamkeit geschenkt. Tiere werden ausserdem in einem kontrollierten Umfeld gehalten. Es handelt sich um genetische Inzuchttämme mit den gleichen biologischen Charakteristika. (Greenhalgh 2003: 130).

Ebenfalls stellt sich die Frage, ob die Studien an einem ausreichend breiten Spektrum an Präparaten durchgeführt wurden. Lediglich an zwei Totgeburten wurden Studien durchgeführt. Hierbei wird erwähnt, dass bei Kindern die Kollagenfibrillen der Faszien keine Unterschiede in der Dicke aufweisen. Alle Fasern sind von gleichem Durchmesser. Erst mit fortschreitendem Wachstum werden dicke und dünne Fibrillenbündel beobachtet. Die Differenzierung erfolgt durch die funktionelle Belastung (Staubesand/Li 1996: 198).

Eine anderes Beispiel sind die Studien der Stecco-Gruppe (Studie 14 – 17), die ausschliesslich an alten Menschen, im Durchschnitt 79,9 Jahre, durchgeführt wurden. Neben dem biologischen Alter spielt auch die genetische Qualität der Faszienpräparate eine Rolle. Waren also zu Beginn der Studie die Gruppen bezüglich ihrer wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich? Es gibt Variationen in den Faseranteilen von Faszien. Beispielsweise begünstigen geringe Anteile an kollagenen Strukturen und hohe Anteile an elastischen Fasern direkte und indirekte Inguinalhernien. Ursache für diese Variationen sind Defekte in der Synthese der extrazellulären Matrix (Rodrigues et al. 2002: 265). Auch bei der Zusammensetzung der verschiedenen Faseranteilen spielt das Alter eine Rolle. Dies ist auch an der Milzkapsel, den Diaphragmamuskeln und interspinalen Ligamenten zu sehen (Rodrigues et al. 2002: 267).

Die Anzahl von Mechanorezeptoren verändert sich während der Entwicklung der Innervation in den verschiedenen Wachstumsphasen. Finden wir zu Beginn eine hohe Anzahl an Rezeptoren, sinkt diese mit der Ossifikation der Strukturen und der Reduktion der kollagenen ligamentären Gewebe deutlich ab (Jiang et al. 1996: 57). Dies wurde an Hühnern beobachtet, deren Ligamente histologisch und morphologisch mit denen der Menschen vergleichbar sind (Jiang et al. 1996: 62). Die Innervationsdichte der Strukturen ist hier wiederum abhängig von ihrer Funktion (Jiang et al. 1996: 63).

Der wissenschaftliche Kenntnisstand über die sensorische Innervation der Faszie kann als gering betrachtet werden. Es gibt sehr starke Variationen bei dem Auffinden der verschiedenen Typen von Mechanorezeptoren. Die Ergebnisse dieses Reviews zeigen zwar, dass freie Nervenendigungen in dreimal mehr Studien erwähnt werden als die korpuskulären Nervenstrukturen, jedoch wird nicht deutlich aufgezeigt, ob die Golgi-, Ruffini- oder Pacini-Körper nicht gefunden wurden oder ob überhaupt nach ihnen gesucht wurde.

Noch weniger Aussagen können über die Physiologie der Nervenstrukturen, z.B. die Größe der rezeptiven Felder bei den einzelnen Mechanorezeptoren und ihre Funktionen, gemacht werden. Es konnten nur drei Interventionsstudien zum Thema ausfindig gemacht werden, die sich allerdings nur auf tierisches Material beziehen. Als beste Arbeit nach Ansicht des Autors ist dabei die Studie 18 zu nennen: „Nociceptive Input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones“. Die Ergebnisse wurden jedoch diskussionslos von der Ratte auf den Menschen übertragen. Ursprünglich sollte diese Studie bei der vorliegenden Masterthese ausgeschlossen werden, denn in ihrer ersten Version wurde die Anwesenheit von Nociceptoren nicht beschrieben. Hier war nur bekannt, dass es eine Antwort auf nociceptive Reize gibt (Hoheisel, Ulrich et al.: Nociceptive input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones. In: European Journal of Pain, doi: 10.1016/j.ejpain.2011.01.007, 2011, Article in press. ). Die gleiche Studie wurde dann aber, nun mit dem Nachweis von Nervenstrukturen, auf dem World Congress „low back pain“ im November 2010 vorgestellt. Autor war jetzt Siegfried Mense.

Schwierigkeiten bei der Recherche entstanden auch dadurch, dass es nicht einfach ist, in der Literatur zu unterscheiden, ob die „deep fascia“ selbst innerviert ist oder ob wir lediglich Nervenstrukturen sehen, die auf der Oberfläche der areolären- und Fettgewebe liegen. Auch Nerven selbst werden von areolaren Faszien umhüllt. Teilweise ist das angrenzende Gewebe auch besser mit Nerven versorgt als die Faszie selber (Benjamin 2009: doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.x). Auch bei dem Perimysium stellt sich eine ähnliche Frage: Liegen die Nerven auf den Faszien oder innervieren sie die Faszien (Sakamoto 1996: 113)?

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass Muskel und Faszie als Einheit funktionieren. Über das Schlüsselwort „Muskel“ lassen sich aber einige der Arbeiten über Faszien nicht finden (Weiqing/Khalsa 2003: 785).

In diesem Review werden nur einige Studien über Mechanorezeptoren in den Faszien ermittelt, die sich zudem sehr unterschiedlich präsentieren. Es gibt teilweise widersprüchliche Aussagen. Keine Nerven in den Faszien findet als einzige Arbeit Studie 6 (Untersuchung der Fascia thoracolumbalis bei chronischen Rückenschmerzpatienten). Diese hat in der internen qualitativen Bewertung dieser Masterthesis immerhin eine Bewertung von fünfzehn Punkten und sollte dementsprechend noch genauer analysiert werden. Starke Schwankungen sind auch bei der Verteilung der verschiedenen Mechanorezeptoren zu finden (s. Kap. 5.4, Abb. 15).

Nach den bisherigen Ausführungen der Diskussion muss somit mit dem jetzigen Kenntnisstand die Forschungsfrage dieses Reviews negativ beantwortet werden:

**Es gibt keine Evidenz über die sensorische Innervation von Faszien.**

Wie beschrieben stützt sich die Evidenz der Studien auf nur 145 menschliche Präparate. In sieben von zwölf Studien (Nr. 2, 7, 8, 10, 11, 12, 19) finden bei „Methode/Material“ die Anzahl der Präparate keine Erwähnung. Dies verdeutlicht die mangelhafte Qualität einiger Studien. In Kapitel 3 wurde mehrfach auf die Wichtigkeit der Nachvollziehbarkeit beim wissenschaftlichen Arbeiten hingewiesen. Starke qualitative Mängel werden in fünfzig Prozent der Studien, vor allem bei den älteren, beschrieben. Somit sollten einige ältere Studien mit Vorsicht zitiert oder auch neu aufgearbeitet werden. Die Qualität der Studien verbesserte sich in den letzten Jahrzehnten.

Mängel an den Studien entstehen auch dadurch, dass u.a. die Arbeitsteilung bei den AutorInnen nicht ersichtlich ist, oder ob es BeobachterInnen bei den Studien oder auch Kontrollgruppen gab. Aufgrund qualitativer Mängel bei der Präsentation der Ergebnisse und der Diskussion konnten die Studien nur sehr mühsam, wenn überhaupt, ausgewertet werden. Vielleicht wurden deshalb die Ruffini-Körper weniger häufig als die freien Nervenendigungen erwähnt? Oder wurde nicht immer nach allen korpuskulären Strukturen gesucht? Dies wurde bei den meisten Studien nicht explizit erwähnt. Es kann deshalb nicht geklärt werden, wie die starken regionalen Variationen bei der Innervation der Faszie zustande kommen. Besser wird dies z.B. bei den Retinacula, als Verdichtungen der „deep fascia“ (Fascia cruralis), untersucht (Stecco et al. 2010: 202). Hier sind alle Typen von Mechanorezeptoren sehr gut beschrieben worden (Stecco et al. 2010: 205).

Somit wäre Grundlagenforschung sehr sinnvoll, z.B. das Anlegen einer Landkarte über die sensorische Innervation von Faszien. Dort sollte die Innervationsdichte (bezogen auf die Grösse der Präparate), Typen von Rezeptoren usw. beschrieben werden. Studie 15 war hier die erste Arbeit, in der die Rezeptoren gezählt und die Größe der Präparate angegeben wurde. Therapeutisch ist es von Wichtigkeit, welche Rezeptorentypen unter den behandelnden Händen liegen. Sind z.B. keine paciniformen Körper vorhanden, braucht nicht mit Vibration an der Faszie gearbeitet werden. Sinnvoll sind auch Interventionsstudien, die physiologische Reaktionen der

Faszien untersuchen. Denn werden z.B. Mechanorezeptoren über ihr physiologisches Limit heraus gedeckt, so können sie als Nociceptoren funktionieren (Stecco et al. 2007: 42) und eine Sensibilisierung des Nervensystems bewirken (Hoheisel, Ulrich et al.: Nociceptive input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones. In: European Journal of Pain, doi: 10.1016/j.ejpain.2011.01.007, 2011, Article in press).

Natürlich sollte auch hinterfragt werden, warum es teilweise keine Rezeptoren in den Faszien gibt. Eine gute Studie über die Landkarte von Nervenstrukturen, die Verteilungsmuster und die Berechnung der Rezeptordichte liefert die Dissertation von Schneider aus dem Jahre 2006. Die Haut der Fußsohle wurde in Felder aufgeteilt und in ihnen die Nervenanzahl und die Verteilungen aufgezeigt (Schneider 2006: 7 ff.). In einem weiteren Schritt werden Interventionsstudien benötigt, die sich mit der Funktion der Rezeptoren beschäftigen.

Ein grosser qualitativer Mangel bei den Studien entsteht dadurch, dass bei keiner Arbeit der Bias erwähnt wird. Inhaltlich werden bei der Diskussion die Ergebnisse von Bändern und Ligamenten auf fasiale Strukturen übertragen. Es wird z.B. die Funktion und Propriozeption der Fascia thoracolumbalis mit dem vorderen Kreuzband verglichen (Bednar 1995: 1161), oder die Mechanoceptoren in den Ligg. supra- und interspinale und flavum werden mit denen der Gelenkkapsel einer Katze oder dem Kreuzband eines Menschen verglichen (Yahia et al. 1988: 510 – 511). Als gute Arbeit dagegen kann z.B. eine Studie über das Lig. Iliolumbale genannt werden (Kiter et al. 2010: E 101).

Kritisch zu hinterfragen sind die Wahl von Material und Methode im Studiendesign. Wie wurde die Auswahl der Präparate dokumentiert, sind die Untersuchungsgruppen vergleichbar, und lassen sich die gewonnenen Ergebnisse ohne weiteres auf die Allgemeinheit übertragen? Wie verhält sich die Faszieninnervation bei chronisch Kranken?

Obwohl z.B. bei Skoliosepatienten keine morphologischen Veränderungen an den Ligg. supra-, interspinale und flavum ermittelt wurden (Rivard et al. 1993: 869 ff.), wurden wiederum im Lig. flavum bei PatientInnen mit Bandscheibenschädigungen keine Nervenendigungen gefunden (Behdadipur et al. 2004: 143). Keine Nervenendigungen wurden ebenfalls bei PatientInnen mit Rückenschmerzen gefunden. Beschrieben werden hier weiterhin mikroskopische und morphologische Änderungen durch Ischämie und Entzündung im Gewebe (Bednar 1995: 1161).

Die Anzahl der Rezeptoren könnte auch an die Verletzungshäufigkeit gekoppelt sein (Hogervorst/Brand 1998: 1365). Es stellt sich in diesem Zusammenhang auch die Frage nach der Regenerationsfähigkeit von Mechanorezeptoren (Hogervorst/Brand 1998: 1367).

Widersprüchlich sind auch die Ergebnisse in den Ligamenten der Wirbelsäule und der Fascia thoracolumbalis. Es werden freie Nervenendigungen und Ruffini-Körper in den Ligg. supra- und interspinale gefunden (Yahia/Newman 1991: 937). Diese Ligamente werden als Fortsetzungen der Fascia thoracolumbalis gesehen (Yahia et al. 1988: 510 – 511; Tesarz 2010: 29) und bilden im Verbund mit den Ansätzen der Rückenmuskulatur im Grunde genommen aber eine Struktur (Johnson/Zhang 2002: 382). Als logische Schlussfolgerung sollen Mechanorezeptoren in der Faszia thoracolumbalis immer auffindbar sein (Hirsch et al. 1963: 9ff.).

Andere AutorInnen wiederum finden keine korpuskulären Strukturen in den spinalen Ligamenten. Sie weisen nur einzelne Nervenfasern oder freie Nervenendigungen nach (Rhalmi et al. 1993: 266). Somit kann nicht ohne weiteres auf die Anwesenheit von Nervenstrukturen gefolgert werden.

An dieser Stelle muss auch die zweite Frage des Reviews negativ beantwortet werden:

**Die Qualität der aufgefundenen Studien ist überwiegend nicht ausreichend und deswegen verbesserungswürdig.**

## 6.1 Anmerkung kritischer Studienpunkte

- Da in diesem Review medizinische Studien von ÄrztInnen und WissenschaftlerInnen beurteilt werden, stellt sich die Frage, ob die fachliche Qualität des Autors dafür ausreichend ist.
- Welchen Stellenwert hat die durch den Reviewer durchgeführte qualitative Studienbewertung?
- Die alleinige Verwendung von englischen Schlüsselwörtern führt nicht zu einer umfassenden Literaturrecherche.
- Es entsteht ein Bias durch die Auswahl der Schlüsselwörter.

## 6.2 Die zukünftige Forschung – Erwartungen und Ausblick

- Wir benötigen eine Revision des Begriffes „Fascia“ mit einer einheitlichen Nomenklatur, auch in den verschiedenen Sprachen.
- Es fehlen weltweit gültige Standards bei der Suche nach Literatur. Die kalendariisch älteren Studien sollten einem breiten Publikum zur Verfügung gestellt werden. Diese müssen aber kritisch beleuchtet und evtl. neu aufgearbeitet werden.
- Es fehlt ein umfangreich ausgelegter systematischer Review, der in seinem methodischen Design viele verschiedene Sprachen und Datenbanken beeinhaltet.
- Die Studien aller Länder sollten verfügbar sein.
- Es wird eine Grundlagenforschung benötigt mit qualitativ hochwertigen, somit nachprüfbaren Studien, die Landkarten der faszialen Innervation erstellen und die Verteilungsmuster/Rezeptorendichte und Variationen der jeweiligen Nerventypen erwähnen.
- Es werden Interventionsstudien, v.a. an menschlichen Präparaten, über die Funktion und Wirkung der Rezeptoren benötigt.
- Es fehlen Studien an Präparaten aus anderen ethnischen Gruppen.
- Der Vergleichbarkeit wegen müssen menschliche Faszienpräparate aus möglichst homogenen Gruppen gewonnen werden. Alle Altersgruppen sollten berücksichtigt werden.
- Es fehlen Studien an chronisch erkrankten Personen. Folgende Fragen sind noch offen: Ob und wie verändert sich die Innervation? Wie verhält sich die Innervation der Faszie bei einer Entzündung und Ischämie im Gewebe? Spielt die Verletzungshäufigkeit der Gewebe eine Rolle, und ist hier auch eine Regeneration der Nerven möglich?

Dieses Review hat ein gestiegenes Interesse an dem Thema „Faszien“ in den letzten Jahren aufgezeigt. Auch die Qualität der Studien ist gestiegen. Auf die weiteren Forschungen über die sensorische Innervation der Faszien darf gespannt gewartet werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Abu-Hijleh, M.F.; Roshier, A.L.; Al-Shboul, Q.; Dharap, A.S.; Harris, P.F.: The membranous layer of superficial fascia: Evidence for its widespread distribution in the body. In: *Surg. Radiol. Anat.*, 28, 2006, 606 – 619.
2. Barral, Jean-Pierre; Mercier, Pierre: *Lehrbuch der viszeralen Osteopathie*. Band 1. München, Jena: Urban&Fischer. 2002, 1. Auflage.
3. Bednar, Drew A. et al.: Observations on the Pathomorphology of the Thoracolumbar Fascia in Chronic Mechanical Back Pain. A Microscopic Study. In: *Spine*, Vol. 20, Nr. 10, 1995, 1161 – 1164.
4. Behdadipour, Z.; Moin, H.; Raisi, Sh.; Mardani, M.; Mirhoseini, A.: Histological Study of Nerve Endings in Ligamentum Flavum in Patients with Discopathy. In: *Journal of Research in Medical Sciences*, 3, 2004, 143 – 144.
5. Benjamin, Mike: The fascia of the limbs and back – a review. *J. Anat.*, doi: 10.1111/j.1469-7580.2008.01011.xx, 2009.
6. Benninghoff, Alfred; Drenckhahn, Detlev (Hrsg.); Zenker, Wolfgang: *Benninghoff Anatomie. Makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen*. Band 2. München, Wien, Baltimore: Urban&Schwarzenberg. 1994, 15. Auflage.
7. Benninghoff, Alfred; Drenckhahn, Detlef: *Anatomie. Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie*. Band 2. München: Urban&Fischer. 2004, 16. Auflage.
8. Bortz, Jürgen; Döring, Nicola: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag. 2009, Nachdruck 4. Auflage.
9. Brenner, Erich: *Sektion für klinisch-funktionelle Anatomie der Medizinischen Universität Innsbruck. Lehrgangsleitung für den Masterkurs Osteopathie an der FHG Innsbruck: Kursunterlagen und persönliche Mitteilungen*.
10. Brockhaus-Enzyklopädie. Band 7. Mannheim: F. A. Brockhaus GmbH. 1988, 19. Auflage.
11. Debroux, Jean-Jaques: *Faszienbehandlung in der Osteopathie*. Stuttgart: Hippokrates. 2004.
12. Diederichsen, Louise; Krogsgaard, Michael; Voigt, Michael; Dyhre-Poulsen, Poul: Shoulder reflexes. In: *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12, 2002, 183 – 191.

13. DiGiovanna L. et al: An osteopathic approach to diagnosis and treatment. Philadelphia: Lippincott-Raven. 1997, 2. Auflage.
14. Dölken, Mechthild: Was muss ein Manualtherapeut über die Physiologie des Bindegewebes und die Entwicklung einer Bewegungseinschränkung wissen? In: Manuelle Medizin 40. 2002, 169 – 176.
15. Eisend, Martin: Metaanalyse – Einführung und kritische Diskussion. In: Diskussionsbeiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Freien Universität Berlin, 8, 2004, ISBN 3-935058-77-2.
16. Ercoli, Alfredo et al.: Terminologia Anatomica versus unofficial descriptions and nomenclature of the fasciae and ligaments of the female pelvis: A dissection-based comparative study. In: American Journal of Obstetrics and Gynecology, 193, 2005, 1565 – 1573.
17. Evanko, Stephen: Getting a Handle on the Superficial Fascia. In Consideration of the Cutaneous Nerves. In: Structural Integration, June, 2010, 12 – 15.
18. Fasel, Jean HD.; Dembe, Jean-Claude; Majno, Pietro E.: Fascia: A Pragmatic Overview for Surgeons. In: The American Surgeon. Vol. 73 (5), 2007, 451 - 453.
19. Gabarel, B.; Roques, M.: Les Fasciae en Medecine Osteopathique. Band 1. Paris: Maloine. 1985.
20. Gardner, Esther; Kaas, Jon H.: The senses. A comprehensive Reference. Somatosensation. Band 6. San Diego, California: Elsevier Inc.. 2008, 1. Auflage.
21. Garfin, Steven R. et al.: Role of fascia in maintenance of muscle tension and pressure. In: J. Appl. Physiol., Aug., 51 (2), 1981, 317 – 320.
22. Geiger, Astrid: Faszien – Schlüssel zur Stabilität, Sensomotorik und Symmetrie. Die Auswirkung der orthopathischen Behandlung nach dem Faszien-Distorsions-Modell (FDM) von Stephen Typaldos (D.O.) auf den aufrechten Stand. Saarbrücken: VDM Verlag. 2009.
23. Germain, P.: Economie du Geste. Saint-Etienne: Impressions Dumas. 1989.
24. Greenhalgh, Trisha: Einführung in die Evidence-based Medicine. Kritische Beurteilung klinischer Studien als Basis einer rationalen Medizin. Bern: Verlag Hans Huber. 2003.
25. Hartmann, Christian: Das grosse Still – Kompendium. Pähl: Verlag Jolandos. 2005.

26. Hirsch, Carl; Ingelmark, Bo-Eric; Miller, Malcolm: The anatomical basis for low back pain. Studies on the presence of sensory nerve endings in ligamentous, capsular and intervertebral disc structures in the human lumbar spine. In: *Acta orthopaedica Scandinavica*, 33/1, 1963, 1 – 17.
27. Hogervorst, Tom; Brand, Richard A.: Current Concepts Review – Mechanoreceptors in Joint Function. In: *J. Bone Joint Surg. Am.*, 80, 1998, 1365 – 1378.
28. Hoheisel, Ulrich; Taguchi, Toru; Treede, Rolf-Detlef; Mense, Siegfried: Nociceptive input from the rat thoracolumbar fascia to lumbar dorsal horn neurones. In: *Eur. J. Pain*, doi: 10.1016/j.ejpain.2011.01.007, 2011 (Article in press).
29. Hilfiker, Roger: Einheit im Bewertungsdschungel. Wissenschaft erklärt: Das GRADE-System. In: *Physiopraxis*, 9, 2010, 20.
30. Hirsch, Mark A.: Wissen, was Wissen Wert ist. Evidenzbasierte Physiotherapie. In: *Physiopraxis*, 4-5, 2003, 24 – 27.
31. Jadad, A.R.; Moore, R.A. et al.: Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? In: *Controlled clinical trial*, 17(1), 1996, 1-12.
32. Jiang, H.; Moreau, M.; Greidanus, N.; Bilo, J.; Russell, G.; Raso, J.; Bagnall, K.: The spatiotemporal development of innervation in spinal ligaments of chickens. In: *J. Anat.*, 189, 1996, 57 – 64.
33. Johnson, Gillian M.; Zhang, Ming: Regional differences within the supraspinous and interspinous ligaments: A sheet plastination study. In: *Eur. Spine J.*, 11, 2002, 382 – 388.
34. Kachlik, David; Baca, Vaclav; Bozdechova, Ivana; Cech, Pavel; Musil, Vladimir: Anatomical terminology and nomenclature: Past, present and highlights. In: *Surg. Radiol. Anat.*, doi: 10.1007/s00276-008-0357-y, 2008.
35. Kahle, Werner; Frotscher, Michael: *Taschenatlas der Anatomie. Nervensystem und Sinnesorgane*, Band 3. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 2001, 7. Auflage.
36. Kiter, Esat; Karaboyun, Teyfik; Tufan, Cevik A.; Kemalettin, Acar: Immunohistochemical Demonstration of Nerve Endings in Iliolumbar Ligament. In: *SPINE*, 35 (4), E101 – E104.
37. Kleist, Peter: Vorsicht bei Meta-Analysen. In: *Schweizerische Ärztezeitung*, 82 (14), 2001, 1287 – 1291.

38. Kwakman, Rob: Mikro- und makroskopische Betrachtung der Faszienfunktionen. In: Deutsche Zeitschrift für Osteopathie, 2, 2010, 14 – 16.
39. Kuchera, W.A. et al: Osteopathic principles in practice. Columbus, Ohio: Greyden Press. 1994.
40. Kunz, Regina: Das GRADE-System. Ein internationaler Ansatz zur Vereinheitlichung der Graduierung von Evidenz und Empfehlungen in Leitlinien. In: Der Internist, 6, 2008, 673 – 680.
41. Kunz, Regina et al.: Systematische Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen. Einführung in Instrumente der evidenzbasierten Medizin für Ärzte, klinische Forscher und Experten im Gesundheitswesen. Bern: Verlag Hans Huber. 2009, 2. Auflage.
42. Lang, Johannes: Über die Textur und die Vascularisation der Fascien. In: Acta anatatomica, 48, 1962, 61 – 94.
43. Langevin, Helene M.; Churchill, David L.; Cipolla, Marilyn J.: Mechanical signaling through connective tissue: A mechanism for the therapeutic effect of acupuncture. In: The FASEB Journal, Vol. 15, 2001, 2275 – 2282.
44. Langevin, Helene M.; Yandow, Jason A.: Relationship of Acupuncture Points and Meridians to Connective Tissue Planes. In: The Anatomical Record (New Anat.), 269, 2002, 257 – 265.
45. Liem, Torsten: Kraniosakrale Osteopathie. Stuttgart: Hippokrates. 2001.
46. Lippert, Herbert: Lehrbuch Anatomie. München/Jena: Urban & Fischer. 2006, 7. Auflage.
47. Liptan, Ginevra L.: Fascia: A missing link in our understanding of the pathology of fibromyalgia. In: Journal of Bodywork & Movement Therapies, 14, 2010, 3 – 12.
48. Loukas, Marios; Shoja, Mohammadali M.; Thurston, Todd; Jones, Virginia L.; Linganna, Sanjay; Tubbs, Shane R.: Anatomy and biomechanics of the vertebral aponeurosis part of the posterior layer of the thoracolumbar fascia. In: Surg. Radiol. Anat., 30, 2008, 125 – 129.
49. Macintosh, Janet E.; Bogduk, Nikolai; Gracovetsky, Serge: The biomechanics of the thoracolumbar fascia. In: Clinical Biomechanics, 2, 1987, 78 – 83.
50. Mehrholz, Jan: Was Studien wert sind. Wissenschaft erklärt: Evidenzstufen und Empfehlungsgrade. In: Physiopraxis, 6, 2010, 20.
51. Myers, Thomas W.: Anatomy Trains. Myofasziale Leitbahnen für Manual- und Bewegungstherapeuten. München: Urban & Fischer. 2010, 2. Auflage.

52. Netter, Frank H.: Nervensystem I. Neuroanatomie und Physiologie. Band 5. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 1987.
53. Paoletti, Serge: Faszien. Anatomie, Strukturen, Techniken, Spezielle Osteopathie. München: Urban&Fischer. 2001, 1. Auflage.
54. Pischinger, Alfred: Das System der Grundregulation. Grundlagen einer ganzheitsbiologischen Medizin. Stuttgart: Haug Verlag. 2004, 10. Auflage.
55. Pschyrembel: Klinisches Wörterbuch. Berlin: Walter de Gruyter. 2004, 260. Auflage.
56. Purslow, Peter P.: Muscle fascia and force transmission. In: *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, 14, 2010, 411 – 417.
57. Ralston, H.J. et al.: Nerve endings in human fasciae, tendons, ligaments, periosteum and joint synovial membrane. In: *Anat. Rec.*, Feb., 136, 1960, 137 – 147.
58. Raspe, Heiner: Evidence based medicine: Modischer Unsinn, alter Wein in neuen Schläuchen oder aktuelle Notwendigkeit? In: *Z. ärztl. Fortbild. (Zaef)*, 90, 1996, 553 – 562.
59. Rauber/Kopsch; Leonhardt, H. (Hrsg.) et al.: Anatomie des Menschen. Band 3. Nervensystem, Sinnesorgane. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 1987.
60. Rauber/Kopsch; Leonhardt, H. (Hrsg.): Anatomie des Menschen. Band 2. Innere Organe. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 1987.
61. Rhalmi, Souad; Yahia, L'Hocine; Newman, Nicholas; Isler, Marc: Immunohistochemical Study of Nerves in Lumbar Spine Ligaments. In: *SPINE*, 18(2), 1993, 264 – 267.
62. Rivard, C.H.; Rhalmi, S.; Newman, N.; Yahia, L.H.: Morphological study of the innervation of spinal ligaments in scoliotic patients. In: *Ann. Chir.*, 47 (9), 1993, 869 – 873.
63. Rodrigues Junior, Aldo Junqueira; Rodrigues, Consuelo Junqueira; Pereira da Cunha, Ana Claudia; Yoo, Jin: Quantitative analysis of collagen and elastic Fibers in the Transversalis Fascia in direct and indirect Inguinal Hernia. In: *Rev. Hosp. Clin. Vac. Med.*, S. Paulo, 57(6), 2002, 265 – 270.
64. Rolf, Ida: Rolfing. München: Hugendubel. 1997.
65. Sadler, Thomas W.: Medizinische Embryologie. Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 2003, 10. Auflage.

66. Sakamoto, Y.: Histological features of endomysium, perimysium and epimysium in rat lateral pterygoid muscle. In: *J. Morphol.*, Jan., 227(1), 1996, 113 – 119.
67. Schäfer, K.: Untersuchungen zur Angloarchitektur der Fascie (untere Extremität). In: *Z. Anat. Entwickl.-Gesch.*, 139, 1972, 21 – 54.
68. Schleip, Robert; Klingler, Werner; Lehmann-Horn, Frank: Faszien und Nervensystem. In: *Osteopathische Medizin*, 1, 2003, 20 – 28.
69. Schleip, Robert: Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 7 (1), 2003, 11 – 19.
70. Schleip, Robert: Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 2. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 7 (2), 2003, 104 – 116.
71. Schleip, Robert; Klingler, Werner: Eine Studie über die Fähigkeit der Faszien, sich aktiv zu kontrahieren und zu entspannen und dabei die Biomechanik des Körpers zu beeinflussen. In: *Osteopathische Medizin*, 1, 2006, 19 – 21.
72. Schleip, Robert: Faszien besitzen eine der glatten Muskulatur vergleichbare Kontraktionsfähigkeit und können so die muskuloskelettale Mechanik beeinflussen. In: *Zeitschrift für Osteopathische Medizin*, 4, 2008, 19 – 21.
73. Schleip, Robert: Robert Schleip. In: *Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, 2, 2010, 4 – 5.
74. Schleip, Robert: Hinweise auf eine fasziale Rhythmizität? In: *Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, 4, 2010, 6-7.
75. Schmidt, Robert F.; Thews, Gerhard: *Physiologie des Menschen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag. 1997, 27. Auflage.
76. Schneider, Florian: Korpuskuläre und enkapsulierte Nervenendigungen im Bereich der Fusssohle des Menschen. Dissertation. Universität Würzburg, Medizinische Fakultät. Lehrstuhl für Orthopädie. 2006. Online verfügbar unter: <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2006/1859/>, zuletzt geprüft am 24.05.2011.
77. Schwind, Peter: *Faszien- und Membrantechnik*. München: Urban & Fischer. 2003.
78. Schwind, Peter: Formbarkeit von Faszien und Membranen: Behandlung innerer Brücken im Kontext der Forschung. In: *Deutsche Zeitschrift für Osteopathie*, 2, 2010, 26 – 30.
79. Simmonds, Nigel; Miller, Peter; Gemmell, Hugh: A theoretical framework for the role of fascia in manual therapy. In: *Journal of Bodywork & Movement Therapies*, doi: 10.1016/j.jbmt.2010.08.001, 2010, 1 – 11.

80. Sobotta; Welsch, Ulrich (Hrsg.): *Atlas Histologie*. München, Jena: Urban&Fischer. 2005, 7. Auflage.
81. Solomonow, M.; Krogsgaard, M.: Sensorimotor control of knee stability. A review. In: *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 11, 2001, 64 – 80.
82. Staubesand, J.; Li, Y.: Zum Feinbau der Fascia cruris mit besonderer Berücksichtigung epi- und intrafaszialer Nerven. In: *Manuelle Medizin*, 34, 1996, 196 – 200.
83. Stecco, C.; Gagey, O.; Belloni, A.; Pozzuoli, A.; Porzionato, A.; Macchi, V.; Aldegheri, R.; De Caro, R.; Delmas, V.: Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: Study of innervation. In: *Morphologie*, 91, 2007, 38 – 43.
84. Stecco, Carla; Porzionato, Andrea; Macchi, Veronica; Day, Julie Ann; De Caro, Raffaele: Histological study of the deep fasciae of the limbs. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 12, 2008, 225 – 230.
85. Stecco, Antonio; Masiero, Stefano; Macchi, Veronica; Stecco, Carla; Porzionato, Andrea; De Caro, Raffaele: The pectoral fascia: Anatomical and histological study. In: *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 13(3), 2009, 255 – 261.
86. Stecco, Luigi; Stecco, Carla: *Fascial manipulation. Practical part*. Padova: Piccin Nuova Libraria S.p.A.. 2009.
87. Stecco, Carla; Macchi, Veronica; Porzionato, Andrea; Morra, Aldo; Parenti, Anna; Stecco, Antonio; Delmas, Vincent; De Caro, Raffaele: The Ankle Retinacula: Morphological Evidence of the Proprioceptive Role of the Fascial System. In: *Cells Tissues Organs*, 192, 2010, 200 – 210.
88. Stilwell, Donald L.: Regional variations in the innervation of deep fasciae and aponeuroses. In: *The anatomical record*, Vol. 127, 4, 1957, 635 – 653.
89. Strasmann, Thomas; Van der Wal, Jacob C.; Halata, Zdenek; Drukker, Jan: Functional Topography and Ultrastructure of Periarticular Mechanoreceptors in the Lateral Elbow Region of the Rat. In: *Acta. Anat.*, 138, 1990, 1 – 14.
90. Taguchi, Toru; Hoheisel, Ulrich; Mense, Siegfried: Dorsal horn neurons having input from low back structures in rats. In: *Pain*, 138, 2008, 119 – 129.
91. Tanaka, Seisuke; Tetsuo, Ito: Histochemical Demonstration of Adrenergic Fibers in the Fascia, Periosteum and Retinaculum. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 126, 1977, 276 – 281.

92. Tesarz, J.; Hoheisel, U.; Mense, S.: Die Fascia thoracolumbalis – tierexperimentelle Daten zur Innervation. In: Der Schmerz, Supplement 1, 2009, 57.
93. Tesarz, Jonas: Die Fascia thoracolumbalis als potenzielle Ursache für Rückenschmerzen: anatomische Grundlagen und klinische Aspekte. In: Osteopathische Medizin, 1, 2010, 28 – 34.
94. Threlkeld, Joseph A.: The Effects of Manual Therapy on Connective Tissue. In: Physical Therapy, 72 (12). 1992, 61 – 70.
95. Trepel, Martin: Neuroanatomie. Struktur und Funktion. München: Urban&Fischer. 2004, 3. Auflage.
96. Typaldos, Stephen: Orthopathische Medizin. Die Verbindung von Orthopädie und Osteopathie durch das Fasziendistorsionsmodell. Kötzting: Verlag für ganzheitliche Medizin Wühr. 1999.
97. Van den Berg, Frans: Angewandte Physiologie. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Band 1. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag. 2003, 2. Auflage.
98. Van der Wal, Jaap: The Architecture of the Connective Tissue in the Musculoskeletal System – An often overlooked Functional Parameter as to Proprioception in the Locomotor Apparatus. In: The International Journal of Therapeutic Massage and Bodywork, 4 (2), 2009, 9 – 23.
99. Van der Wal, Jaap: Faszien: Anatomie, Propriozeption, Mediation. In: Deutsche Zeitschrift für Osteopathie, 1, 2010, 14 – 27.
100. Van Mameren, H.; Van der Wal, J.: Comparison of the Organisation of the Connective Tissue in relation with muscle and nerve Tissue in the cubital Region in Man and in the Rat. In: Acta Morphologica Neerlando-Scandinavia, 21, 1983, 169.
101. Verhagen, A.P. et al.: The Delphi list: A criteria list for quality assessment of randomized clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. In: Journal of Clinical Epidemiology, 51 (12), 1998, 1235 – 41.
102. Viidik, A.: A functional properties of collagenous tissues. In: Int. Rev. Connect. Tissue. Res., 6, 1997, 127 – 215.
103. Wager, Elizabeth et.al: Erfolg im Peer Review. Wissenschaftliche Begutachtungen durchführen und überstehen. Bern: Verlag Hans Huber. 2007, 1. Auflage.

104. Waldeyer, Anton Johannes; Fanghänel J. (Hrsg.) et al.: Anatomie des Menschen. Berlin, New York. 2003, 17. Auflage.
105. Ward, Robert C. (Hrsg.): Foundations for Osteopathic Medicine. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins. 2003, 2. Auflage.
106. Weiqing, Ge; Khalsa, Partap S.: Encoding of Compressive Stress During Indentation by Group III and IV Muscle Mechano-Nociceptors in Rat Gracilis Muscle. In: *J. Neurophysiol.*, 89, 2003, 785 – 792.
107. Weiß, Christel: Basiswissen Medizinische Statistik. Heidelberg: Springer Medizin Verlag. 2008, 4. Auflage.
108. Wendell-Smith, C.P.: Fascia: An illustrative problem in international terminology. In: *Surgical Radiologic Anatomy*, 19, 1997, 273 – 277.
109. Yahia, Hocine L.; Newman, Nicholas; Rivard, Charles-Hilaire: Neurohistology of lumbar spine ligaments. In: *Acta Orthop. Scand.*, 59 (5), 1988, 508 – 512.
110. Yahia, L.H.; Newman, N.: Innervation of Spinal Ligaments of Patients with Disc Herniation. In: *Path. Res. Pract.*, 187, 1991, 936 – 938.
111. Yahia, L.H.; Pigeon, P.; DesRosiers, E.A.: Viscoelastic properties of the human lumbodorsal fascia. In: *J. Biomed. Eng.*, 15, 1993, 425 – 429.

## 8 Anhang

### 8.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Mechanorezeptoren in Faszien und deren Wirkung.....	17
Abb. 2: Einträge unter dem Begriff „fascia“ in den Datenbanken .....	26
Abb. 3: Kombinationen von Schlüsselwörtern .....	27
Abb. 4: Anzahl der Einträge zu den Schlüsselwortkombinationen i. d. Datenbanken	27
Abb. 5: Terminologie des Begriffes „Faszie“ in der lat., engl. und dt. Sprache.....	28
Abb. 6: Schema für die Bewertung der Studienqualität .....	30
Abb. 7: Beschreibende Übersicht der aufgefundenen Studien.....	34
Abb. 8: Recherche des ersten Institutes.....	35
Abb. 9: Recherche des zweiten Institutes.....	35
Abb. 10: Anzahl der pro Jahrzehnt ermittelten Studien .....	36
Abb. 11: Anzahl der Studien mit Verteilung auf Mensch und Tier .....	37
Abb. 12: Anzahl der erwähnten Präparate.....	37
Abb. 13: Anzahl der Studien pro Land.....	38
Abb. 14 : Anzahl der Studien pro Land, die menschliche Präparate verwenden.....	38
Abb. 15: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an menschl. Präparaten .....	39
Abb. 16: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an Präparaten der Ratte .....	39
Abb. 17: Studien und Fundorte von Nervenstrukturen an Präparaten der Katze .....	39
Abb. 18: Studie und Fundort von Nervenstrukturen an Präparaten des Affen .....	40
Abb. 19: Studie und Fundort von Nervenstrukturen an Präparaten des Hasen .....	40
Abb. 20: Anzahl der Studien mit dem Nachweis der versch. Mechanorezeptoren.....	40
Abb. 21: Anzahl der Studien an menschlichen Präparaten .....	40
Abb. 22: Bewertung der Studienqualität .....	41
Abb. 23: Qualität (Q) der Studien .....	42
Abb. 24: Verlauf der Studienqualitäten .....	43
Abb. 25: Durchschnittlich ermittelte Qualität bei den Bewertungselementen .....	44

## 8.2 Eidesstattliche Erklärung

### Daten Studierender

Nachname, Vorname	Barty, Gunther
Titel	Osteopath D.O., B.Sc. (hons) Ost. Med.
Personenkennzeichen	0930005003
Studiengang/Lehrgang	Masterlehrgang Osteopathie, LG-Nr. 0230005
Jahrgang, Klasse	2009

Ich erkläre hiermit, dass ich die Master-Thesis zum Thema

„Gibt es genügend Evidenz über die sensorische Innervation der Faszien? Ein systematischer Review.“

angefertigt im Rahmen der Lehrveranstaltung

„Weiterbildung gemäss § 14a FHStG Osteopathie (LG-Nr. 0230005)“

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Texten entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Dies gilt für gedruckte ebenso wie für dem Internet entnommene Texte, für audiovisuelle Medien, Hörbücher und Bildnachweise.

Datum:

Unterschrift des Studierenden: