

Aus dem Department für Kleintiere und Pferde  
der Veterinärmedizinischen Universität Wien  
Institut/Klinik für Kleintiere  
(Leiterin: Univ.-Prof. Dr.med.vet. Florian Jenner)

**Literaturübersicht zum Thema**  
**Akupunkturmeridiane**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Michelle Ebner

Wien, im April 2024

BetreuerIn: Dr.med.vet. Dipl.ECVSMR Marion Mucha

Universitätsklinik für Kleintiere

Abteilung Physikalische Medizin und Rehabilitation

Veterinärmedizinische Universität Wien

BegutachterIn: Dr.med.vet. Dipl.ACVS MR Dipl.ECVSMR Theresia Licka

Universitätsklinik für Pferde

Abteilung Chirurgie und Orthopädie

Veterinärmedizinische Universität Wien

## Inhaltsverzeichnis

1	Abstract .....	4
2	Zusammenfassung .....	5
3	Einleitung.....	6
4	Material und Methode .....	7
5	Literaturanalyse .....	9
5.1.	Nervenleitungstheorien .....	9
5.2.	Körperflüssigkeitszirkulationstheorien .....	14
5.2.1	Vaskuläre und perivaskuläre Theorien.....	14
5.2.2	Primovaskuläres System .....	17
5.3.	Faszien- und Bindegewebsstrukturlehre .....	20
5.4.	Biologisches Feld- (oder Energie-) Lehre.....	25
5.4.1	Elektrische Signale und Leitfähigkeit .....	25
5.4.2	Infrarotstrahlungen, Thermografie und fotografische Messungen .....	29
5.4.3	niedriger hydraulischer Widerstand.....	31
6	Diskussion .....	33
7	Abkürzungsverzeichnis .....	35
8	Abbildungsverzeichnis .....	36
9	Literaturverzeichnis.....	37

## **1 Abstract**

The aim of this thesis was to compile a literature review on the subject of acupuncture meridians and to present whether a valid theory could be confirmed to date. A systematic literature search was carried out from October 2021 up to December 2023.

The collected studies were classified, according to the simplified evaluation system, described by Maxwell and Santesso (2006), and then subdivided into the four main areas „theories of nerve conduction, circulation of body fluids, fascia and connective tissue structure, and biological field“. (1) A total of 41 studies were included in the work.

It turned out that so far no valid theory has been able to describe the substrate or the essence of meridians. One reason for this, is the low level of evidence of the researches and the limited access to the relevant literature.

It will take years of research to validate this issue.

## **2 Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Diplomarbeit war es, eine Literaturübersicht zum Thema Akupunkturmeridiane zu erstellen und darzulegen ob bis heute eine valide Theorie dazu bestätigt werden konnte. Dazu wurde eine systematische Literaturrecherche von Oktober 2021 bis einschließlich Dezember 2023 durchgeführt.

Die gesammelten Studien wurden nach dem vereinfachten Bewertungssystem, wie es bei Maxwell und Santesso (2006) beschrieben wird, klassifiziert und anschließend in die vier großen Bereiche Theorien zu Nervenleitung, Zirkulation von Körperflüssigkeiten, Faszien- und Bindegewebsstruktur sowie biologischem Feld unterteilt und näher beschrieben. (1) Insgesamt wurden 41 Studien in die Arbeit mitaufgenommen.

Es ging hervor, dass bis dato keine valide Theorie das Substrat beziehungsweise die Essenz der Meridiane beschreiben kann. Ein Grund dafür, ist unter anderem der niedrige Evidenzlevel der durchgeführten Forschungen sowie der eingeschränkte Zugang zu der entsprechenden Literatur.

Es werden noch jahrelange Forschung nötig sein, um diese Thematik valide zu erforschen.

### 3 Einleitung

Akupunktur ist ein Teil der traditionellen chinesischen Medizin (kurz: TCM) und wird schon seit tausenden Jahren praktiziert. (2). Auch in der Veterinärmedizin nimmt dieser Themenbereich immer mehr an Bedeutung zu.

Bei der Akupunktur werden spezifische Punkte, sogenannte Akupunkturpunkte, durch die Einwirkung (mittels Nadeln, Laser, Moxa, Druck etc.) auf der Hautoberfläche, gereizt und somit eine therapeutische Wirkung erzielt. (2)

Diese Punkte sind über sogenannte Akupunkturmeridiane miteinander und mit den Organen verbunden und bilden der Theorie zufolge dadurch ein energetisches Netzwerk im Körper. (2). Dieses Netzwerk besteht aus zwölf Hauptmeridianen sowie aus acht kollateralen Meridianen. Jeder dieser Hauptmeridiane ist mit einem Organsystem verbunden und erstreckt sich bis zu einer Extremität. Das Ziel der TCM-Behandlung ist es, den Energiefluss in diesen Meridiannetzwerk zu verbessern und dadurch therapeutische Effekte zu erzielen. (3)

Das Vorhandensein der anatomischen beziehungsweise physikalischen Grundlagen der Akupunkturpunkte und Akupunkturmeridiane ist besonders in den letzten Jahrzehnten Thema vieler Studien. So wird seit den 1950er Jahren durch zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten versucht, die physische Existenz von Meridianen nachzuweisen. (4)

So wurden biophysikalische Eigenschaften (wie beispielsweise elektrische Leitfähigkeit, thermische und optische Eigenschaften, Isotope und weitere) als auch anatomische Korrelate (Gefäße, neurovaskuläre Bündel, Nerven, intermuskuläre Faszien) durch verschiedenste Versuche und Studien untersucht. (5)

Jedoch sind die Wissenschaftler bis dato an ihre Grenzen bei der Erforschung eines zugrundeliegenden Substrates der Meridiane gestoßen und konnten die verschiedensten Theorien weder bestätigen noch widerlegen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine systematische Literaturübersicht über die bisherigen Theorien zum Thema Meridiane im Sinne der traditionell chinesischen Medizin anzufertigen und darzulegen ob bis heute eine valide Theorie dazu bestätigt werden konnte.

#### 4 Material und Methode

Für die Literaturanalyse wurde von Oktober 2021 bis einschließlich Dezember 2023 eine umfangreiche Literaturrecherche, von Studien im Zeitraum von 01.01.1970 bis zum Verfassen der Arbeit, durchgeführt. Diese waren in deutsch- oder englischsprachiger Ausführung und stammen sowohl aus der Human als auch der Veterinärmedizin.

Die für die Literaturrecherche verwendeten Suchmaschinen waren Scopus, Pubmed und Google Scholar. Dabei wurden die Suchwörter "acupuncture meridians", "meridians", "acupuncture points", "jing luo", "jing mai" und "luo mai" in deutscher und englischer Sprache verwendet.

Anschließend wurden die gefundenen Studien zeitlich geordnet und in die verschiedenen Theorien unterteilt. An den Studien wurde das empfohlene vereinfachte Bewertungssystem angewendet, wie es bei Maxwell und Santesso (2006) beschrieben ist. Dieses Bewertungssystem beurteilt wenige validierte Kriterien um die Studien in die Stufen Platin, Gold, Silber und Bronze zu unterteilen. Bei diesen Kriterien handelt es sich um angemessene Stichprobengröße, Vollständigkeit des Follow-up, Verblindung von Personen, die die Ergebnisse auswerten, und den Patienten sowie die Zuteilung der Teilnehmer nach dem Zufallsprinzip. (6)

- Platin-Stufe: mindestens zwei einzelne randomisierte kontrollierte Studien, die mindestens eine Stichprobengröße von 50 Teilnehmern pro Gruppe haben, Verblindung der Teilnehmer und Gutachter, Verheimlichung der Behandlungszuteilung, > 80 % von Follow-Ups bei Abbrüchen (6)
- Gold Stufe: mindestens eine randomisierte kontrollierte Studie, die mindestens eine Stichprobengröße von 50 Teilnehmern pro Gruppe hat, Verblindung der Teilnehmer und Gutachter, Verheimlichung der Behandlungszuteilung, > 80 % von Follow-Ups bei Abbrüchen (6)
- Silber Stufe: eine randomisierte Studie, die die oben genannten Kriterien nicht erfüllt, oder eine nicht randomisierte Studie mit Kohorten, die eine Therapie erhielten beziehungsweise nicht erhielten oder wenn Belege mindestens einer Fall-Kontroll-Studie vorliegen. (6)
- Bronze Stufe: Studien, die mindestens eine Fallserie ohne Kontrollen haben oder aus einer Expertenmeinung abgeleitet ist, die auf einer klinischen Erfahrung basiert. (6)

Daraus ergab sich, dass in 41 Studien in die Arbeit aufgenommen wurden. Dabei hatten 22 die Stufe Bronze, 18 die Stufe Silber, eine die Stufe Gold und keine konnte die Stufe Platin erreichen.

## 5 Literaturanalyse

Wie schon oben genannt wurden 41 Studien in die Arbeit aufgenommen. Zur besseren Übersicht wurden diese in vier grobe Teile gegliedert, die wiederum unterteilt sind. Diese großen vier Bereiche sind: Theorien zu Nervenleitung, Zirkulation von Körperflüssigkeiten, Faszien- und Bindegewebsstruktur sowie biologischem Feld. (1) Auf die einzelnen Bereiche wird im Folgenden weiter eingegangen.

### 5.1. Nervenleitungstheorien

Bereits 1998 wurde der Zusammenhang von Akupunkturstimulation und der Aktivierung spezifischer Bereiche in der Hirnrinde mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (kurz: fMRI) untersucht. Dazu wurde eine mechanische Stimulation des augenbezogenen Akupunkturpunktes Blase 67 (kurz: BL67) sowie eine direkte Lichtstimulation des Auges durchgeführt und die Gehirnareale anschließend radiologisch dargestellt. Bei beiden konnten eine Aktivierung des Okzipitallappens mittels fMRI erfasst werden. Um dies zu kontrollieren, wurden auch Nicht-Akupunkturpunkte unweit des BL67 stimuliert, woraufhin keine zentrale Aktivierung beobachtet werden konnte. Die Autoren stellten die These auf, dass die Akupunktur zuerst die entsprechende Hirnrinde im zentralen Nervensystem (kurz: ZNS) stimuliert bzw. aktiviert, und diese Stimulation eine Freisetzung von Chemikalien und/oder Hormonen an den gestörten Organen bewirkt. Dies konnte aber bis dato nicht bewiesen werden. Diese Erkenntnisse zeigten, dass die Akupunkturstimulation einen Effekt auf das zentrale Nervensystem hat und dies weiter untersucht werden sollte. (7)

Um die anatomische neurale Essenz der Meridiane herauszufinden und zu bestätigen wollten die Forscher folgender Studien grafische Beweise dafür liefern, dass die embryologische Entwicklung des menschlichen Nervensystems in den Extremitäten mit dem Verlauf der Hauptmeridiane übereinstimmt. Dafür wurde mit der Software Adobe Photoshop Elements perspektivische Diagramme der Hautmuster von erwachsenen Menschen modifiziert und Dermatome, große periphere Nerven, Akupunkturpunkte und deren Hauptmeridiane der unteren Extremitäten grafisch in ihre embryonale Position gebracht. In den ersten vier bis sechs Wochen nach der Empfängnis können die Strukturen noch linear angeordnet werden. Im weiteren Verlauf beugen und rotieren sich die Extremitäten, wobei der Verlauf der Nerven, Dermatome und der Hauptmeridiane immer linear bleibt. (8)

Diese Entwicklung wurde auch auf dem Rumpf, mittels der gleichen Methodik untersucht. Auch hier konnten sie grafische Beweise finden, dass die Hauptmeridianverteilung am Rumpf, mit

den dorsalen und ventralen Ästen der thorakalen und abdominalen Spinalnerven, in Verbindung gebracht werden kann. Es besteht nur ein Unterschied darin, dass die Hauptmeridiane senkrecht zu den Spinalnerven verlaufen und sie somit die dorsalen und ventralen Äste der thorakalen und abdominalen segmentalen Spinalnerven verbinden. (9)

Die Forscher haben diese Entwicklungen bis in das Erwachsenenalter festgestellt. Daraus schlussfolgerten die Autoren, dass die Hauptmeridiane an den Extremitäten eine Darstellung des peripheren Nervensystems sind und die lineare Entwicklung entscheidend dafür ist. (8)

Ein weiterer Ansatz zur Ermittlung der anatomischen Grundlage wurde bei einer Studie aus dem Jahr 2020 untersucht. Dazu wurden an 25 Leichenhänden die anatomischen Strukturen an der Oberfläche und in der Tiefe, sowie deren Überlappungen auf dem Akupunkturpunkt Dickdarm 4 (kurz: LI4) untersucht. Dazu wurde der LI4 mithilfe der von der World Health Organization (kurz: WHO) Empfehlungen lokalisiert und anschließend seziiert. Es zeigte sich eine gehäufte Verteilung des dorsalen Venenplexus der Hand, des Nervus radialis superficialis, der arteriellen Verzweigungen und des Nervus ulnaris in der Tiefe. Auf jeder der Strukturen wird im Einzelnen eingegangen. (10)

Es wurde gezeigt, dass in jedem Exemplar mindestens ein Zweig des Nervus radialis superficialis sowie des Nervus ulnaris in der Tiefe den LI4 kreuzt. Ebenso wiesen beide Strukturen bei allen ein einheitliches Verteilungsmuster auf. Dies ist laut den Autoren die erste Studie, die den strukturellen Zusammenhang des Nervus ulnaris in der Tiefe mit dem LI4 aufzeigt. Ob der Nervus radialis superficialis oder der Nervus ulnaris in der Tiefe an der Wirkung von Akupunktur bzw. der Weiterleitung über die Meridiane verantwortlich sind, ist noch unbekannt. Dafür würden direkte Nervenleitfähigkeitsstudien benötigt werden, die auch die anatomischen Verteilungsunterschiede der Nerven berücksichtigen. (10)

Auch die Rolle des autonomen Nervensystems wurde im Zusammenhang mit der Akupunktur untersucht. Es wurden sowohl in vivo als auch in vitro Versuche an Mäusen durchgeführt, um die neurovaskulären Strukturen im Konzeptionsgefäß (Meridian ventral in der Medianen (genauer am KG 4)) nach mechanischer Akupunkturstimulation zu untersuchen. Dafür wurde der Teil des Meridians herauspräpariert und durch den CUBIC-Prozess für die 3D-Bildgebung freigelegt. Bei der CUBIC-Methode handelt es sich um ein Verfahren, welches eine Gewebsreinigung durchführt, um die Proben des Meridians vollständig transparent zu machen. Genauer untersucht wurden die räumlichen Parameter der Gefäße (Dichte, Durchmesser und Verzweigungsdichte). Es konnte eine erhöhte Dichte der sympathischen neurovaskulären

Fasern, mit weniger Verzweigungen als in den Kontrollpunkten, beobachtet werden. Daraus schließen die Forscher, dass die reduzierten Verzweigungen und die erhöhte Dichte der sympathischen neurovaskulären Fasern die strukturelle Grundlage des Akupunkturpunktes sein könnte und dies eine wichtige Rolle des autonomen Nervensystems in der Akupunktur aufzeigt. (11)

Ebenso kamen sie zu der Erkenntnis, dass die Überlappungsverhältnisse zwischen Nerven und Gefäßen am Akupunkturpunkt höher waren als auf Nicht-Akupunkturpunkten. (11) Dies lässt auch eine vaskuläre Komponente vermuten, auf die im weiteren Verlauf, im dazugehörigen Kapitel näher eingegangen wird.

Um den Ansatz des Einflusses des autonomen Nervensystems auf die Akupunktur näher zu definieren wurde 2022 eine weitere Studie durchgeführt. Hier wurde durch die Kompression des vierten Ventrikels die bioelektrische Hautreaktion des autonomen Nervensystems, mit Hilfe eines „Apparatus for Meridian Identification“ (kurz: AMI) gemessen. Dieses AMI misst den, zwischen einem Akupunkturpunkt und einer Maßelektrode, erzeugten Strom. Sie gehen davon aus, dass diese Form der Messung die zuverlässigste ist, da es am stärksten mit der galvanischen Hautreaktion korreliert, und diese ein bekannter Standard für die Reaktion des autonomen Nervensystems sei. Diese Messungen fanden unmittelbar vor und 15 Minuten nach der CV 4-Behandlung statt. (12)

Das AMI ist ein Gerät, das die autonome Nervensystem-Reaktion der Haut misst, indem es die elektrische Leitfähigkeit an bestimmten Akupunkturpunkten bestimmt. Der sogenannte stationäre Strom, der auch als Nachpolarisationsstrom bezeichnet wird, ist am Ende der Polarisation messbar. Dieser Wert korreliert mit der Aktivität des autonomen Nervensystems. (12)

Aus den Messungen geht hervor, dass die mittels AMI gemessene Werte nach der CV 4-Behandlung, signifikant verringert waren. In der Kontrollstudie erhielten die Teilnehmer eine Scheinbehandlung und man konnte dies nicht beobachten. Dies unterstützt die Hypothese, dass das autonome Nervensystem maßgeblich am Akupunktur-Meridian-System beteiligt ist. Weitere Untersuchungen werden nötig sein, um dies zu bestätigen. (12)

Wie auch schon oben erwähnt, gibt es auch einige Hypothesen, die der Akupunktur eine vaskuläre Grundlage zuschreiben. Da die einzelnen Theorien nicht immer klar zu trennen sind, wurden oft themenübergreifende Studien durchgeführt. So auch die folgende – die Forscher wollten beweisen, dass das Nervensystem, die Blutgefäße und die Mastzellen in Verbindung

mit Akupunktur stehen und dass diese miteinander agieren und als ein Ganzes funktionieren. Dazu wurden Ratten in zwei Gruppen eingeteilt – in eine Kontroll- und eine Elektro-Akupunktur-Gruppe. Nachdem die Ratten der Elektro-Akupunktur-Gruppe behandelt wurden, sowie die Ratten der Kontrollgruppe keine Behandlung erfuhren, wurden Gewebeproben von zwei Akupunkturpunkten entnommen und histologisch untersucht. (13)

Es konnte beobachtet werden, dass im Akupunkturpunkt die Mastzellen, Gefäße und Nervenfasern eine sogenannte „space-time composite strip structure“ bilden, sprich sie bilden ein Netzwerk aus, das eine enge und aufeinander bezogene Verbindung hat. Diese Struktur war jedoch nicht nur auf den Punkt beschränkt, sondern dehnte sich auf angrenzende Bereiche aus, die vermutlich als Netz zur Signalweiterleitung dienen. Dies würde die traditionelle Meridiantheorie erklären. Die Autoren dokumentierten, dass vermehrt Mastzellen bei der Elektro-Akupunktur ausgeschüttet wurden und sich diese in den Faszien- bzw. Kanalräumen der Blutgefäße befanden (im Gegensatz zur Kontrollgruppe, die keine Elektroakupunktur erhielt). Ebenso wurde das Volumen der Mastzellen vergrößert, was eine positive Rückkopplung zur Folge hatte, indem sich die Geweberäume ebenso vergrößerten. Diese Räume bildeten den Gewebekanal als Austauschweg zur Signalweiterleitung. (13)

Die Autoren stellten die These auf, dass die Mastzellen, die Gefäße, die Nervenfasern sowie das Immunsystem und endokrine System eine funktionale Einheit bilden, die grundlegend für die Akupunktur ist. Sie nannten diese Einheit „mobiles Zellkommunikations-Websystem“. (13)

Stickstoffmonoxid (kurz: NO) ist möglicherweise eines der wichtigsten Botenmoleküle bei der Akupunktur, ähnlich wie ein Neurotransmitter, mit weitverbreiteten Signalmechanismus und Funktion.(14) NO stimuliert bekannterweise die Freisetzung von Norepinephrin (kurz: NE) aus dem zentralen und peripheren Nervensystem und erhöht dadurch die sympathische Nervenaktivität. (15). Da vermutet wird, dass der NO-Gehalt, an Akupunkturpunkten und entlang der Meridiane erhöht ist, wird daraus geschlossen, dass auch der NE-Gehalt erhöht ist und somit als Botenstoff für die Aktivierung des sympathischen Nervens in den dermalen Neuronen dient und dass auch die Meridiane einer neuronalen Komponente zugrunde liegen könnten. (14, 15)

Um die Hypothese des erhöhten NO-Gehalts zu überprüfen, haben die Forscher mittels elektrischer Stimuli die LHRP identifiziert und anschließend isoliert. Kontrollgewebe wurde aus den Bereichen, nahe dem Meridian, ohne LHRP, entnommen. Die Konzentrationen von Nitrit, Nitrat und der Gesamtgehalt wurden im Hautgewebe, von Hirnkernen und Blutgefäßen

verblindet quantifiziert. Es wurde nicht direkt NO untersucht, da dies eine chemische Labilität besitzt und es durch schnelle Oxidation zu ihren beiden stabilen Metaboliten (Nitrat und Nitrit) umgewandelt wird. Ebenso wurde von den entnommenen Gewebeprobe ein Western-Blot durchgeführt, um die Proteinkonzentration zu analysieren. (14)

Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der Gehalt der NO-Metaboliten, im Hautgewebe, auf den Meridianen durchweg höher war als auf den Kontrollpunkten. Das gleiche Bild zeigte sich auch im Vergleich zu den Gehirnregionen und Blutgefäßen, jedoch war hier der Unterschied nicht signifikant. Durch den Western-Blot konnten gezeigt werden, dass die Proteinspiegel, die für die Freisetzung von NO zuständig sind, in den Hautgeweben auf den Meridianen ebenfalls durchgehend erhöht sind. (14)

Es wurde auch eine nicht invasive Methode zur Ermittlung des NO-Gehaltes entwickelt, die Gesamtkonzentration von Nitrat und Nitrit entlang der Hautoberfläche an den entsprechenden Punkten erfasst und quantifiziert. Dazu wurden die Metaboliten, mit zwei verschiedenen Sammellösungen, die mittels einen auf der Haut fixierten halbkreisförmigen Plastikschlauch Kontakt zur Hautoberfläche hatten, extradermal aufgefangen. Als Sammellösungen wurde Hämoglobin und die neuste NO-fangende Verbindung 2-Phenyl-4,4,5,5-tetramethylimidazolin-1-oxyl-3-oxid (kurz: PTIO) eingesetzt, welches entwickelt wurde, um NO aus biologischem System zu absorbieren. (16)

Auch aus diesen gemessenen Daten geht hervor, dass NO-Gehalte über Akupunkturpunkten und Meridianregionen im Vergleich zu Nicht-Meridian-Regionen erhöht sind. (16)

Um nun auch den Zusammenhang mit NE weiter zu charakterisieren, untersuchten die Forscher die NE-Synthese beziehungsweise deren Freisetzung und Turnover in Akupunkturpunkten im Vergleich zu Nicht-Akupunkturpunkten und Nicht-Meridianen. Ratten wurden in eine Behandlungs- und Kontrollgruppe unterteilt. Um die Meridiane und Akupunkturpunkte zu identifizieren, wurde wie auch schon bei diversen Studien davor der elektrische Hautstrom gemessen. Die Behandlungsgruppe erhielt eine Infusion eines exogenen NO-Donors und eines selektiven Inhibitors der neuronalen NO-Synthese (L-Tyrosin) und wurde anschließend diagnostisch getötet. Hautgewebe- und Blutproben wurden isoliert und mittels Dünnschichtchromatographie untersucht. (15)

Es zeigte sich, dass die Haut-NE-Konzentrationen und NE-Freisetzung in Akupunkturpunkten signifikant höher waren als jene in Nicht-Akupunkturpunkten und Kontrollpunkten außerhalb des Meridians. Ebenso konnte aufgezeigt werden, dass die NE-Freisetzung in den

Akupunkturpunkten durch die Injektion eines NO-Donors erhöht wird, und bei einem selektiven Inhibitor wiederum abgeschwächt wird. Dies lässt darauf schließen, dass ein erhöhter NE-Umsatz bzw. die NE-Synthese durch NO vermittelt wird und dass die noradrenerge Übertragung als Botenstoff für die Aktivierung des sympathischen Nervens in den dermalen Neuronen dient. (15)

## **5.2. Körperflüssigkeitszirkulationstheorien**

In früheren Studien wurde an tierischen Versuchen beschrieben, dass die Injektion von Tracer-Farbstoffen an Akupunkturpunkten zu einer linearen Wanderung des Farbstoffes entlang eines Pfades, der den Akupunkturmeridianen ähnelt, führt. Daraufhin wurde versucht, dieses sogenannte „Tracer-Dye-Phänomen in Menschen zu replizieren. Dazu wurde fluoreszierendes Kontrastmittel am Perikardmeridian in einem Akupunkturpunkt injiziert, um den Verlauf zu beobachten. (5)

Bei ca. 80% der Teilnehmer wurde eine lineare Ausbreitung des Kontrastmittels nach proximal festgestellt. Alle Bahnen befanden sich im gesamten Verlauf in einem Abstand von einem Zentimeter zum definierten Perikardmeridian. Bei der Kontrollgruppe, wo der Farbstoff auf einen Nicht-Akupunkturpunkt injiziert wurde, konnte eine solche Ausbreitung nicht festgestellt werden. (5)

Um die physiologische und anatomische Essenz dieser Zirkulation zu verstehen wurden viele weitere Studien durchgeführt, die im nachfolgenden näher behandelt werden.

### **5.2.1 Vaskuläre und perivaskuläre Theorien**

Die Blutgefäße stehen schon lange im Verdacht, eine mögliche anatomische Grundlage der Meridiane zu sein. So wurde in diversen Studien versucht dies zu beweisen. 2003 stellten Forscher die Hypothese auf, dass der perivaskuläre Raum um die großen Blutgefäße in der Brust- und Bauchwand ein Zwischenraum innerhalb des lockeren Gewebes ist, und dieser als Flüssigkeitsleitung fungiert, durch die die Akupunktur-induzierten Substanzen diffundieren können und somit eine anatomische Interpretation des Meridians sei. (17)

Mittels perivaskuläre Farbstoffinjektion und anschließender Gefrierschnitt-Histologie an Mäusen wurde die Verteilung des Farbstoffes untersucht. Es wurde beobachtet, dass der perivaskulär injizierte Farbstoff sich entlang, jedoch knapp außerhalb der großen Blutgefäße

verteilte und so wurde geschlussfolgert, dass es den Verlauf der Meridiane entsprach. Ebenso konnte in der Histologie festgestellt werden, dass der Farbstoff quer in beiden Richtungen diffundiert und somit ein netzförmiges Aussehen zu Tage legte. Ebenso waren in den Schnitten die Lymphgefäße deutlich zu erkennen, diese enthielten jedoch keine Farbstoffspur. Es lässt sich also darauf schließen, dass der perivaskuläre Raum ein vom Lymphsystem unabhängiger Flüssigkeitsweg ist. (17)

Wie schon bei den neuronalen Theorien kurz beschrieben, zeigte sich nach Untersuchung des LI4 eine gehäufte Verteilung des dorsalen Venenplexus. Dabei ist erwähnenswert, dass bei allen seziierten Händen ein größerer Zweig der Vena cephalica den LI4 kreuzte. Bei der arteriellen Verzweigung zeichnete sich kein einheitliches Verteilungsmuster ab. Den Akupunkturpunkt kreuzten die dorsale Mittelhandarterie und/oder die zweite Arteria metacarpalis palmaris, wobei letztere in 96% der Fälle den LI4 kreuzte. Diese Erkenntnis unterstützt die Hypothese, dass eine vaskuläre Komponente die anatomische Grundlage darstellt. (10)

In weiterer Folge, in der schon oben beschriebene Studie, die mittels fluoreszierender Farbstoffe den Verlauf der Meridiane erforschte, wurden die identifizierten Pfade durch ergänzende Bildgebungstechnik untersucht. Es wurde ein Venenbeleuchtungsgerät verwendet, um zu beurteilen, ob der visualisierte Pfad mit dem oberflächlichen Gefäßsystem ausgerichtet war. Die Autoren stellten fest, dass sich die Venen und Lymphgefäße mit den dargestellten Hauptfluoreszenzlinien nicht überlappten oder zusammenfielen. Dies wurde anschließend noch mittels Ultraschalls bestätigt, jedoch zeigte dieser, dass sich der Weg eng an der der intermuskulären Faszie ausrichtet. (5)

Augenscheinlich ist es nicht einfach die verschiedenen Theorien einzeln zu betrachten. Es gibt auch Theorien, die verschiedene Substrate (nerval und vaskulär) miteinander verbindet. So auch die Gefäß-Nerven-Bündel Theorie die in mehreren Studien geprüft wurde.

Ziel dieser Studie, aus dem Jahr 2019, war es zu klären, ob es makro- und mikroanatomische Substrate von Akupunkturmeridianen gibt. Dazu wurden Leichen präpariert. Die Forscher wollten vaskuläre Nervenbündel, die eine Kombination aus Nerven, Arterien, Venen und Lymphgefäßen sind, an Akupunkturpunkten und somit auch den Verlauf des zugehörigen Meridians identifizieren. Es konnte nur an zwei der 100 ausgewerteten Akupunkturpunkten vaskuläre Nervenbündel gefunden werden, was die Theorie der Gefäß-Nerven-Bündel widerlegt. (2)

Anschließend wurden Gewebeproben des Bereiches, der dem Meridian entsprechen soll, entnommen und diese nach Fixierung und Färbung untersucht. Es konnten keine Unterschiede in der Dichte oder Lage der Nervenfasern zwischen Verum (Meridian) und Placebo festgestellt werden, was ebenso die Theorie widerlegt (2)

Näheres wurde vermehrt der Blutfluss an den Akupunkturpunkten und entlang der Meridiane genauer studiert. Dabei kamen viele verschiedene Ansätze zum Vorschein, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Um die peripheren Wirkungen von Akupunktur zu untersuchen, wurden die Veränderungen der peripheren Durchblutung von Mikroblutgefäßen in der menschlichen Haut gemessen. Dies wurde mittels Laser-Doppler-Perfusionsbildgebung durchgeführt, da diese die Blutperfusion in einem großen Bereich schnell messen kann. (18)

Um Ergebnisse zu erhalten, haben die Forscher vor, während und nach der mechanischen Akupunktur die jeweiligen Akupunkturpunkte und Meridiane gescannt. Ebenso wurde dies auf Nicht-Akupunkturpunkten durchgeführt, um Kontrollwerte zu erhalten. Es konnte eine signifikante Zunahme der Durchblutung während der Akupunktur festgestellt werden. Ebenso erschien diese Steigerung zeitlich sequenziell entlang des Meridians, was eine Wirkung der Akupunktur impliziert. (18)

Diese Wirkung wurde auch in folgender Studie beobachtet. Genau wie davor wurde die Hautdurchblutung nach erfolgter mechanischer Akupunktur, sobald eine deutlich spürbare Reaktion verzeichnet wurde, mittels Laser-Doppler-Durchflussmesser erfasst. Die Forscher fanden heraus, dass sich die Durchblutung deutlich steigerte und dass es einen sichtbaren Höhepunkt des Blutflusses gab, solange ein Schmerzreiz vorhanden war. Um frühere Theorien des Gewebeflusses zu testen, banden die Autoren den Arm mit einem Gummischlauch ab. Sobald der Arm abgebunden war, verlangsamte sich der Blutfluss schnell, obwohl die spürbare Reaktion bei der Nadelung noch vorhanden war. Daher nehmen die Studienverantwortlichen an, dass Meridiane Pfade für Gewebeflüssigkeit sind und Akupunktur die Zirkulation dieser Gewebsflüssigkeiten bewirkt. Ebenso beobachteten die Forscher, dass sich die Hauttemperatur nach erfolgter MA erhöhte. (19)

Auch wurde der Blutfluss in vivo mittels Immunfluoreszenzbildgebung in Echtzeit gemessen. Dazu wurden bei den Mäusen eine mechanische Akupunktur als auch eine Elektroakupunktur durchgeführt. Bei beiden Behandlungen erhöhte sich der Blutfluss am CV4, wobei EA

wirksamer war als MA. An den Nicht-Akupunkturpunkten wurden keine Veränderungen des Blutflusses bemerkt. (11)

In einer weiteren Studie wurde der Blutfluss in der Membrana interossea untersucht. Zuvor wurde in vivo die Struktur des Akupunkturpunktes bzw. des Meridians, nach erfolgter mechanischer Akupunktur, stimuliert bis die Testperson eine spürbare Reaktion wahrnahm, mithilfe des fMRI genauer betrachtet. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich Bindegewebe in der Tiefe um die Nadel herum befindet und dass die Nadelspitze in der Nähe einer interossären Membran ist. Aufgrund dessen Befund, wurde der Blutfluss in der Membrana interossea näher untersucht. (20)

Es wurde ein roter Farbstoff, mittels Formalin fixierter Gliedmaßen sowie in Gliedmaßen, die innerhalb von 24 Stunden nach dem Tod verfügbar waren, in die Arteria brachialis oder die Arteria poplitea injiziert und dessen Verteilung unter dem Mikroskop analysiert. Das Ziel dieser Studie war es die Verteilung der Arterien zu beobachten sowie den Gewebsfluss entlang der Akupunkturmeridiane zu bestimmen. (20)

Bei den in Formalin fixierten Gliedmaßen konnte beobachtet werden, dass die Blutgefäße in die Membrana interossea eindringen, sowie, dass die Arteriolen an den Akupunkturpunkten zusammengeballt erschienen. Wohingegen die Kapillaren der Arteriolen der frischen Gliedmaßen in einem parallelen Muster zutage treten. Diese Kapillaren waren durch Längsräume getrennt. Ebenso wurden sie von ebenso parallel verlaufenden Kollagenfasern und etlichen Mastzellen begleitet. Somit lässt sich sagen, dass es eine eigene parallel geordnete Blutgefäßverteilung unterhalb von Akupunkturpunkten in der Membrana interossea gibt. (20)

Die Forscher stellen die These auf, dass das spürbare Gefühl mit dem Fluss der Gewebsflüssigkeiten in Verbindung steht und dass die parallele Längsverteilung der Kapillaren und des Kollagens die Grundlage dafür bildet. (20)

Bei etlichen Studien zur Untersuchung der vaskulären Theorien wurde ein Zusammenhang mit der intramuskulären Faszie gefunden. (5) Diese werden im späteren Verlauf näher erläutert.

### **5.2.2 Primovaskuläres System**

Das primovaskuläre System (Kurz: PVS) wurde erstmals in den 1960er Jahren beschrieben. Dabei handelt es sich um Primärgefäße (kurz: PVs oder Bonghan-Gängen) die Primärknoten

(kurz: PNs oder Bonghan-Körperchen) miteinander verbinden. Dieses Gewebe wurde in früheren Studien schon an mehreren Stellen beschrieben und es wird ihnen die Grundlage des Akupunkturphänomens zugeschrieben. (21)

Ziel einer 2015 verfassten Studie zu diesem Thema war es die morphologischen Merkmale mutmaßlicher PVs in subkutanen Bauchgewebe von Ratten zu untersuchen, sowie Organoberflächen-PVs zu charakterisieren. Dazu wurden die PVs mittels Hemacolor- und Acridinorange-Färbung in vitro angefärbt und daraufhin unter Zuhilfenahme einer Mikroschere isoliert. Anschließend wurde bei den gefärbten Gewebestück eine Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie, zur Unterscheidung zu Lymphgefäßen und eine Zellzählung, durchgeführt. (21)

Die Forscher konnten eine fadenförmige Struktur, die aus Gefäßen und Knoten besteht, auffinden. Diese Strukturen stimmten nicht mit der typischen Lage von Blutgefäßen überein, woraufhin die Forscher die Hypothese aufstellten, dass es sich bei den subkutanen PVs um eigene Gefäße, die Knotenteile miteinander verbinden, handelt. In dem Hemacolor gefärbten Gewebe zeigte sich, dass die Zellen des subkutanen PVs aus Weißen-Blutkörperchen (kurz: WBC) und Mastzellen (kurz: MC) ähnlichen Zellen zusammengesetzt ist. Dabei unterschied sich die Zellzusammensetzung in den Gefäßen und Knoten voneinander. (21)

Die Zellen der Gefäße waren linear angeordnet, wohingegen im Knoten eine zufällige Verteilung vorherrschte. Bei der Acridinorange-Färbung entdeckte man WBC-Kerne und MC-Kerne. Die Elektronenmikroskopie versuchte die fadenförmige Struktur noch genauer zu beschreiben und fand eine Bündelstruktur von Subduckten, die an der Oberfläche runde Zellen und feine Faserstrukturen aufweist, und sich somit von dem typischen Aufbau von Lymphgefäßen unterscheidet. (21)

Schon in früheren Studien wurde das Vorhandensein von MCs an organspezifischen PVs beschrieben. In dieser Studie zeigte sich, dass die MC-Dichte bei organspezifischen PVs höher war als bei subkutanen PVs, jedoch das Granulationsverhältnis gegenteilig war. Dies stellt die Hypothese auf, dass das subkutanen PVs als empfangendes PVs dient. (21)

Das Verteilungsmuster von subkutanen PVs in der ventralen Mittellinie ist ähnlich dem Verlauf der Meridiane. Es deutet also daraufhin, dass die subkutanen PVs eng mit den Meridianen verbunden ist. (21)

Es kursierte die Hypothese, dass die Primogefäße an den Lymphwänden haften. Die Forscher wollten mit dieser Studie die Theorie beweisen, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass die Primogefäße in der Lymphflüssigkeit schwimmen. (22)

Dazu wurden in vivo und in vitro Versuche an Kaninchen durchgeführt. Eine Alacianblau-Lösung wurde in ein Lymphgefäß, um die kaudale Hohlvene, injiziert – so konnten die Lymphgefäße/Primogefäße in situ sichtbar gemacht werden. Um anschließend diese voneinander zu unterscheiden, wurden die genommenen Gewebeproben fixiert und eine Nuklearfärbung mit Acridinorange und 4',6-Diamidino-2-phenylindol, Dihydrochlorid (kurz: DAPI) durchgeführt. Dadurch konnte festgestellt werden, dass die Probe stäbchenförmige Kerne aufweist, die in Linien angeordnet sind und dadurch eine Röhrenstruktur (Mikrotubusstruktur) in den Lymphgefäßen bilden (die Kerne sind wie Zellen in der Blutendothel ausgerichtet). Die Forscher sahen dies als Beweis ihrer Theorie an. (22)

### 5.3. Faszien- und Bindegewebsstrukturlehre

Wie eingangs erwähnt wurde in diversen Studien zu den vaskulären Theorien ein Zusammenhang mit der intramuskulären Faszie gefunden. (5) So auch bei der Studie über die Gefäß-Nerven-Bündel.

Hierfür wurden Gewebeproben des vermeintlichen Meridians entnommen und diese anschließend nach Fixierung und Färbung untersucht. Dabei konnte Kollagen als morphologisches Substrat der Faszien nachgewiesen werden, sowie ein nahezu übereinstimmender Verlauf wie der, der Meridiane gefunden werden. Dieser Faserverlauf des Kollagens in einer Bindegewebschicht zeigte am Meridian eine Richtungsänderung, welche beim Placebo nicht festgestellt werden konnte. (2)

Es wurden Faszienfraktionen der menschlichen extrazellulären Matrix gefunden, die dem Verlauf des Akupunkturmeridians entsprachen. Dies legt nahe, dass die Faszien das anatomische Substrat der Meridiane sind. Ebenso konnten Teile von Muskeln, Bänder und Sehnen gefunden werden, die ebenfalls dem Meridianverlauf folgten. Da keine Faszie den Verlauf eines ganzen Akupunkturmeridians darstellen konnte, stellen die Forscher die Hypothese auf, dass das Fasziennetzwerk, sowie auch Sehnenverläufe die anatomische Einheit bilden. (2)

Diesen Ansatz bestätigt auch die schon oben beschriebene Studie aus dem Jahr 2021, die mittels Ultraschall bestätigt, dass sich der Weg der Hauptfluoreszenzlinien eng an den der intermuskulären Faszie ausrichtet. (5)

Um die morphologischen Substrate der Meridiane und Akupunkturpunkte näher zu erforschen, wurden Riesennameisenbären sowohl lebend mittels Sonografie, Röntgenanalyse und Impedanzmessung als auch tot mittels Histologie am Blasenmeridian untersucht. Aus der Ultraschallanalyse ging den Forschern zufolge hervor, dass der Hauptbestandteil der untersuchten Punkte Bindegewebe sei. Sie definierten dieses Bindegewebe genauer als intramuskuläre Faszienblätter, ohne dies jedoch beweisen zu können. (23)

Bei der histologischen Analyse der Akupunkturpunkte konnten neurovaskuläre Bündel, bestehend aus Nerven, Arterien und Venen, nahe der Epidermis gefunden wurden. Die Räume zwischen diesen Bündeln war mit lockeren Bindegewebe gefüllt. Die Forscher gingen, aufgrund zuvor durchgeführten Studien, davon aus, dass das reichlich vorhandene Bindegewebe in Zusammenhang mit der Stimulation bei der Akupunktur steht, ohne einen Beweis dafür zu finden. (23)

Auch die folgende Studie aus dem Jahr 2016 untersuchte Wege der Signalübertragung entlang der Meridiane. Um dies weiter aufzuklären haben die Forscher Fische nach Injektion von Alacinblau (Farbstoff) untersucht. Ihnen ist aufgefallen, dass der diffundierte Weg des Alacinblau (die blauen Spuren) den Meridianen der Menschen ähnelte. Trotz der unterschiedlichen Anatomie der beiden, passte die relative anatomische Position der Strukturen überein und konnte somit verglichen werden. Anschließend wurden Querschnitte angefertigt und diese weiter differenziert. (24)

Sie fanden heraus, dass Alacinblau hauptsächlich in bestimmten subkutanen lockeren Bindegewebe, sowie in intermuskulären Septen, Spuren bildete. Kurz gesagt, dass dort extrazelluläre Flüssigkeitswege existieren. In diesen Wegen kann, laut den Forschern, die Signalübertragung durch verschiedene Gradienten stattfinden und somit die Signalkaskade der Akupunktur weitergeleitet werden. Es wird vermutet, dass diese Bahnen, aufgrund ihrer ähnlichen anatomischen Lage, die Essenz der Meridiane sind. (24)

Auch die schon oben beschriebene These, dass der Fluss der Gewebsflüssigkeiten in Verbindung mit der parallelen Längsverteilung der Kapillaren und des Kollagens steht und diese dessen Grundlage bildet unterstützt die Annahme, dass Bindegewebe seinen Teil zur Akupunktur beiträgt. (20)

Seit 1981 wurde in mehreren Studien aufgezeigt, dass durch die subkutane Injektion von niedermolekularen Radiotracer in bestimmten Akupunkturpunkten, lineare Migrationswege entlang der Meridiane existieren. Die Autoren dieser Studie stellten die Hypothese auf, dass die Tracer nur in diese Kanäle eindringen und diffundieren können, wenn das molekulare Gewicht so klein ist, dass die Diffusion freier interstitieller Flüssigkeit stimulieren können. Um dies zu testen injizierten sie paramagnetische Kontrastmittel mit niedrigem molekularem Gewicht intravenös, sowie in mehrere Akupunkturpunkte, und führten anschließend eine Bildgebung mittels MRT-Technik durch. Es konnten Muster von Migrationskanälen gefunden werden, wobei die Verteilung der Kanäle in allen Probanden unterschiedlich war. Interessant ist, dass es sich durch die berechnende Wandergeschwindigkeit nicht um Nervengewebe handeln kann. Es lässt sich jedoch durch die allgemeinen anatomischen und physiologischen Kenntnisse daraus schließen, dass es sich bei den Wanderkanälen des Tracers innerhalb der Subcutis um Bindegewebe handelt. (25)

Eines der wichtigsten Merkmale von Meridianen ist es, dass sie nach der Nadelung noch Akupunktursignale weiterleiten können. Um die oben erwähnten Kanäle zu testen, wurden

diese nach ersten Scans mehrmals punktiert. Die Autoren konnten feststellen, dass sich im Gegensatz zu Blutgefäßen und Lymphgefäßen (wo nach Punktion der Tracer in die Umgebung diffundierte) alle spezifischen Kanäle, die von Akupunkturpunkten stammen nach der Nadelung intakt blieben. (25)

Auch wurde nach Injektion von externen Fiducial-Markern ein fMRI von Akupunkturpunkten und Meridianen durchgeführt. Es wurden Akupunkturpunkte auf Höhe der Taille sowie medial und lateral der unteren Gliedmaße, dem Rumpf sowie des Kopfes untersucht. Es konnte mithilfe von 3D-Darstellung der erhaltenen fMRI-Bilder eine anatomische Beziehung der Akupunkturpunkte mit den muskulo-skelettalen Strukturen des Körpers nachgewiesen werden. (26)

Eine weitere muskuläre Komponente wurde durch folgende Studie untersucht. Ursprüngliches Ziel war es, die schon oben erwähnten Bonghan-Kanäle in der subkutanen Hautschicht von Ratten zu identifizieren. Im Rahmen dieser Studie wurde eine Struktur entdeckt, die von den Forschern fortan als sogenannte Akupunkturmuskeln (auch Muskelmeridian, Muskelgruppe oder Meridian-Muskelgruppe genannt) bezeichnet werden. Diese Akupunkturmuskel wurden nicht in der Bonghan-Theorie erwähnt. (27)

Dabei handelt es sich um Muskelgruppen, die in der Nähe von Meridianen verlaufen. Die Autoren gingen davon aus, dass sie Bonghan-Kanäle finden, nur mit dem Unterschied, dass sie fluoreszierende Nanopartikel (kurz: FNP) einsetzen, um die Ultrastruktur des Kanals zu untersuchen. Nach erfolgter in vivo Visualisierung ergab sich, dass es sich weder um ein Blutgefäß (dies würde rot sein) noch um ein Lymphgefäß handelt (in situ sind Lymphgefäße nicht geradlinig). (27)

An den Stellen des vermeintlichen Akupunkturmuskels wurden Hautproben isoliert und mittels Phasenkontrastmikroskops im Hellfeld- und im Fluoreszenzmodus untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass sich dieser Muskel in der subkutanen Muskelschicht befand, und dass es sich dabei um eine Art neuartige Muskelfaser handelt, die kaum von den umgrenzen Skelettmuskelfasern zu unterscheiden war. Die Eigenschaften dieser Akupunkturmuskeln, die sie von den Skelettmuskelfasern unterscheiden lässt waren wie folgt: Sie hatten ein Lumen, welches kollabierte. Dieses konnte nur aufgrund der Fluoreszenz der Nanopartikel detektiert werden. Um die Ultrastruktur weiter zu definieren wurde ein Transmissionselektronenmikroskop (kurz: TEM) verwendet. Dabei stellte sich heraus, dass

sich diese „neuartigen Muskelfasern“ deutlich von der Quergestreiften umliegenden Muskulatur unterscheiden. (27)

Genauer zeigte sich, dass der Akukanal ein Lumen hatte und die Myofibrillen keine ausgeprägten Z-Linien aufzeigten. Die Teile, die keine Myofibrillen oder Sarkomere aufwiesen, bestanden aus dünnen Filamenten und zahlreichen fusiformen Verdichtungen und der Kern zeigte ähnliche Eigenschaften des Endstadiums der Mitose (27)

Somit wiesen diese Akupunkturmuskeln alle Merkmale von wachsenden, undifferenzierten Muskelfasern auf. Die Studienautoren stellten die These auf, dass es sich bei den gefundenen Strukturen, um eine eigenständige Struktur handelt, in der ein Flüssigkeitsfluss herrscht, und dass diese Entdeckung ein Durchbruch in der Erforschung der Essenz der Meridiane ist. (27)

In vielen verschiedenen Studien wird der Bindegewebsgehalt von Akupunkturpunkten in Kombination mit der elektrischen Leitfähigkeit, genauer gesagt der Impedanz, untersucht. Hautimpedanz ist der Widerstand der Haut gegen den Stromfluss. (28) Da sich diese beiden Bereiche nur schwer voneinander trennen lassen, werden diese gemeinsam abgehandelt.

Einige Autoren haben die Theorie aufgestellt, dass der Kollagengehalt des Bindegewebes entscheidend für die elektrische Leitfähigkeit ist und es dadurch als Medium zur elektrischen Kommunikation bei der Akupunktur dient. Um dies zu beweisen, stellten die Autoren dieser Studie die Hypothese auf, dass die elektrische Impedanz entlang zweier Meridiane, die mit losen Bindegewebeebenen assoziiert sind, niedriger ist als an Nicht-Meridianen. (29)

Es wurde eine Vier-Elektroden-Methode (wobei vergoldete Akupunkturnadeln als Elektroden verwendet wurden) angewandt, um die Impedanz entlang von Segmenten des Perikard- und Milzmeridians zu messen. Um diese Segmente zu bestimmen, wurde eine Ultraschalluntersuchung durchgeführt, um in der richtigen Bindegewebeebene zu landen (Zwischen Muskeln oder zwischen Muskeln und Knochen) Ebenso wurde für jeden Meridian auch ein Kontrollsegment unweit dessen untersucht. Anschließend wurde Strom in drei verschiedenen Amplituden in die äußeren Nadeln geleitet und die Spannung der Inneren zwei Nadeln gemessen. Es stellte sich heraus, dass die Gewebsimpedanz entlang des Perikard-Meridians statistisch signifikant niedriger war als im Vergleich zum Kontrollsegment. Jedoch konnte diese Signifikanz beim Milz-Meridian nicht beobachtet werden. Bei der Ultraschalluntersuchung war die Bindegewebeebene beim Perikard-Meridian schon deutlicher definiert als beim Milz-Meridian. Ebenso deutet die Untersuchung darauf hin, dass der fehlende Unterschied am Milzmeridian darauf zurückzuführen ist, dass sowohl Kontroll- als

auch Meridiannadel das Bindegewebe durchdrungen haben, und dass die Gewebeimpedanz durch Nadelpenetration des Bindegewebes immer beeinflusst wird, egal ob Meridian assoziiert oder nicht. (29)

Nach demselben Prinzip wurde bei folgender Studie verfahren. Es wurde die elektrische Impedanz der Haut und des darunter liegenden Bindegewebes mit einer Vier-Nadel-Elektrode an drei Punkten (Leber-, Dickdarm und Blasenmeridian) mit einem jeweiligen Kontrollpunkt gemessen. Anschließend wurde ebenso eine Ultraschalluntersuchung an den jeweiligen Stellen durchgeführt, um die anatomischen Merkmale zu charakterisieren. (30)

Nur beim Dickdarmmeridian konnte eine signifikante Abnahme der Impedanz im Vergleich zum Kontrollpunkt gemessen werden. Bei den beiden anderen Punkten konnte diese Abnahmen auch beobachtet werden, jedoch waren die Werte statistisch nicht signifikant. Bei den Ultraschallmessungen konnte festgestellt werden, dass größere subkutane echogene Dichten, signifikant mit den reduzierten Impedanzen korrelieren. Dies konnte sowohl bei Analysen innerhalb des Standortes (Meridian und benachbarte Kontrolle) als auch zwischen den Standorten (den drei Meridianen) beobachtet werden. (30)

Die Forscher vermuten, dass diese subkutanen echogenen Strukturen Kollagenfasern darstellen und dass diese für die Impedanz verantwortlich sind. Dabei stützen sie sich auf Studien, die diese Vermutung auch hatten, jedoch nicht vollständig beweisen konnten. Der Zusammenhang von Kollagen mit der niedrigen Impedanz muss noch weiter untersucht werden. (30)

#### **5.4. Biologisches Feld- (oder Energie-) Lehre**

Es wird vermutet, dass bei der Akupunktur ein Materialtransport sowie eine Informationsübertragung stattfindet und dass diese Übertragung Energie verbraucht. Daher wird gefolgert, dass der Energiestoffwechsel in Meridiangeweben hoch sein muss. Es gibt etliche Studien, die auf einen Energiestoffwechsel entlang der Meridiane hinweisen. (31) Auf diese wird im Folgenden näher eingegangen.

##### **5.4.1 Elektrische Signale und Leitfähigkeit**

Es ist eine weit verbreitete Theorie, dass Akupunkturpunkte und Meridiane eine einzigartige elektrische Eigenschaft haben, die schon in vielen Studien beschrieben wurde. Jedoch waren diese Studien von einer Vielzahl von Faktoren begrenzt, was dazu führte, dass die Ergebnisse umstritten sind. (29)

Wie auch schon vorhergehend beschrieben, wurde in Studien eine niedrigere Impedanz an den Akupunkturpunkten als an den Kontrollpunkten vorgefunden. (29, 30). Dies wurde auch bei weiteren Studien als Nebenbefund in Erkenntnis gebracht, jedoch wurde an der hier erwähnten ein willkürlicher Zufallspunkt als Kontrolle genommen (23)

Die Annahme konnte jedoch mit folgender Studie widerlegt werden. Im Gegensatz zu den Studien davor wurde diese verblindet, jedoch mit einem konstantem Sondendruck, durchgeführt. Es wurden 3 Akupunkturpunkte, mit jeweils 2 nahe gelegenen Kontrollpunkten mittels zwei Systemen gemessen – mit stationärem Wechselstrom und mit Gleichstrom. Die beiden Kontrollpunkte wurden so gewählt, dass eine Stelle auf dem zugehörigen Meridian und die andere außerhalb des Meridians liegt. Somit wollten die Autoren gleich 3 Hypothesen testen: (28)

1. Die Impedanz am Akupunkturpunkt ist niedriger als bei den Kontrollpunkten (28)
2. Die Impedanz auf dem Kontrollpunkt des zugehörigen Meridians ist niedriger als außerhalb des Meridians (28)
3. Die mittlere Hautimpedanz wird durch wiederholte Messungen nicht beeinflusst. (28)

Hier konnte, keine signifikant niedrigere Impedanz am Akupunkturpunkt nachgewiesen werden. Ebenso konnte dies nicht im Vergleich der Kontrollpunkte gemessen werden. Jedoch gab es einen signifikanten Trend einer zunehmenden Impedanz bei wiederholten Messungen. (28)

Um sich die Ergebnisse aus früheren Studien zu erklären, vermuteten die Autoren eine Reihe von Fehlern wie zum Beispiel bei den Messungen, eine ungenaue Position von Akupunktur- und Nicht-Akupunkturpunkten oder dem Zustand der Haut. (28)

Schon in einigen Studien wurde die elektrische Leitfähigkeit von Akupunkturmeridianen und -punkten beschrieben, jedoch hatte jede ihre Schwäche. (32)

Um die elektrische Energie und deren Eigenschaften an den Akupunkturpunkten zu verstehen, wollten die Autoren dieser Arbeit das elektrische Potential an Akupunktur- und Nicht-Akupunkturpunkten messen. Dazu wurde für jeden der zwölf Meridiane das Potential an fünf Akupunkturpunkten sowie an drei Nicht-Akupunkturpunkten mittels Elektroden ermittelt. Bei jedem Probanden wurde in zufälliger Reihenfolge ein „Nicht-Stimulations“- als auch ein „Stimulations“-Experiment durchgeführt. Die Messungen wurden anschließend auf Veränderungen der Biopotentialvariabilität untersucht. Dabei konnte beobachtet werden, dass die Variabilität nach der erfolgten Stimulation an allen fünf Akupunkturpunkten der zwölf Meridiane deutlich erhöht war. Ebenso wurde das Potential zwischen den Akupunktur- und Nicht-Akupunkturpunkten miteinander verglichen. Die Forscher leiteten aus ihren Ergebnissen ab, dass das Biopotential am Akupunkturpunkt allgemein niedriger ist als an einem Nicht-Akupunkturpunkt sowie, dass bei erfolgter Stimulation die Änderungen um ein vieles größer waren als bei Nicht-Stimulation. Die Forscher sahen diese Studie als Beweis dafür, dass das elektrische Potential als Grundlage zur Forschung des Qi-Flusses und somit der Meridiantheorie dienen kann. (33)

Auch bei dieser Studie wurde die Veränderung des elektrischen Potentials mittels invasiver Elektroden (Nadeln) und Krokodilklemmen nach erfolgter therapeutischer Stimulation untersucht. Dabei kamen Anwendung wie die Moxibustion oder mechanische Nadelung zum Einsatz. Die Forscher konnten feststellen, dass es zu einem Abfall des Potentials am Akupunkturpunkt, der genadelt wurde, kam, jedoch zu einem Anstieg des Potentials bei einem anderen Akupunkturpunkt. Diese entgegengesetzten elektrischen Tendenzen, stützen laut Autoren die sogenannte „Theorie der gekoppelten Meridiane“. Dabei stellten sie die Hypothese auf, dass das Punktieren eines einzelnen Akupunkturpunktes eine angeborene elektrophysiologische Reflexreaktion auslöst, die nicht nur an diesem Punkt wirkt, sondern auch auf andere. Dies müsste jedoch noch wie in vielen Fällen weiter erforscht werden, da es keine signifikanten Beweise für diese Theorie gibt. (34)

Wie schon öfter beschrieben wurde auch in folgender Studie mittels Sonden das elektrische Potential gemessen. Die erhaltenen Werte haben die Forscher anschließend mit jenen eines Elektrokardiogrammes (kurz: EKG) verglichen und eine vermeintliche Beziehung der beiden Potentiale entdeckt. Aufgrund dessen sind sie der Meinung, dass das elektrische Potential entlang der Meridiane die gleichen Eigenschaften haben wie EKG-Signale bzw. dass die abgeleiteten Signale der Meridiane und die des EKG die gleichen sind. (35)

2021 wurde eine neuartige Methodik entwickelt, um die Signale der elektrischen Leitfähigkeit besser zu qualifizieren. Dazu werden zuerst Rohsignale von Akupunkturpunkten und Nicht-Akupunkturpunkten gesammelt und anschließend entrauscht. Nachfolgend wurden sogenannte „traditionelle und Wavelet-Merkmale“ extrahiert. Die Autoren definieren traditionelle Merkmale als Gesamtcharakteristika der Signale, wohingegen sie die Wavelet-Merkmale als lokale Charakteristika verschiedener Teilbandsignale beschreiben. Die Kombination der Unterscheidung dieser beider Merkmale kann laut den Autoren den regelmäßigen Unterschied zwischen den Akupunkturpunkten und Nicht-Akupunkturpunkten umfassender beschreiben und somit die Klassifizierung von beiden effektiv verbessern. (32)

Ein weiterer Ansatz zur Erklärung des Meridianphänomens war die Messung von Hochfrequenz-Elektrizität/Energie (36) sowie von extrem niederfrequente elektrische Energie. (37)

Mittels Nadeln als Elektroden wurde hier die Art und Weise untersucht, wie extrem niederfrequente elektrische Energie durch Meridiane und Nicht-Meridian-Gewebe transportiert wird. Dem Anschein nach zeigten die Daten ein statistisch signifikantes Ergebnis, dass elektrische Energie bei niederfrequenten Frequenzen, im Vergleich zum Kontrollgewebe, effizienter durch den Meridian wandert. Sie stellten die Hypothese auf, dass die Anordnung der gestapelten parallelen Zellschichten des Meridians gleichmäßiger ist und somit eine effizientere und höhere effektive Leitfähigkeit hat, jedoch gibt es keine Beweise dafür. (37)

Bei der Untersuchung von Hochfrequenz-Elektrizität wurde mittels Spektrumanalysator eine Messung an den Akupunkturpunkten vorgenommen. Die Autoren meinten festzustellen, dass jeder Meridian eine eigene Frequenzspektrumcharakteristik aufweist, und dass die Eigenschaften dieser Elektrizität (Wellenform, Frequenzspektrum) für jeden Meridian unterschiedlich sind. Deshalb glaubten sie die verschiedenen Meridiane durch die Messungen unterscheiden zu können. (36)

Ebenso kam bei ihren Messungen heraus, dass die organnahen Spektren eine höhere Intensität hatten als die organfernen. Die Forscher nahmen deshalb an, einen Meridianfluss bewiesen zu haben, der aufgrund der Spektralintensitäten aus dem entsprechenden Organ stammt und nach den Merkmalen der Übertragungsleitungstheorie in der Elektrotechnik übertragen wird, sprich die Signalwellenform wird schwächer, je weiter sie sich von der Quelle entfernt. Die Autoren sahen ihre Studie als Beweis für die Existenz der Meridiane an. (36)

Laut einer Hypothese wird die Elektrizität in den Meridianen hauptsächlich durch Ionen weitergeleitet. (38). Diese sogenannte Theorie des isothermen transienten Ionenstroms lässt die Forscher glauben, dass die Übertragung der Meridiannachrichten mit der Ionenleitung zusammenhängen kann und dass die induzierte Bewegung dieser Ionen durch Akupunktur bzw. Elektroakupunktur zu Drift- und Diffusionsströmen in den Meridianen führt. (1)

Um diese Theorie zu beweisen, wurde sowohl Fern- als auch Nah-Elektroakupunktur durchgeführt. Diese beiden unterscheiden sich darin, dass bei der Fern-Elektroakupunktur die elektrischen Signale von den Gliedmaßen zum Körper gehen, bei der Nah-Elektroakupunktur ist dies entgegengesetzt. Ebenso verwendeten die Forscher sowohl Wechselstrom als auch Impulse mit vier Frequenzen und ermittelten anschließend den Antwortstrom. Dabei konnten sie beobachten, dass zu Beginn der Strom stark ansteigt dieser jedoch allmählich abnimmt und dass er nach Überschreiten des Spitzenmaximalwertes in Sättigung geht. Dies korreliert mit der Theorie des isothermen transienten Ionenstroms. Die Theorie besagt im genaueren, dass sich Anionen und Kationen durch das elektrische Feld zu beiden Seiten des Kanals bewegen, was zu einer Erhöhung des Stromes führt. Wenn sich an beiden Seiten des Kanals Ionen ansammeln, nimmt der Strom aufgrund der Barriere von der Raumladung allmählich ab. (1)

Genau dieses Phänomen konnten die Forscher bei ihren Messungen beobachten. Zuerst haben die Autoren diese Messungen nur an einem Meridian durchgeführt, haben diese jedoch auf alle zwölf erweitert und konnten ihre Ergebnisse reproduzieren. Ebenso sagen sie, dass ihre Ergebnisse der Theorie der Zirkulation von Körperflüssigkeiten ähnelt, die besagt, dass Meridiane aus Ionen und Neurotransmitter bestehen. (1)

Eine Studie, die diese Theorie weiter bekräftigt, wurde 2022 veröffentlicht. Dabei wurde jedoch objektiv die physikalische Eigenschaft von Meridianen untersucht. Genauer gesagt wurde, um die Fließrichtung der Meridiane zu erforschen, der Reaktionsstrom von elektrischer Stimulation untersucht. Dazu wurde Elektroakupunktur durchgeführt und anschließend der Antwortstrom

abgelesen. Korrelierte der Ionenfluss mit der Richtung des Meridians (wie in vielen alten Lehrbüchern beschrieben), so verstärkte sich die Intensität, ansonsten wurde dieser ausgeglichen. Dieses Phänomen konnte nachgewiesen werden, was die Theorie des isothermen transienten Ionenstroms weiter bekräftigt. (38)

#### **5.4.2 Infrarotstrahlungen, Thermografie und fotografische Messungen**

Bis heute haben sich nur wenige nicht-invasive Studien im Bereich der Meridianforschung etabliert. (39) Eine der wenigen Methoden ist die Messung von infraroten Wellenlängenbereichen mittels Infrarot-Kameras nach erfolgter mechanischer oder elektrischer Akupunktur. (40)

Es konnten vermeintlich der gesamte Magenmeridian sowie Teile des Milzmeridians bildlich dokumentiert werden. Diese offenbarten Meridiane zeigten eine Übereinstimmung mit Bildern der bekannten traditionellen Meridianbilder. Ihr Hauptargument dafür ist die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. (41)

Diese Annahme konnte jedoch widerlegt werden. Es konnten nach erfolgter Stimulation keine meridianähnlichen Strukturen sichtbar gemacht und generalisiert betrachtet werden. Die Forscher konnten dabei nur technische Artefakte darstellen, und nicht wie in anderen Studien beschrieben meridianähnliche Strukturen. Sie meinten ebenfalls, dass die visuelle Darstellung von energetischen Bahnen nach heutigem Stand der Technik durch Thermografie nicht möglich ist. (40)

Im Bereich der Erforschung von physikalischen Eigenschaften der Akupunkturmeridianen wurde 2006 das Konzept „Meridian optics“ vorgestellt, da die optische Diagnosetechnologie eine immer größere Rolle in der Medizin darstellt. Vor allem mit dem Fortschritt in Laser-, Optik- und Informationstechnologie sind neue Techniken entstanden, um biologische und medizinische Informationen zu sammeln und zu analysieren. Daraus leitet sich diese schon oben genannte „Meridian optics“ ab. (39)

Wie in Abbildung 1 dargestellt, kann man die Optik der Meridiane in drei, nach Detektionsverfahren sortierte, Gruppen einteilen: Radiometrie, Lichtdosimetrie und Spektroskopie. Die jeweiligen Gruppen können ebenfalls noch weiter unterteilt werden. (39)

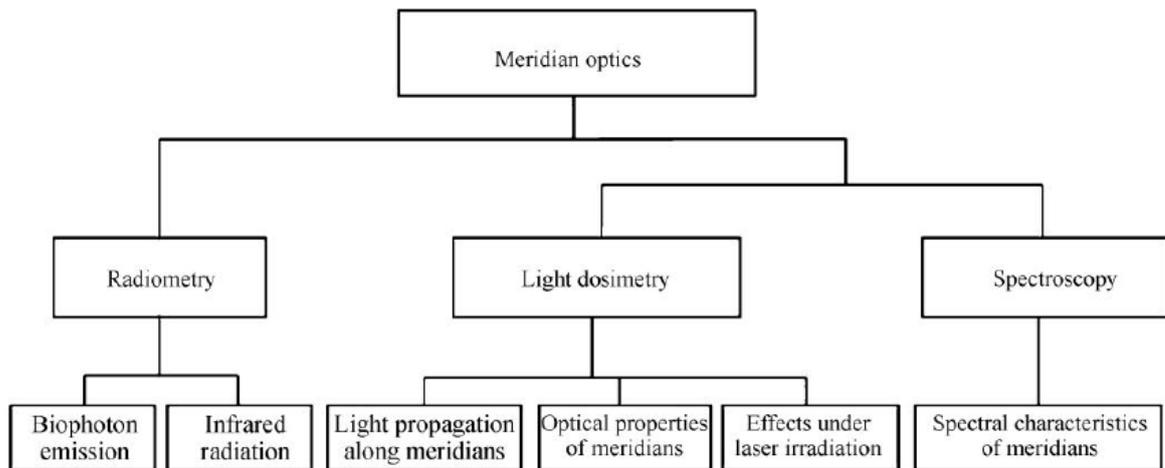


Abbildung 1: Übersicht Detektionsverfahren der Meridian Optics (39)

Um das neue Konzept der „Meridian optics“ zu testen führten die Forscher mehrere experimentelle Studien durch. Zuerst wurde die Eigenschaft des Lichtes, das sich entlang des Meridians ausbreitet, untersucht. Dazu wurden Akupunkturpunkte und Nicht-Akupunkturpunkte durch Laserbestrahlung stimuliert und anschließend durch Detektionssonden die Lichtsignale gemessen. Es konnte festgestellt werden, dass die Lichtausbreitung in dem Meridian signifikant höher war als an den Kontrollpunkten. Ebenso wurde das Licht entlang des Meridians nicht so stark gedämpft wie in Nichtmeridianrichtung. (39)

Die Zweite experimentelle Studie, die durchgeführt wurde, ist die Analyse von Infrarotstrahlungseigenschaften von Meridianen. Dazu wurden, mittels Infrarot-Wärmebildgerät, Körper zu verschiedenen Tageszeiten gescannt und analysiert, ohne jedoch zuvor stimuliert zu werden. Die Forscher konnten die Meridiane unter natürlichen Bedingungen sichtbar machen, sowie feststellen, dass die Strahlung mit der Tageszeit korreliert. Dies würde beweisen, dass die Infrarotstrahlung entlang der Meridiane ein normales, lebenswichtiges physiologisches Phänomen ist, das in Menschen existiert. (39)

Um diese Methodik zu etablieren, müssen noch weitere Details dazu untersucht werden. (39)

Früher wurde schon des Öfteren von sogenannten Meridianphänomen, im Verlauf eines Meridians nach der Akupunktur, berichtet. Das Meridianphänomen ist eine sichtbare Erscheinungsform von Meridianen, die sich als Veränderungen der Hautfarbe, sowie durch Bildung von Bläschen und Papeln zeigen kann. Kurz gesagt sind es Veränderung, die mit dem bloßen Auge sichtbar sind. In dieser Studie wurde an 1200 Probanden mechanische

Akupunktur durchgeführt, und fotodokumentieren anschließend die Meridianphänomene. Die Beobachtungen wurden anschließend mit einem Standard-Referenzatlas klassischer Akupunkturkanäle verglichen. Nur bei zehn von den 1200 geprobten Menschen wurde ein solches visuelles Bild beobachtet. Jedoch stimmte bei neun der zehn positiven Proben die Linien mit der Lage der klassischen Meridiane überein. Es konnte keine fundierte Erklärung für ein solches Phänomen gefunden werden und es wurden nur Vermutungen und Theorien aufgestellt. (42)

### **5.4.3 niedriger hydraulischer Widerstand**

Die „Hypothese mit niedrigem hydraulischem Widerstand für Akupunkturmeridiane“ beschreibt eine höhere Strömungsrate beziehungsweise höhere Strömungsgeschwindigkeit von interstitieller Flüssigkeit entlang eines Pfades mit einem geringen hydraulischen Widerstand. Dabei wird angenommen das es sich bei der interstitiellen Flüssigkeit um das sogenannte Qi handelt. (43)

Um solche Kanäle zu finden haben die Forscher invasive Versuche an Minischweinen durchgeführt um den interstitiellen Flüssigkeitsdruck, innerhalb der zuvor durch Impedanzmessung gefundenen Meridiane, zu messen. Dabei konnten offenbar sogenannte Punkte mit niedrigstem hydraulischem Widerstand (kurz: LHRP) gefunden werden, der mit dem Ort der Niedrigimpedanzpunkte korrelierte. Anschließend injizierten die Forscher Alacinblau und Isotope in die vermeintlichen LHRP und konnten diese und deren Verlauf durch Präparation und Isotopenwanderung identifizieren. Die Autoren sahen diese Studie als erste physiologische Erklärung der Meridiane an. (43)

Aufbauend auf dieser Studie, analysierten die Forscher die differentielle Proteinexpression des subkutanen Bindegewebes zwischen den, durch Alacinblau gefundenen LHRP entlang des Konzeptionsgefäßes und dem angrenzenden Nichtmeridianbereich. Ziel war es eine materielle Grundlage zu finden und die biologische Funktion der Meridiane zu untersuchen. Dazu wurde aus Ratten Bindegewebe entlang des Empfängnisgefäßes als auch des Kontrollgewebes (angrenzender Nichtmeridian) extrahiert und anschließend, mittels diverserer analytischer Verfahren untersucht. (31)

Dabei konnten sie feststellen, dass Proteine, die im Zusammenhang mit dem Adenosintriphosphat (kurz: ATP)-Metabolismus, der Redoxreaktion sowie mit dem Transport von Calciumionen durch die Membran stehen, in den Geweben unterschiedlich exprimiert

werden. In den Konzeptionsgefäß wurde die Expression hochreguliert, was bei dem Kontrollgewebe nicht beobachtet werden konnte. (31)

Es wird daher gefolgert, dass der Energiestoffwechsel von den vermeintlichen Meridiangeweben erhöht sein muss, da die gefundenen Proteine im direkten Zusammenhang mit dem Stoffwechsel der Energiegewinnung stehen. Grundlage dessen ist laut Forschern, dass der Materialtransport sowie die Informationsübertragung Energie verbrauchen. Natürlich muss diese Vermutung durch Folgestudien weiter untersucht werden. (31)

## 6 Diskussion

Das Ziel dieser Arbeit ist es, darzulegen ob bis heute eine valide Theorie, um die Essenz der Meridiane, bestätigt werden konnte. Dazu wurde eine systematische Literatursuche durchgeführt und die verwendeten Studien klassifiziert.

Ein großes Problem bei dieser Arbeit war, dass ein Großteil der verfügbaren Studien nicht in englischer oder deutscher Sprache verfasst waren. Akupunktur wird schon seit Jahren im asiatischen Raum praktiziert, hat aber erst in den letzten Jahren ihren Aufschwung in der westlichen Medizin und dessen Wissenschaft erhalten. (44) Daraus hat sich ergeben, dass man zu vielen der östlichen Studien keinen Zugang hat, oder dass diese in einer anderen Sprache verfasst wurden und somit nicht aufgenommen werden konnten in die Arbeit.

Ebenso konnte kaum Literatur gefunden werden, die vor dem Jahre 2002 publiziert wurde.

Generell hatten die Studien ein nur geringes Evidenzlevel. Aufgrund von der oben beschriebenen Kategorisierung ist ersichtlich, dass nur eine von den über 40 Studien der Gold-Stufe entsprach wohingegen 22 die Stufe Bronze und 18 die Stufe Silber erhielten. Großteils dafür verantwortlich war eine zu geringe Stichprobengröße und keine durchgeführten Kontrollstudien.

Auch wurde in allen Studien geschrieben, dass die jeweiligen Bereiche der Forschung noch weiter untersucht werden müssen, was bestätigt, dass kaum wissenschaftliche valide Daten zum Thema Meridianforschung daliegen. Es lassen sich nur Vermutungen und Meinungen über die bestimmten Theorien aufstellen, bestätigt wurde bis dato jedoch noch keine.

Die derzeit vielleicht vielversprechendste Theorie, die auch im Zentrum der Forschung steht, ist die Faszienetzwerk-Hypothese. Diese wird sowohl durch anatomische sowie histologisch gefundene Korrelate gestützt. (3)

Wie im obigen Kapitel beschrieben, wurden Faszienfraktionen der menschlichen extrazellulären Matrix gefunden, die den, Verlauf der Akupunkturmeridiane entsprachen. Da jedoch keine Faszie den gesamten Verlauf der Meridiane abdeckt, wurde daraus geschlossen, dass es sich um ein Faszienetzwerk handeln muss. (2) Dieser Ansatz der morphologischen Grundlage wurde durch eine Bildgebungsstudie aus dem Jahr 2021 gestützt. (5)

Auch dank diversen histologischen Untersuchungen kann diese Theorie weiters unterstützt werden, da herausgefunden werden konnte, dass der Hauptbestandteil der untersuchten Gewebeproben, entlang der Meridiane, Bindegewebe sei. (23) Ebenso könnte dieses

Bindegewebe als Weg der Signalübertragung dienen und somit erklären, wie die Akupunktursignale im Körper weitergeleitet werden können. (24)

Auch wenn diese Theorien noch nicht endgültig bestätigt wurde, ist sie doch ein guter Ansatz für die zukünftige Forschung, da die Verteilung des Faszienbindegewebes im ganzen Körper, das Vorhandensein von Akupunkturpunkten in jedem Körperteil ermöglicht. (3)

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bis heute keine Essenz der Meridiane bestätigt werden konnte. Aus der Literaturanalyse geht hervor, dass es schwer ist, die einzelnen Theorien und Bereiche voneinander zu trennen, was einen schlussfolgern lässt, dass vermutlich keine einzelne Theorie das Phänomen der Meridiane beschreiben kann.

## 7 Abkürzungsverzeichnis

TCM.....	traditionell chinesische Medizin
BL67.....	Akupunkturpunkt Blase 67
ZNS.....	zentrales Nervensystem
LI4.....	Akupunkturpunkt Dickdarm 4
NO.....	Stickstoffmonoxid
PTIO .....	2-Phenyl-4,4,5,5-tetramethylimidazolin-1-oxyl-3-oxid
NE .....	Norepinephrin
WHO .....	World Health Organisation
KG4 .....	Konzeptionsgefäß 4
AMI .....	Apparatus for Meridian Identification
PVS.....	primovaskuläres System
PVs.....	Primärgefäße
PNs.....	Primärknoten
WBC.....	Weißer-Blutkörperchen
MC .....	Mastzellen
EKG .....	Elektrokardiogramm
LHRP .....	Punkte mit niedrigstem hydraulischen Widerstand
ATP .....	Adenosintriphosphat

**8 Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Übersicht Detektionsverfahren der Meridian Optics (34) .....	30
---	----

## 9 Literaturverzeichnis

1. Hung Y-C, Chen W-C, Chang T-C, Zheng H-X, Liu Y-W, Tan Y-F et al. Meridian study on the response current affected by electrical pulse and acupuncture. *Nanoscale Res Lett* 2020; 15(1):146.
2. Maurer N, Nissel H, Egerbacher M, Gornik E, Schuller P, Traxler H. Anatomical Evidence of Acupuncture Meridians in the Human Extracellular Matrix: Results from a Macroscopic and Microscopic Interdisciplinary Multicentre Study on Human Corpses. *Evid Based Complement Alternat Med* 2019; 2019:6976892.
3. Bai Y, Wang J, Wu J-P, Dai J-X, Sha O, Tai Wai Yew D et al. Review of evidence suggesting that the fascia network could be the anatomical basis for acupoints and meridians in the human body. *Evid Based Complement Alternat Med* 2011; 2011:260510.
4. Chang S. The meridian system and mechanism of acupuncture-a comparative review. Part 1: the meridian system. *Taiwan J Obstet Gynecol* 2012; 51(4):506–14.
5. Li T, Tang BQ, Zhang W-B, Zhao M, Hu Q, Ahn A. In Vivo Visualization of the Pericardium Meridian with Fluorescent Dyes. *Evid Based Complement Alternat Med* 2021; 2021:5581227.
6. Maxwell L, Santesso N, Tugwell PS, Wells GA, Judd M, Buchbinder R. Method guidelines for Cochrane Musculoskeletal Group systematic reviews. *J Rheumatol* 2006; 33(11):2304–11.
7. Cho ZH, Chung SC, Jones JP, Park JB, Park HJ, Lee HJ et al. New findings of the correlation between acupoints and corresponding brain cortices using functional MRI. *Proc Natl Acad Sci U S A* 1998; 95(5):2670–3.
8. Dorsher PT. Neuroembryology of the Acupuncture Principal Meridians: Part 1. The Extremities. *Med Acupunct* 2017; 29(1):10–9.
9. Dorsher PT. Neuroembryology of the Acupuncture Principal Meridians: Part 2. The Trunk. *Med Acupunct* 2017; 29(2):77–86.
10. Casey GP. Anatomical characterization of acupoint large intestine 4. *Anat Rec (Hoboken)* 2022; 305(1):144–55.
11. Hu W, Chen J, Sun C, Tong X, Lu W, Ju Z et al. Spatial topological analysis of sympathetic neurovascular characteristic of acupoints in Ren meridian using advanced tissue-clearing and near infrared II imaging. *Comput Struct Biotechnol J* 2021; 19:2236–45.

12. Hendryx JT, Kannan A, Prashad J, Falk K. Connecting the dots: alterations in bioelectric activity at acupuncture Ting (Jing-Well) points following CV4 cranial manipulation. *J Osteopath Med* 2023; 123(3):151–8.
13. Mingfu L, Xiaotong D, Xiaojing S, Jin J, Jinling Z, Ying H. Study on the dynamic compound structure composed of mast cells, blood vessels, and nerves in rat acupoint. *Evid Based Complement Alternat Med* 2013; 2013:160651.
14. Ma S-X. Enhanced nitric oxide concentrations and expression of nitric oxide synthase in acupuncture points/meridians. *J Altern Complement Med* 2003; 9(2):207–15.
15. Chen J-X, Ibe BO, Ma S-X. Nitric oxide modulation of norepinephrine production in acupuncture points. *Life Sci* 2006; 79(23):2157–64.
16. Ma S-X, Li X-Y, Sakurai T, Pandjaitan M. Evidence of enhanced non-enzymatic generation of nitric oxide on the skin surface of acupuncture points: An innovative approach in humans. *Nitric Oxide* 2007; 17(2):60–8.
17. Ma W, Tong H, Xu W, Hu J, Liu N, Li H et al. Perivascular space: possible anatomical substrate for the meridian. *J Altern Complement Med* 2003; 9(6):851–9.
18. Zhang W-B, Wang L, Huang T, Tian Y, Xu Y, Wang L et al. Laser Doppler Perfusion Imaging for Assessment of Skin Blood Perfusion After Acupuncture. *Med Acupunct* 2008; 20(2):109–18.
19. Kuo T-C, Chen Y-J, Kuo H-Y, Chan C-F. Blood Flow Effect of Acupuncture on the Human Meridian. *Med Acupunct* 2010; 22(1):33–40.
20. Di Zhang, Yao W, Ding G, Yang J, Schwarz W, Fei L et al. A Fluid Mechanics Model of Tissue Fluid Flow in Limb Connective Tissue—A Mechanism of Acupuncture Signal Transmission. *J Hydrodyn* 2009; 21(5):675–84.
21. Lim CJ, Lee SY, Ryu PD. Identification of Primo-Vascular System in Abdominal Subcutaneous Tissue Layer of Rats. *Evid Based Complement Alternat Med* 2015; 2015:751937.
22. Noh Y-I, Rho M, Yoo Y-M, Jung SJ, Lee S-S. Isolation and morphological features of primo vessels in rabbit lymph vessels. *J Acupunct Meridian Stud* 2012; 5(5):201–5.

23. Marques GDC, Schimming BC. Morphological Features of the Acupuncture Points of Bladder Meridian in the Giant Anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Acta Scientiae. Vet.* 2020; 48.
24. Zhang W, Wang Z, Jia S, Tian Y, Wang G, Li H et al. Is There Volume Transmission Along Extracellular Fluid Pathways Corresponding to the Acupuncture Meridians? *J Acupunct Meridian Stud* 2017; 10(1):5–19.
25. Li H-Y, Yang J-F, Chen M, Xu L, Wang W-C, Wang F et al. Visualized regional hypodermic migration channels of interstitial fluid in human beings: are these ancient meridians? *J Altern Complement Med* 2008; 14(6):621–8.
26. Moncayo R, Rudisch A, Kremser C, Moncayo H. 3D-MRI rendering of the anatomical structures related to acupuncture points of the Dai mai, Yin qiao mai and Yang qiao mai meridians within the context of the WOMED concept of lateral tension: implications for musculoskeletal disease. *BMC Musculoskelet Disord* 2007; 8:33.
27. Lee B-C, Ogay V, Kim KW, Lee Y, Lee J-K, Soh K-S. Acupuncture muscle channel in the subcutaneous layer of rat skin. *J Acupunct Meridian Stud* 2008; 1(1):13–9.
28. Pearson S, Colbert AP, McNames J, Baumgartner M, Hammerschlag R. Electrical skin impedance at acupuncture points. *J Altern Complement Med* 2007; 13(4):409–18.
29. Ahn AC, Wu J, Badger GJ, Hammerschlag R, Langevin HM. Electrical impedance along connective tissue planes associated with acupuncture meridians. *BMC Complement Altern Med* 2005; 5:10.
30. Ahn AC, Park M, Shaw JR, McManus CA, Kaptchuk TJ, Langevin HM. Electrical impedance of acupuncture meridians: the relevance of subcutaneous collagenous bands. *PLoS One* 2010; 5(7):e11907.
31. Song X, Zhang W, Jia S, Wang S, Wang G, Xiong F et al. Differential Proteomics Analysis of the Subcutaneous Connective Tissues in Alcian Blue Tracks along Conception Vessel and Adjacent Nonmeridian in Rats. *Evid Based Complement Alternat Med* 2021; 2021:5550694.
32. Zhang X, Zhang X, Wang X, Li Q, Qiu C, Liu Z. A Classification Method of Acupoints and Non-acupoints based on Traditional Features and Wavelet Features. *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021; 1924(1):12017.

33. Cho SJ, Choi K-H, Kim MJ, Kwon OS, Kang SY, Seo SY et al. Biopotential changes of acupuncture points by acupuncture stimulation. *Integr Med Res* 2022; 11(3):100871.
34. Matos LC, Lopes LT, Freire VA, Machado JP, Monteiro FJ, Greten HJ. Can the electrical potential of acupoints be used to assess the functional state of meridians and the effects of therapeutics? An exploratory data analysis. *J Bodyw Mov Ther* 2021; 26:309–17.
35. Li Q, Zhao T, Wang X, Qiu C, Zhou B, Wang H et al. Study on Potential of Meridian Acupoints of Traditional Chinese Medicine. *J Healthc Eng* 2021; 2021:5599272.
36. Son T, Lee M, Rhee C, Kim N. Existence of High Frequency Electricity at Acupoints and Meridian Flow Observations via the Frequency Spectrum. *J Electromagn Eng Sci* 2020; 20(2):96–109.
37. Spaulding K, Chamberlin K. The transport of extremely low-frequency electrical signals through an acupuncture meridian compared to nonmeridian tissue. *J Altern Complement Med* 2011; 17(2):127–32.
38. Liu Y-W, Kuo C-W, Chang T-C, Hung Y-C, Tan Y-F, Wu C-C et al. Analysis of Meridian Flow Direction by Electrical Stimulation Method. *Nanoscale Res Lett* 2022; 17(1):64.
39. Yang H, Xie S, Li H, Wang Y. On optics of human meridians. *Sci. China Ser. G-Phys. Mech. Astron.* 2009; 52(4):502–7.
40. Litscher G. Infrared thermography fails to visualize stimulation-induced meridian-like structures. *Biomed Eng Online* 2005; 4:38.
41. Schlebusch K-P, Maric-Oehler W, Popp F-A. Biophotonics in the infrared spectral range reveal acupuncture meridian structure of the body. *J Altern Complement Med* 2005; 11(1):171–3.
42. Dimitrov N, Tomov N, Atanasova D, Iliev S, Tomova T, Sivrev D et al. Visible Meridian Phenomena after Acupuncture: A Series of Case Reports. *J Acupunct Meridian Stud* 2021; 14(2):50–7.
43. Zhang W-B, Tian Y, Li H, Tian J-H, Luo M-F, Xu F-L et al. A discovery of low hydraulic resistance channel along meridians. *J Acupunct Meridian Stud* 2008; 1(1):20–8.
44. White A, Ernst E. A brief history of acupuncture. *Rheumatology (Oxford)* 2004; 43(5):662–3.