

Diplomarbeit

**Elektrische Hautwiderstandsmessungen und
Akupunktur**

eingereicht von

Christian Hans Urak

Mat.Nr.: 0533251

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. DI Dr. techn. Dr. scient. med. Gerhard Litscher

(Leiter der Forschungseinheit für biomedizinische Technik in Anästhesie
und Intensivmedizin und des TCM – Forschungszentrums Graz)

Dr. med. Lu Wang

(Zweite Betreuerin)

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

Um die Lesbarkeit der vorliegenden Arbeit zu erleichtern, wird das generische Maskulinum verwendet, das sowohl männliche als auch weibliche Personen beinhaltet. Die in diesem Sinne getroffenen Aussagen sind für beide Geschlechter in gleichem Maße gültig.

In dieser Arbeit wurden die Wörter „Impedanz“ und „Widerstand“ synonym verwendet, um etlichen Wortwiederholungen auszuweichen.

Um Verwechslungen der chinesischen Begriffe zu vermeiden, werden die Umschrift (*Pīnyīn*/拼音) kursiv geschrieben und die originalen Schriftzeichen in Klammer gesetzt verwendet. Würde man zum Beispiel das Wort Kung-Fu verwenden, so würde man es wie folgend im Text wiedergeben: „*gōngfū* (功夫)“. Die chinesischen Zeichen werden nur bei der ersten Verwendung des Wortes mitverwendet. Sollte es aber bei den *Pīnyīn*-Umschriften Homonyme geben, also gleiche Buchstaben und gleiche Laute mit einer anderen Wortbedeutung, so werden die Zeichen weiterhin in Klammer angegeben. Zum Beispiel: *Jīng* (经) bedeutet Meridian, *Jīng* (精) wird hingegen mit Essenz übersetzt.

Danksagung

Als erstes möchte ich meinen Eltern danken, die mir durch ihre persönliche und finanzielle Unterstützung dieses Studium erst ermöglicht haben.

Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Univ.- Prof. DI Dr. techn. Dr. scient. med. Gerhard Litscher, der mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit hervorragend betreut hat. Vor allem danke ich ihm für die unkomplizierte Zusammenarbeit und sein sehr kompetentes und rasches Arbeiten.

Mein Dank gilt auch Frau Dr. Lu Wang, die meine Forschungsarbeit durch ihr Wissen und ihre Fertigkeiten im Bereich Akupunktur ermöglicht hat.

Recht herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Mag. Ingrid Gaischek, die mich bei der statistischen Auswertung und durch ihre sprachlichen Kompetenzen sehr unterstützt hat.

Ein Dankeschön möchte ich auch allen Probanden aussprechen. Ohne sie wäre die Durchführung dieser Studie nicht möglich gewesen. Ich danke ihnen auch für ihr pünktliches Erscheinen und dass sie die Nadelstiche so tapfer erduldet haben.

Ein weiterer Dank gilt auch meinem Cousin Daniel, der bei Fragen, die den elektrotechnischen Bereich betreffen haben, immer eine adäquate Antwort hatte.

Zusammenfassung

Hintergrund: In der Mitte des 20. Jahrhunderts entdeckte man, dass Akupunkturpunkte einen niedrigeren Hautwiderstand aufweisen. Man entwickelte dafür Impedanzmessgeräte, um so die Punkte genauer lokalisieren zu können und für einen Erfolg der Therapie zu garantieren. Es dauerte aber nicht lange, bis die Messungen angefochten wurden und die Gründe für die eventuellen verminderten Widerstandswerte in möglichen Störfaktoren gesehen wurden.

Literaturrecherche: In der bereits vorhandenen Literatur finden sich sehr viele Hinweise auf die korrekte Messung des Widerstandes. Viele Arbeiten gehen davon aus, dass das Stratum corneum die größte Barriere darstellt. Mit zunehmender Stromfrequenz kann man aber diese Schicht fast umgehen. Um die Polarisierung der Elektrode zu vermeiden, sollte man besonders auf das Material und die Größe der Elektrode, das Kontaktmedium, die Stromstärke und die Frequenz achten. Von weiterer Bedeutung ist auch die Positionierung der Elektroden. Neben den Arbeiten über die Grundlagen wurden auch viele Studien mit Widerstandsmessungen publiziert. Diese führten aber zu keinem gültigen Schluss. Es wurden Einkanal- und Mehrkanalgeräte mit Strom unterschiedlicher Frequenz und Stärke verwendet. Erstere wurden eher für Ohr- oder Körperakupunkturpunkte mit dünneren Hautschichten, wie bei den *Jīng*-Punkten (井穴), verwendet. Das Problem der Mehrkanalgeräte war ein zu weiter Abstand zwischen den Elektroden, um eventuell einen Punkt zu identifizieren. Die Anzahl an Probanden war bei fast allen Studien sehr gering, und der Anpressdruck der Elektroden konnte nicht objektivierbar wiedergegeben werden.

Konzept: Diese Studie wurde an der Medizinischen Universität Graz an 10 männlichen Probanden, im Alter von 20 bis 30 Jahren und eurokaukasischer Herkunft, durchgeführt. Ziel war es, durch eigene Messungen die Widerstandswerte eines Akupunkturpunktes und eines Placebo-Punktes zu vergleichen. Des Weiteren wurde auch die Impedanzänderung während des Setzens und Herausziehens einer Nadel kontrolliert.

Methode und Material: Für diese Studie wurde das GEDIS (Grazer ElektroDermales ImpedanzmessSystem) verwendet, ein 8 x 6 Elektrodenfeld mit federnd gelagerten Elektroden, die aus einem Gold überzogenen Beryllium-Kupfergemisch bestehen und einen Durchmesser von 0,9 mm haben. Der Punkt *Kōngzui* (Lu6) und ein auf selber Höhe ulnar des Herzmeridians liegender Placebo-Punkt wurden verwendet. Die Punkte wurden

durch eine erfahrene Akupunkteurin aufgesucht. Vier Messungen, also an jedem Arm der Punkt *Kǒngzui* und der Placebo-Punkt, wurden pro Person durchgeführt. Verum- und Placebo-Punkte wurden anschließend bezüglich deren Impedanz verglichen.

Ergebnis: Die gemessenen Widerstandsparameter an den Akupunkturpunkten waren niedriger als jene an den Placebo-Punkten am gleichen Arm. Signifikant waren aber nur die Werte am rechten Arm.

Das Einstechen der Nadel in die Haut ergab sowohl bei den Akupunkturpunkten als auch bei den Placebo-Punkten Abnahmen der Widerstandswerte um mehr als 100 kOhm. Beim Herausziehen waren geringer ausgeprägte Abnahmen der elektrischen Parameter erkennbar.

Schlussfolgerungen: Die Werte an den Akupunkturpunkten des rechten Armes waren signifikant niedriger, die am linken Arm jedoch nicht. Getestet wurde auch nur ein Punkt an beiden Unterarmen. Um diese Studien aussagekräftiger zu machen, müssen mehrere Punkte an mehr Probanden getestet werden. Mögliche Störfaktoren, wie z.B. der Anpressdruck und die eigene Lokalisation der Punkte, müssen zusätzlich vermehrt berücksichtigt werden und zu neu konzipierten Methoden führen. Das Elektrodengitter sollte noch geringere Abstände aufweisen.

Vor allem das Einstechen, aber auch das Entfernen der Nadel, führte zu deutlichen Abnahmen des Hautwiderstandes. Mögliche Ursache hierfür könnten lokale Antworten der Haut sein, wie Ausschüttung des vasoaktiven intestinalen Peptids. Die Erforschung der zugrunde liegenden Mechanismen, welche zur Widerstandssenkung beim Setzen der Nadel führen, könnte Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Abstract

Background: In the middle of the 20th century researchers found lower skin resistance of acupuncture points compared to nonacupuncture sites. Impedance measuring devices were developed, in order to locate precisely the acupuncture points and guarantee the success of the therapy. But few years later new measurements were made to disprove this discovery by potential confounders.

Review: Many references were found dealing with the correct measurement of skin resistance. Many studies assume that the stratum corneum is the greatest barrier. To bypass the resistance of this layer, one should use current with higher frequencies. In order to avoid polarization of the electrode, one should pay attention to the material and the size of the electrodes, the contact medium, the intensity of current and frequency. The positioning of the electrodes is of further importance. Apart from the basics, many measurements have been performed. These didn't lead to a valid conclusion. Single channel and multichannel devices with different frequencies and intensities of current were used. Single channel devices were rather more used for ear acupuncture points or corporal points with thinner layers of skin like the *Jing*-Points. The multichannel devices eventually cause the problem, that the acupuncture points are difficult to find. This might be caused by the fact that the distance between the electrodes is too long. Most studies used only a small numbers of subjects. The pressure of the electrodes also couldn't be represented objectively.

Concept: This study was performed at the Medical University of Graz in 10 male volunteers, aged between 20 and 30 years and of eurocaucasian descent. Aim of this study was to take measurements of the skin resistance of acupuncture points compared to a placebo point. Another aim was to measure the change of impedance while inserting or removing a needle.

Method and material: For this study, the GEDIS (Grazer ElectroDermal Impedance measurement System) has been used. It's an 8 x 6 electrode array with spring-mounted electrodes consisting of gold-plated beryllium copper with a diameter of 0.9 mm. The point *Kǒngzui* (Lu6) and a placebo-point on the same level of the acupoint but located on the ulnar side of the heart meridian, were used. These points were located by an experienced practitioner. Four measurements were carried out per person. The results of acupuncture points and placebo points were then compared.

Results: The measurements of skin resistance at the acupuncture points showed lower impedance values than those taken from the placebo points on the same arm. A significant difference of the values was found on the right side.

The insertion of the needle into the skin resulted in values of skin resistance decreased by about 100 kOhm in both acupuncture and placebo points. Removing the needle led to lower decreases of the electrical parameters.

Conclusion: Measured values on the acupuncture points of the right arm were significantly lower, while on the left arm there were no significant differences. All measurements were taken on only one point on both forearms. To reach a higher level of reliability, more points have to be tested in more subjects. More attention should be paid to possible confounders like the pressure of electrodes or the exact localization of the points. With more subjects and points and avoiding the most common confounders, studies with higher quality can be carried out.

In particular the insertion of the needle, but also its removal, led to explicit decreases of impedance. Possible reasons for this could be local responses of the skin like distribution of vasoactive intestinal peptide. The way the insertion reduces the skin resistance can be subject of further studies.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iv
Zusammenfassung	v
Abstract	vii
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xiii
Abkürzungsverzeichnis	xiv
1 Einleitung	1
2 Theoretische Grundlagen	3
2.1 Elektrizitätslehre	3
2.1.1 Physikalische Grundbegriffe	3
2.1.2 Der elektrische Widerstand	4
2.1.3 Widerstandsmessung	4
2.1.4 Der Kondensator	6
2.1.5 Widerstand im biologischen Gewebe	7
2.2 Die Haut	8
2.2.1 Schichten der Haut	8
2.2.2 Widerstand der Haut	9
2.3 Akupunktur	11
2.3.1 Die Theorie von <i>Yīn</i> (阴) und <i>Yáng</i> (阳)	11
2.3.2 Die Meridiane	12
2.3.3 Meridianverläufe	13
2.3.4 Der Punkt <i>Kǒngzui</i> (孔最)	14
2.3.5 Der Placebo-Punkt	14
2.3.6 Histologie des Akupunkturpunktes	15
2.3.7 Reaktionen der Haut auf die Reizsetzung mit einer Nadel	16
2.3.8 Punktelokalisierung	17
2.3.9 Die Meridianuhr	18
2.3.10 Chronopunktur	19
3 Literaturrecherche	20
3.1 Geschichtlicher Überblick	20
3.1.1 Kurzer Überblick über die Elektroakupunktur nach Voll	20
3.2 Studienauswahl	21
3.2.1 Beeinflussende biologische Faktoren des Hautwiderstandes	21

3.2.2	Anforderungen an das Equipment	21
3.2.3	Evaluierung bereits vorhandener Studien	23
4	Studie „Elektrische Hautwiderstandsmessungen und Akupunktur“	30
4.1	Fragestellung und Zielsetzung	30
4.2	Konzept	31
4.3	Methode	32
4.4	Probanden und Prozedere	35
4.4.1	Setup	35
4.4.2	Probanden	36
4.4.3	Ablauf	37
4.4.4	Beendigung	38
5	Ergebnisse	39
5.1	„Steady-state“-Phase	39
5.1.1	Elektrodermales Mapping	39
5.1.2	Statistische Auswertung	41
5.2	Widerstandsänderung durch Einstechen und Entfernen der Nadel	41
5.2.1	Graphische Darstellung	41
5.2.2	Ausschlüsse	42
5.2.3	Änderungen des Widerstandes	43
6	Diskussion	47
7	Konklusion	51
	Literaturverzeichnis	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Widerstandsmessung aus Strom- und Spannungsmessung.....	5
<i>Quelle: Seibt Walter. Physik für Mediziner. 5. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003. Seite 255.</i>	
Abbildung 2: Wheatstone'sche Brückenschaltung.....	6
<i>Quelle: Seibt Walter. Physik für Mediziner. 5. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003. Seite 256.</i>	
Abbildung 3: Schichten der Haut.....	9
<i>Modifiziert aus Quelle: Fritsch H, Kühnel W. Taschenatlas Anatomie 2: Innere Organe. 9. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2005. Seite 409.</i>	
Abbildung 4: Schichten der Epidermis.....	10
<i>Modifiziert aus Quelle: Wikipedia, Stichwort „Epidermis“ Version vom 16.Nov.2006, 13:48, aufrufbar unter http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/Skinlayers.png</i>	
Abbildung 5: Lungen- und Herzmeridian mit dem Punkt <i>Kǒngzuì</i> und dem Placebo-Punkt.....	15
<i>Modifiziert aus Quelle: Focks C, Hillenbrand N. Leitfaden Chinesische Medizin. 5. Auflage. Urban & Fischer Verlag/ Elsevier GmbH, München, 2006. Seiten 301 und 338.</i>	
Abbildung 6: Gefäß-Nervenbündel.....	16
<i>Modifiziert aus Quelle: Hempen CH. Taschenatlas Akupunktur. 6. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2005. Seite 276</i>	
Abbildung 7: Cùnometer.....	18
<i>Quelle: Stux G. Einführung in die Akupunktur. 4. Auflage. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1994. Seite 48.</i>	
Abbildung 8: Die Meridianuhr.....	19
<i>Modifiziert aus Quelle: Focks C, Hillenbrand N. Leitfaden Chinesische Medizin. 5. Auflage. Urban & Fischer Verlag/ Elsevier GmbH, München, 2006. Seite 68.</i>	
Abbildung 9: Prognos (MedPrevent GmbH, Waldershof, Germany).....	26
<i>Quelle: Pearson S, Colbert AP, McNames J, Baumgartner M, Hammerschlag R. Electrical skin impedance at acupuncture points. J Altern Complement Med 2007; 13(4): 410.</i>	
Abbildung 10: Logo des TCM Forschungszentrum Graz.....	30
<i>Quelle: http://www.tcm-graz.at; am 17.02.2011, 15:00.</i>	
Abbildung 11: Konzept.....	32
Abbildung 12: GEDIS.....	33
<i>Quelle: Litscher G, Wang L. Biomedical engineering meets acupuncture--development of a miniaturized 48-channel skin impedance measurement system for needle and laser acupuncture. Biomed Eng Online 2010; 9: 78.</i>	

Abbildung 13: Einstichöffnung.....	33
Abbildung 14: Schaltplan.....	34
<i>Quelle: Litscher G, Wang L. Biomedical engineering meets acupuncture--development of a miniaturized 48-channel skin impedance measurement system for needle and laser acupuncture. Biomed Eng Online 2010; 9: 78.</i>	
Abbildung 15: Elektroden.....	35
<i>Quelle: Litscher G, Wang L. Biomedical engineering meets acupuncture--development of a miniaturized 48-channel skin impedance measurement system for needle and laser acupuncture. Biomed Eng Online 2010; 9: 78.</i>	
Abbildung 16: Anlage des Messgerätes.....	37
Abbildung 17: Schematische Darstellung des Messverlaufs.....	38
Abbildung 18: Elektrodenabdrücke.....	38
Abbildung 19: <i>Köngzui</i> links.....	39
Abbildung 20: <i>Köngzui</i> rechts.....	40
Abbildung 21: Placebo-Punkt links.....	40
Abbildung 22: Placebo-Punkt rechts.....	41
Abbildung 23: Beispiel für die graphische Darstellung der Messung am Punkt <i>Köngzui</i> am linken Arm bei Proband Nummer 8.....	42
Abbildung 24: Akupunkturpunkt links gemessen an Proband Nummer 2 mit deutlicher Abnahme des Widerstandes.....	43

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Demographie.....	36
Tabelle 2: Widerstandsänderungen bei Nadeleinstich.....	44
Tabelle 3: Widerstandsänderungen bei Entfernen der Nadel.....	45
Tabelle 4: Änderung total.....	46

Abkürzungsverzeichnis

μA	Mikroampere
3E	3fach Erwärmer (auch: 3Erwärmer)
<i>a</i>	Beschleunigung
A	Ampere
A	Fläche
Abb.	Abbildung
Ag/AgCl	Silber/Silberchlorid
Bl	Blase
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
C	Coloumb
cm	Zentimeter
Di	Dickdarm
Dr.	Doktor
Dü	Dünndarm
<i>E</i>	Feld
EKG	Elektrokardiogramm
<i>F</i>	Kraft
F	Farad
Gb	Gallenblase
GEDIS	Grazer ElektroDermales ImpedanzmessSystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
He	Herz
Hz	Hertz
<i>I</i>	Stromstärke
J	Joule
kHz	Kilohertz
kOhm	Kiloohm
<i>l</i>	Länge
Lat.	lateinisch

Le	Leber
LKH-Univ. Klinikum	Landeskrankenhaus Universitätsklinikum
Lu	Lunge
<i>m</i>	Masse
m	Meter
mA	Milliampere
Ma	Magen
Mi	Milz
mm	Millimeter
MOhm	Megaohm
msec	Millisekunden
N	Newton
Ni	Niere
No.	Number
Nr.	Nummer
Pe	Perikard
Q (auch <i>q</i>)	Ladung
<i>R</i>	Widerstand
<i>s</i>	Strecke
S	Punkt an Strecke
St.Dev.	Standardabweichung
St.Error	Standardfehler
TCM	Traditionelle Chinesische Medizin
<i>U</i>	Spannung
V	Volt
v.a.	vor allem
VIP	Vasoaktives intestinales Peptid
<i>W</i>	Arbeit
z.B.	zum Beispiel
ρ	Proportionalitätsfaktor
φ	Potentielle Energie
Ω	Ohm

1 Einleitung

In unserer heutigen Zeit, der hohen Anforderungen im Beruf und sonstigen Bereichen des Lebens und der hohen Belastung an Terminen, spielen Methoden zur Entspannung eine wichtige Rolle. Viele gibt es schon. Vor allem traditionelle aus dem fernen Osten, wie Teilgebiete aus der traditionellen chinesischen Medizin (TCM) und Aryurveda, haben sich bei uns dafür etabliert. Neben *Qi Gong* (气功) und verschiedenen Massagetechniken nimmt in unseren Breiten auch die Akupunktur eine wichtige Stellung ein.

Die Akupunktur ist für viele Bereiche im Gesundheitswesen von Bedeutung. Von den analgetischen Wirkungen, durch die wir im Westen auf sie aufmerksam geworden sind, bis hin zur vegetativen Stabilisierung stellt sie eine alternative und ganzheitliche Methode dar. Und sie funktioniert. Mit High-Tech-Methoden konnte die Wirksamkeit dieses sehr alten Systems bewiesen werden. Viele Studien wurden in diese Richtung schon publiziert.

Um die Akupunktur auszuüben, benötigt man im Grunde genommen nur das Wissen dieser Heilmethode, geeignete Nadeln und Personen, die sich dazu bereitstellen. Das Wissen umfasst neben den Indikationen und Zusammenhängen der Punkte auch die Lokalisationen dieser. Vor allem das Auffinden der richtigen Stelle soll laut TCM für die Therapie ausschlaggebend sein. Man verwendet heute dafür auch technische Hilfsmittel um diese Akupunkturpunkte zu lokalisieren. Grundlage dafür bildet ein Untersuchungsergebnis aus der Mitte des 20. Jahrhunderts. Man behauptete damals, dass Akupunkturpunkte Stellen an der Haut mit messbaren verminderten Widerständen seien. Gerade in der Ohrakupunktur, die in Frankreich entwickelt wurde, spielen diese Widerstandsmessgeräte heute eine dominante Rolle.

Je weiter die Zeit fortschritt, desto mehr Gebrauch fanden diese Geräte. Aber es ließen die ersten Kritiken nicht auf sich warten. Neue Studien wurden gemacht um die ersten Arbeiten, die dieses Phänomen untersuchten, bezüglich ihrer Ergebnisse zu überprüfen. Die ersten Arbeiten mit der Zielsetzung diese Theorie zu widerlegen, brachten Resultate hervor, dass die verminderten Impedanzen nur Artefakte des Anpressdruckes seien. Andere publizierten sogar Ergebnisse, die auch erhöhte Impedanzwerte an den klassischen Punkten anzeigten.

Auch in der heutigen Zeit ist es nach fast 50 Jahren nicht gelungen, die damaligen Ergebnisse 100%ig zu widerlegen oder zu bestätigen. Zu hohe Anforderungen stellt die korrekte Messung des Hautwiderstandes dar. An diesem Punkt schließt nun auch diese Diplomarbeit an. Diese Arbeit soll nicht in Konkurrenz oder in Wettbewerb zu anderen Studien treten. Vielmehr soll sie sich auch an bereits vorhandenen orientieren. Des Weiteren soll mit der verwendeten Methode anderen zukünftigen Bemühungen eine Hilfe geboten werden, um aus den positiven Aspekten und möglichen Fehlern dieser Studie die eigenen Forschungsarbeiten optimieren zu können.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Elektrizitätslehre

2.1.1 Physikalische Grundbegriffe

Um die physikalischen Prinzipien der Widerstandsmessung besser zu verstehen, muss man die grundlegenden Einheiten und Begriffe beherrschen.

Bringt man einen Körper der Masse m mit einer Beschleunigung a in Bewegung, so wirkt auf ihn eine Kraft F ($F = m \cdot a$). Die Einheit der Kraft nennt man Newton (N).

Wirkt nun eine Kraft, die nicht konstant sein muss, über eine Strecke s , die zwischen den Punkten S_1 und S_2 liegt, so wird Arbeit W geleistet.

$$W = \int_{S_1}^{S_2} F_s \cdot ds, \text{ mit der Einheit Joule (J). [1]}$$

Betrachtet man zwei Körper der Ladungen Q_1 und Q_2 , die sich in einem Abstand r befinden, so herrscht zwischen ihnen eine elektrische Kraft:

$$F_c = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r^2}.$$

ϵ_0 ist die elektrische Feldkonstante. $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$. [1]

Sind mehr als zwei Ladungen Q gegeben, so ermittelt man die einzelnen Kräfte und addiert diese vektoriell zur Gesamtkraft. Mit dieser Methode wird dann auch die Kraft auf eine Ladung q berechnet.

Bewegt man nun eine positive Ladung q im elektrischen Feld E ausgehend von der negativen Platte, welche die potenzielle Energie 0 besitzt, eine Strecke s gegen das Feld zum Punkt P , dann erhöht sich durch die geleistete Arbeit die potenzielle Energie φ der Ladung q .

$$\varphi = \frac{W}{q}. \text{ Das elektrische Potenzial besitzt die Einheit Volt (V). [1]}$$

Die Spannung U zwischen zwei Punkten wird berechnet durch deren Potentialdifferenzen:

$$U_{1,2} = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{W_{(1-2)}}{q}. [1]$$

Die Ladung, die einen Leiterquerschnitt durchströmt, wird durch die elektrische Stromstärke I definiert:

$$I = \frac{dQ}{dt}. \text{ Die Einheit ist Ampere (A). [1]}$$

2.1.2 Der elektrische Widerstand

Fließt Strom durch einen Leiter, so setzt dieser dem Strom einen Widerstand entgegen. Damit der Strom erhalten bleibt, muss an den Enden des Leiters eine Spannung liegen. Das Verhältnis der angelegten Spannung zu dem durch das Material fließenden Strom ergibt den elektrischen Widerstand R .

$$R = \frac{U}{I}.$$

Die Einheit des Widerstandes ist Ohm (Ω). [1]

Das Ohm'sche Gesetz besagt, dass bei konstanter Temperatur der elektrische Strom zur Spannung proportional ist. So folgt daraus, dass der Widerstand unabhängig von der Stromstärke eine konstante Größe besitzt. Dieses Gesetz gilt nur, solange die beim Stromfluss entstehende Wärme vernachlässigbar klein ist.

Unterschiedliche Materialien weisen verschiedene Widerstände auf. Auch die geometrische Form spielt diesbezüglich eine wesentliche Rolle. Der Widerstand nimmt mit abnehmendem Querschnitt und zunehmender Länge des Leiters zu. Um den spezifischen Widerstand eines Materials zu berücksichtigen, benötigt man den Proportionalitätsfaktor ρ . Daraus folgt:

$$R = \rho * \frac{l}{A}. \text{ SI-Einheit: } 1 \Omega * \text{ m. [1]}$$

2.1.3 Widerstandsmessung

Zwei Beispiele für Messverfahren:

a.) Widerstandsmessung aus Strom- und Spannungsmessung

Um den Widerstand eines Schaltkreises zu bestimmen, muss man gleichzeitig den Widerstand des fließenden Stroms I und die an den Enden des Widerstandes liegende Spannung U messen. Wie bereits erwähnt, ergibt die Spannung U

dividiert durch die Stromstärke I den Widerstand R . Wenn man sich nun eine Schaltung wie in Abbildung 1 baut, so muss man noch den Eigenwiderstand (R_i) des Amperemeters beachten, der noch eine zusätzliche Erhöhung der Spannung liefert. Daraus folgt:

$$U = I * (R + R_i).$$

Der Innenwiderstand des Geräts ist angegeben und R berechnet sich wie folgt:

$$R = \frac{U}{I} - R_i. [1]$$

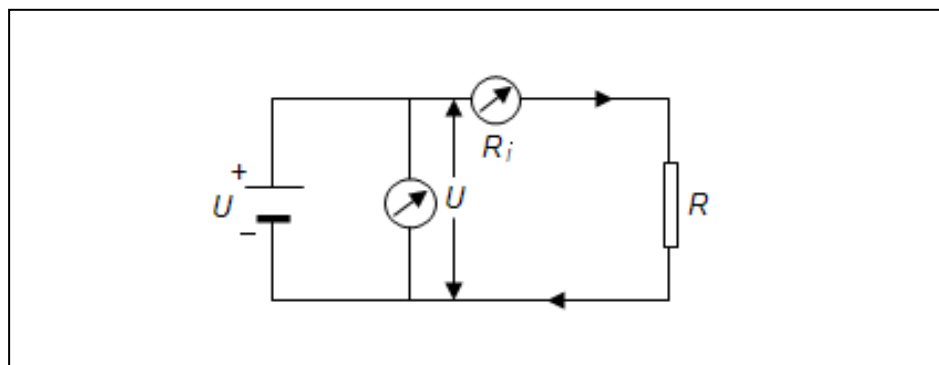


Abbildung 1: Widerstandsmessung aus Strom- und Spannungsmessung

b.) Wheatstone'sche Brückenschaltung

Um diese Präzisionsmessung durchzuführen, baut man einen unbekanntes Widerstand R_x mit drei bekannten R_1 bis R_3 wie in Abbildung 2 zusammen. R_1 soll ein veränderlicher Widerstand sein, um zu erreichen, dass man den gemessenen Strom zwischen den Punkten A und B auf Null senken kann ($i = 0$). Mit gleichen Potenzialen auf A und B gilt nun: $U_x = U_3$ und $U_1 = U_2$. Nun ist die Stromstärke zwischen A und B Null und damit fließt durch R_1 und R_x der gleiche Strom I_1 , wie auch durch die anderen beiden Widerständen der gleiche Strom I_2 fließt. Daraus folgt:

$$R_x * I_1 = R_3 * I_2 \quad \text{und} \quad R_1 * I_1 = R_2 * I_2$$

Dividiert man beide Gleichungen durcheinander und löst sie nach R_x auf, so erhält man:

$$R_x = R_1 * \frac{R_3}{R_2}. [1]$$

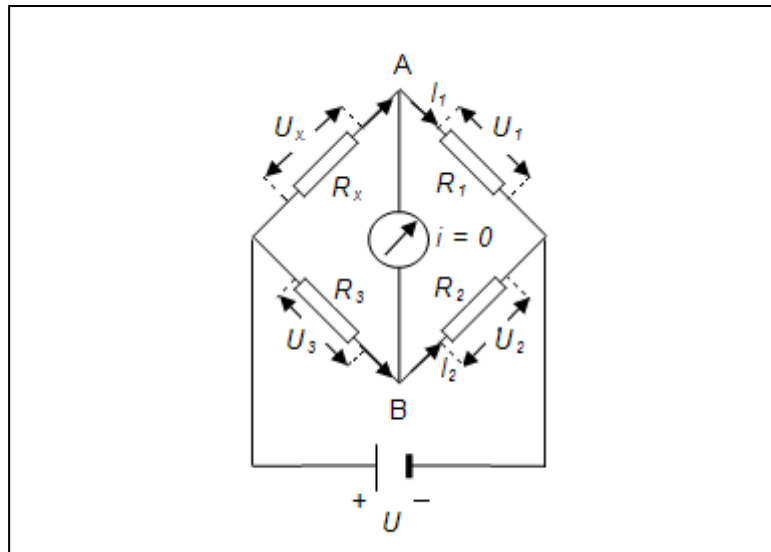


Abbildung 2: Wheatstone'sche Brückenschaltung

2.1.4 Der Kondensator

Stellt man zwei isolierte Leiter gegeneinander mit entgegengesetzten Ladungen $\pm Q$ auf, dann entsteht zwischen ihnen eine Spannung U . Das Verhältnis zwischen Q und U ist unabhängig von Q konstant. Man bezeichnet diese Anordnung definitionsgemäß als Kondensator und das Verhältnis Q/U als Kapazität (C) des Kondensators.

$$C = \frac{Q}{U} \quad \text{Die SI-Einheit ist 1Coulomb/Volt} = 1 \text{ Farad (F)}. [1]$$

Die einfachste Form ist die Anordnung von zwei parallelen Metallplatten, der sogenannte Plattenkondensator. Man benötigt zur Berechnung der Kapazität die Fläche A und den Abstand d . Um die Feldstärke E und die Spannung U zu berechnen, bringt man eine Ladung $\pm Q$ auf die Platten. Daraus folgt:

$$E = \frac{Q}{A\epsilon_0} \quad \text{und} \quad U = E * d = Q \frac{d}{A\epsilon_0} .$$

Löst man nun diese Gleichungen nach Q und U auf und setzt sie in die Formel für C ein, so erhält man:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{A\epsilon_0}{d} . [1]$$

2.1.5 Widerstand im biologischen Gewebe

Für biologisches Gewebe gibt es zwei Möglichkeiten im elektrischen Feld:

1. Geladene Teilchen werden entlang des Feldes bewegt
2. Stationäre Teilchen werden polarisiert

Die Impedanz eines Gewebes setzt sich so aus elektrischem Widerstand der bewegten Teilchen und dem Blindwiderstand der stationären Teilchen, wie Proteinen und Membranen, zusammen. Der Blindwiderstand wiederum entsteht durch Induktion und Kapazität. Induktion spielt im biologischen Gewebe keine signifikante Rolle im Gegensatz zur Kapazität. Man kann sich vorstellen, dass die Polarisation der stationären Teilchen im elektrischen Feld mit dielektrischem Material, das sich zwischen zwei Kondensatorplatten befindet, vergleichbar ist. [2]

Impedanz und Kapazität im Gewebe sind frequenzabhängig. Bei einem Kondensator hängt die Spannung nicht nur von der Kapazität, sondern auch von der Stromfrequenz ab. Die Stromstärke, die durch den Kondensator fließt, ist größer bei hohen Frequenzen und umgekehrt. Daher tragen die Kondensatoren bei niedrigen Frequenzen mehr zum Gesamtwiderstand bei als bei hohen. Analog dazu spielen auch die durch niedrigfrequenten Strom polarisierten Teilchen der Haut eine sehr wichtige Rolle im Gewebe. Bei Gleichstrom werden die biologischen Moleküle polarisiert und für Strom undurchlässig. Da fast nur mehr die leitenden Teilchen, die jetzt noch den Strom transportieren, für die Impedanz ausschlaggebend sind, nennt man den bei Gleichstrom gemessenen Wert „Widerstand“. Bei Wechselstrom ist es eine komplexe Kombination aus Kapazität und Widerstand und man verwendet den Begriff „Impedanz“. [2]

2.2 Die Haut

Die Haut, lateinisch *Cutis* genannt, als schützende Hülle des Körpers, hat in Abhängigkeit zur Körpergröße eine Fläche von 1,6 bis 2 m² und schützt das innere Milieu des Körpers vor äußeren Umwelteinflüssen. Man unterteilt sie in die Felder- und Leistenhaut. [3]

2.2.1 Schichten der Haut

Die Haut setzt sich aus der Epidermis, der Dermis und der darunter liegenden Subcutis zusammen.

Die Epidermis besteht aus einem mehrschichtigen verhornenden Plattenepithel. Von innen nach außen umfassen die einzelnen Schichten Stratum basale, Stratum spinosum, Stratum granulosum, Stratum lucidum und Stratum corneum. Die Epidermis bildet sich aus den Keratinozyten, die im Stratum granulosum gebildet werden und nach verschiedenen Entwicklungsstufen als Hornzellen (Korneozyten) das reißfeste und fast undurchlässige Stratum corneum bilden, an dem sie dann als Hornhautschuppen abschilfern. In den unteren Zellschichten teilen sich die Keratinozyten ihren Platz mit epidermalen Symbionten, den Melanozyten, Langerhans-Zellen und Merkelzellen. Melanozyten schützen den Menschen durch Produktion von Melanin vor UV-Strahlen. Langerhans-Zellen sind Dendritenzellen des Immunsystems und Merkelzellen sind Sinneszellen neuroektodermaler Abstammung und kommen vereinzelt im Stratum basale vor. [3]

Die Dermis, die wesentlich dicker als die Epidermis ist, weist durch ihre verflochtenen Kollagenfasern und elastischen Netze eine hohe Reißfestigkeit und reversible Verformbarkeit auf. In dieser Hautschicht befinden sich vor allem Blut- und Lymphgefäße, Bindegewebszellen, freie Immunzellen wie auch Nervenzellen. Auch epidermale Anhangsgebilde (Haarfollikel, Talgdrüsen, Schweißdrüsen), Meissner-Tastkörperchen (Tastrezeptoren der Leistenhaut) und Ruffini-Körperchen (Dehnungsrezeptoren) liegen hier. [3]

Die Subcutis verbindet die Haut mit der Körperfaszie bzw. Knochenhaut. Sie ermöglicht die Verschiebbarkeit der Haut und enthält unterschiedlich große Anteile an Fettgewebe. In ihr verlaufen die größeren Blutgefäße und Nerven und es finden sich dort auch Vater-Pacini-Körperchen, die für das Vibrationsempfinden zuständig sind. [3]

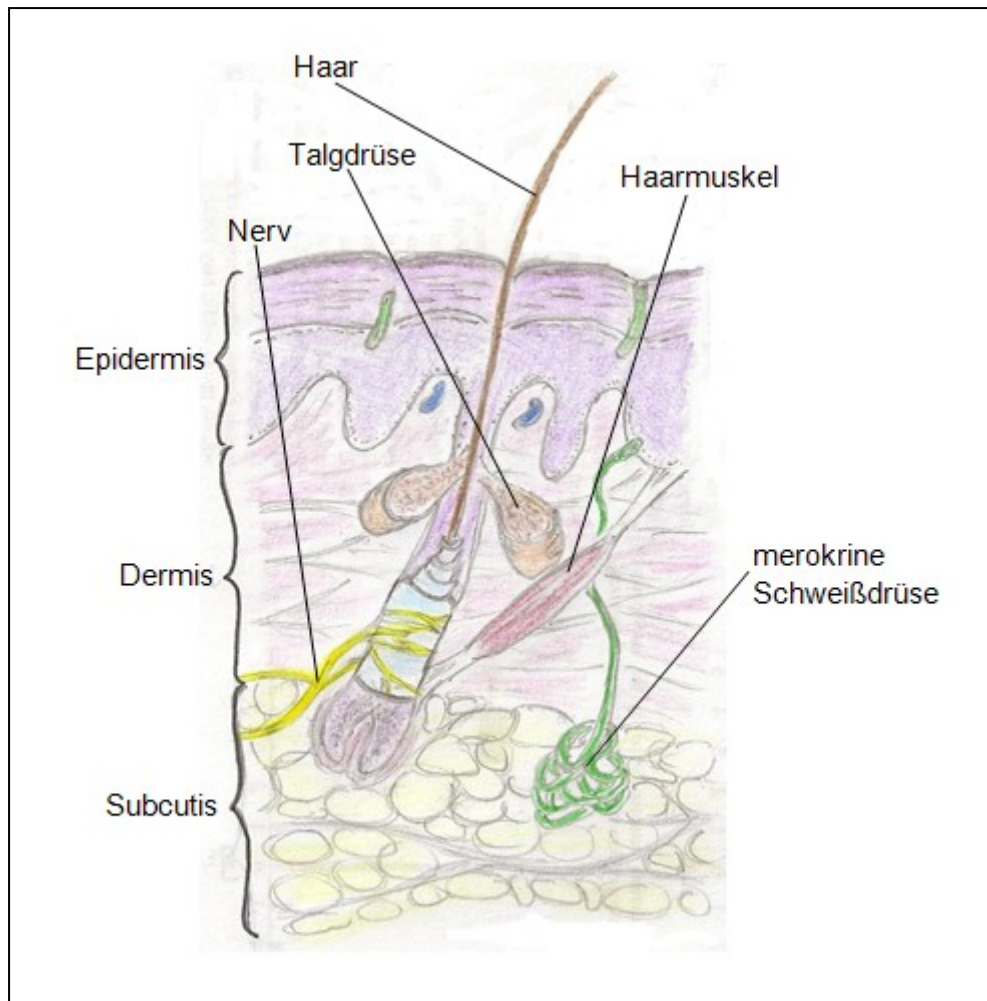


Abbildung 3: Schichten der Haut

2.2.2 Widerstand der Haut

Seit Jahrzehnten werden Arbeiten publiziert, die das Thema Hautwiderstand aufgreifen. Sie nehmen neben den physikalischen Eigenschaften vor allem therapeutische und diagnostische Ziele in den Fokus. Bei unterschiedlichen Frequenzen erforschte man schon *in vitro* [4] und *in vivo* [5] das bioelektrische Verhalten der Haut.

Wenn man den Hautwiderstand mit Elektroden an der Hautoberfläche einer lebenden Person misst, so stellt das Stratum corneum die größte Barriere für die elektrische Leitung dar. Bei appliziertem Strom unter 10 kHz wird die Impedanz hauptsächlich vom Stratum corneum determiniert. Bei 10 kHz sind es noch etwa 50%, bei 100 kHz nur mehr 10% des gemessenen Widerstands. Diese Angaben entstammen den Messungen mit Elektroden großen Durchmessers. Bei kleineren Radien spielt das Stratum corneum eine weitaus

größere Rolle. [2] Auf Grund dieser wichtigen Rolle dieser Schicht können gewisse Faktoren großen Einfluss auf die Impedanz nehmen. Diese werden im Kapitel 3.2.1 „Beeinflussende biologische Faktoren des Hautwiderstandes“ abgehandelt.

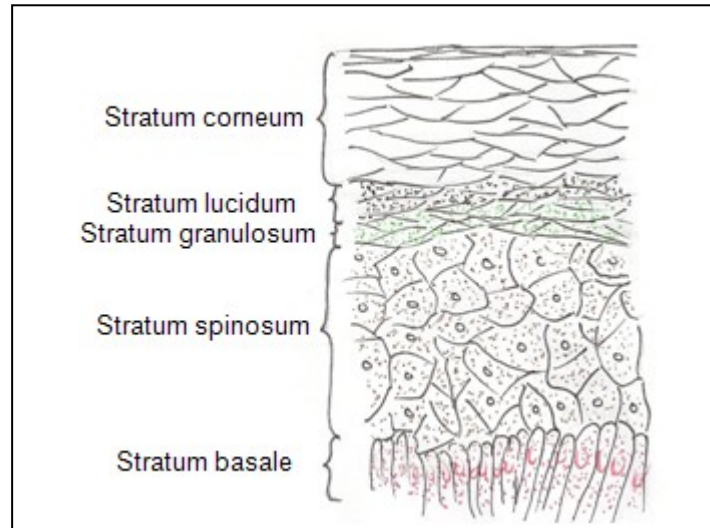


Abbildung 4: Schichten der Epidermis

Chizmadzhev et al. [6] berücksichtigten bei ihren Versuchen zwei Wege des Stroms durch die Haut: einer durchquert die Lipid-Korneozyten-Matrix und der andere fließt entlang der Hautanhangsgebilde. Die Anhangsgebilde sind dabei wie lange Rohre geformt und ihre elektrischen Eigenschaften sind unterschiedlich verteilt. Die Autoren erkannten dabei, dass ein Abfall des Widerstandes bei elektrotherapeutischen Maßnahmen anhand der Elektroporation durch verschiedene Substrukturen des Stratum corneum erklärt werden kann. Bei niedrigen Spannungen ($U < 30 \text{ V}$) findet die Elektroporation hauptsächlich durch die Anhangsgebilde statt, bei Spannungen darüber addiert sich der Anteil der Elektroporation durch die Lipid-Korneozyten-Matrix hinzu.

Yamamoto und Yamamoto [7] versuchten 1976 den Widerstand durch sogenanntes „Tape-stripping“ zu reduzieren. Sie verwendeten dazu ein Cellulose-Klebeband, das sie in mehreren Durchgängen gleichmäßig auf die Haut aufbrachten und dann abzogen, um so zu versuchen, die Höhe des Stratum corneum zu verringern. Der Widerstand sank bei darauffolgenden Messungen, woraus sich schließen ließ, dass diese Schicht einen wesentlichen Teil zur Impedanz beiträgt und jede Penetration durch die obersten Anteile das Ergebnis einer Untersuchung verfälschen kann.

Nach Ahn et al. [8] spielen auch die kollagenen Bänder der Subcutis eine wesentliche Rolle für die reduzierte Impedanz der Meridiane. Sie untersuchten ultraschallgesteuert supramuskulär Akupunkturpunkte und Meridiane gegen Referenzen und erhielten am Dickdarmmeridian einen signifikant erniedrigten Widerstand mittels Vier-Elektroden-Methode. Sie fanden heraus, dass es einen Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und erhöhter Echogenität der subkutanen Strukturen gibt. Limitiert wird diese Studie durch ein Kollektiv an 28 Probanden (19 Frauen, 9 Männer) verschiedener ethnischer Herkunft. Die Nadel wurde nicht in den Muskel gestochen und die Effekte von perimuskulären Faszien und Muskeln wurden nicht beachtet und somit nicht ausgeschlossen, dass diese Strukturen das Ergebnis beeinflussen können. Noch dazu wurden die Punkte technisch nicht objektivierbar und reproduzierbar aufgesucht, sondern lediglich basierend auf den subjektiven Erfahrungen eines Kampo- und eines TCM-Mediziners.

2.3 Akupunktur

Die Akupunktur (Lat.: *acus* = Nadel, *punctio* = das Stechen), auf Hochchinesisch *zhēn jiǔ* oder *zhēn cì* (针灸/针刺) genannt, ist ein Teilgebiet der Traditionellen Chinesischen Medizin (TCM). Sie ist eine Therapieform, bei der mit Nadeln gewisse Punkte am Körper stimuliert werden.

2.3.1 Die Theorie von *Yīn* (阴) und *Yáng* (阳)

„Die *Yīn-Yáng*-Theorie beruht auf dem philosophischen Konzept von zwei polaren Gegensätzen (...). [9]“ Wie auch das Leben auf zwei Grundsteinen basiert: Energie und Substanz. Die Energie ist das *Qì* (气) und gehört zum *Yáng*. Des Weiteren gehört auch alles Helle, nach oben und außen Gerichtete wie der Tag, die Sonne, das Licht, das Männliche, das Aktive und Nichtsichtbare/Nichtgreifbare zum *Yáng*. Das *Yīn* nimmt andererseits den Teil der Substanz ein. Des Weiteren beinhaltet es alles Dunkle, Schattige, nach unten und innen Gerichtete wie die Nacht, den Mond, das Weibliche, das Materielle, das Sichtbare/Fassbare. Auf der Körperebene, also den gesamten Organismus betreffend, ist *Yáng* „*Qì* und Wärme“ und meint das, was den Körper mit all seinen Funktionen am Leben erhält (Gedanken, Emotionen und alles Geistige). *Yīn* hingegen beinhaltet hierbei alle Körperflüssigkeiten, das Blut (*Xuè*/血), die Knochen, das

Gewebe, und dergleichen. Daher werden für *Yīn* im medizinischen Sprachgebrauch neben Substanz auch noch die Begriffe „Blut“ oder „Säfte“ verwendet. [10]

2.3.2 Die Meridiane

Im Westen hat sich der Begriff Meridian als Bezeichnung für die Akupunkturleitbahn durchgesetzt. Der ursprüngliche Begriff ist *jīng luò* (经络) und wird mit ‚Leitbahnen‘ übersetzt. Die Meridiane stellen Kanäle oder Wege dar, auf denen *Qì* und Blut im Körper befördert werden. Man stellt sie sich zwar unsichtbar vor, trotzdem haben sie die wichtige Aufgabe der Verteilung von Nährstoffen und Kraft. Sie verbinden alle Teile des Körpers und sind daher für die Erhaltung des Gleichgewichts verantwortlich. Die Leitbahnen sind auch eine Bindungsstelle des Inneren und Äußeren unseres Körpers. Eine Behandlung an der Oberfläche wirkt sich auf das Innere des Körpers aus. [12] Das „*Huángdì Nèijīng*“ (黄帝内经, übersetzt: Innerer Klassiker des gelben Kaisers), das erste Buch der chinesischen Medizin, besagt: „Die Leitbahnen transportieren *Qì* und Blut, regulieren *Yīn* und *Yáng*, halten Sehnen und Knochen elastisch und fördern die Gelenke. [11]“

Es gibt zwölf Hauptleitbahnen. Einerseits innen die fünf *Yīn*-Organe plus dem Perikard- oder Kreislauf/Sexualitätsmeridian und außen die sechs *Yáng*-Organe. Sie werden auch als *Jīng*-Leitbahnen bezeichnet und sind mit den dazugehörigen Organen verbunden. Die gekoppelten Organe (zum Beispiel Herz-Dünndarm) bilden Meridianpaare, wobei analog zum Organcharakter einer vom *Yīn*, der andere vom *Yáng* Typ ist. Sie bilden einen Kreislauf. Zum Beispiel tritt der Herzmeridian an der Achselhöhle aus, geht am kleinen Finger über in den Dünndarmmeridian und dieser tritt am Ohr wieder in den Körper ein. Neben ihnen gibt es noch acht Sonderleitbahnen, von denen nur das Diener- und das Lenkergesäß von Bedeutung sind, da sie unabhängige Reizpunkte besitzen. Die anderen kreuzen sich mit den Hauptleitbahnen und haben daher keine eigenen Punkte. Man kennt auch viele kleine, feine Nebenleitbahnen, die man als „*luò*“ bezeichnet. [12]

Die klassischen Texte beschreiben rund 365 Punkte, wobei man heute schon auf mindestens 2000 Punkte kommt. Das Repertoire eines Arztes liegt im Durchschnitt aber nur bei 150. Es werden die Punkte benutzt, die dem behandelnden Arzt am geeignetsten erscheinen und pro Behandlung werden etwa fünf bis fünfzehn Nadeln verwendet. Die Nadeln bestehen heute fast ausschließlich aus Stahl. Die Dicke variiert zwischen 0,2 und 0,6 mm und die Länge zwischen 1 und 10 cm. Die Nadeln werden je nach Körperlage unterschiedlich tief eingestochen, z.B. an den Fingern 1 bis 2 mm und am Gesäß bis zu 10 cm tief. Die Stichrichtung beträgt 90° oder in der Schräge 30° bis 60°. Die Neigung

hängt vom gewünschten therapeutischen Ziel und auch von anatomischen Gegebenheiten ab. Durch schnelles Bewegen der Nadeln gegen Meridianrichtung hemmt man den Qi-Fluss und durch langsames Bewegen in Meridianrichtung steigert man ihn. So versucht man laut TCM die Harmonie wieder herzustellen. Heutzutage verwendet man auch Elektro- und Laserakupunktur. Bei der Elektroakupunktur werden die Punkte zusätzlich mit Strom behandelt oder über Elektroden an der Hautoberfläche stimuliert, was den Einstich vermeiden lässt. Die Laserakupunktur wird vor allem empfindlichen Personen wie Kindern empfohlen und hierbei wird der Akupunkturpunkt mit einem Laser bestrahlt. [12]

2.3.3 Meridianverläufe

Im Rahmen dieser Arbeit spielen der Lungen- und der Herzmeridian eine besondere Rolle. In der Traditionellen Akupunkturlehre vor *Máo Zédōng* (毛泽东) verwendete man nicht die organbezogenen Meridianbezeichnungen, wie auch heute noch eher selten in China, sondern die Aufteilung in Schichten von *Yīn- und Yáng*-Meridianen. In Österreich verwendet man aber gerade die organbezogenen Begriffe. Der Lungenmeridian ist im chinesischen der obere Verlauf des *Shǒu-Tài-Yīn*-Meridians (手太阴肺经). Wobei *Shǒu* Hand bedeutet und *Tài-Yīn* mit großes *Yīn* übersetzt wird. Der Verlauf des Fuß-*Tài-Yīn*-Meridians entspricht dem Milzmeridian (*Zú-Tài-Yīn Pí-Jīng*/足太阴脾经). Der Herzmeridian entspricht dem oberen *Shǒu-Shǎo-Yīn*-Meridian (手少阴心经), also der Handleitbahn des wenigen *Yīn*. Der untere Verlauf entspricht dem Nierenmeridian. [12]

Der Lungenmeridian entspringt im Inneren des Körpers, was für diese Arbeit keine Rolle spielt. An die Oberfläche tritt der Meridian dann am Thorax im dritten Intercostalraum am Rande des M. deltoideus. Er verläuft dann an der Innenseite des Oberarms, zur Ellbogenfalte, zieht die vordere Seite des Unterarms entlang, geht über die Pulsader am Handgelenk und endet am ulnaren Nagelfalzwinkel des Daumens. [13]

Die Herzleitbahn hat im Inneren drei Äste, die alle dem Herzen entspringen und keine Relevanz für diese Arbeit darstellen. An die Oberfläche kommt dieser Meridian in der Achselhöhle. Er führt entlang der Mittellinie des inneren Oberarmes, über die Innenseite des Ellenbogens und weiter über die Mitte des inneren Unterarmes über das Handgelenk und die Handinnenfläche zum inneren Nagelfalzwinkel des kleinen Fingers. [12]

2.3.4 Der Punkt *Kǒngzui* (孔最)

Kǒngzui bedeutet übersetzt „Tiefes Loch“. Für die Messungen dieser Studie wurde dieser Punkt *Kǒngzui* (Lunge 6) am Lungenmeridian/*Shǒu-Tài-Yīn*-Leitbahn verwendet. Dieser Punkt wird lokalisiert indem man sich entweder 5 *Cùn* distal von der Ellenbogenfalte oder 7 *Cùn* proximal von der Handgelenksfalte wegbewegt und anschließend diesen entstandenen Höhenumfang mit einer an der radialen Unterarmseite gebildeten Verbindungslinie zwischen *Chǐzé* (尺泽/Lu5) und *Tàiyuān* (太渊/Lu9) schneidet.

Der Punkt *Chǐzé* befindet sich in der Ellenbeugefalte, die bei leichter Flexion des Unterarms entsteht, radial der Bizepssehne.

Tàiyuān befindet sich an der Handbeugefalte lateral der A. radialis und ulnar der Sehne des M. abductor pollicis.

Der Punkt *Kǒngzui* wird ausschließlich für diagnostische Zwecke in dieser Arbeit verwendet und nicht für therapeutische. Dieser Punkt wird in der TCM zur Regulation des Lungen-*Qì* eingesetzt. Es senkt das *Qì* ab, befeuchtet die Lunge und vertreibt Hitze. Zudem beendet der Einsatz dieses Punktes Blutungen und vertreibt äußere pathogene Faktoren. [14]

2.3.5 Der Placebo-Punkt

Als Placebo-Punkt wurde eine Stelle an der ulnaren Seite des Unterarms verwendet. Diese liegt auf etwa gleicher Höhe mit dem Punkt *Kǒngzui*. Um keine Interaktion mit dem Herzmeridian zu bekommen, wurde der Punkt ulnar dieses Meridians platziert. Am Herzmeridian würden aber in dieser Höhe keine bekannten Akupunkturpunkte liegen.

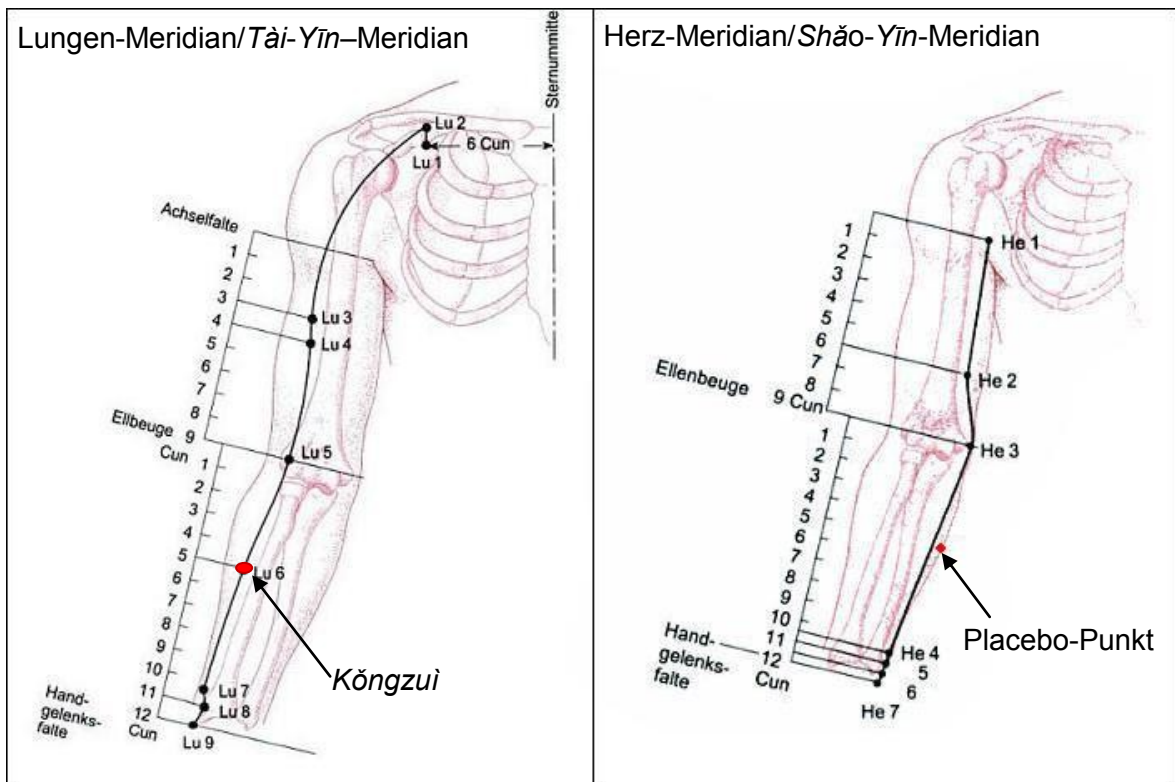


Abbildung 5: Lungen- und Herzmeridian mit dem Punkt *Köngzui* und dem Placebo-Punkt

2.3.6 Histologie des Akupunkturpunktes

Akupunkturpunkte stehen in enger Beziehung zu Faszienlücken. Mit Formationen von Grundsubstanz umgeben, die durch eine dichtere Proteoglykanstruktur zur Umgebung abgegrenzt sind, steigen Gefäßnervenbündel durch diese Öffnungen zur Oberfläche. Wenn man nun einen Akupunkturpunkt nadelt, trifft man dieses Gefäßnervenbündel und stimuliert eine Wirkung in diesem in engster Beziehung stehenden Nerv- und Kapillarsystem. Diese Faszienlücken sind aber nicht immer im selben Zustand. Man kann sie einem Ventil gleichsetzen, das durch zum Beispiel unterschiedliche Muskeltoni erweitert oder verengt werden kann. Man nehme an, der Tonus, der unter dem Punkt liegenden Muskulatur nimmt zu, so verengt sich die Faszienlücke und damit werden zudem noch das Durchströmen und der Quellzustand des Punktes verändert. Man kann also sagen, dass sich sein biophysikalischer Status wandelt. Somit kann man auch mittels veränderter Funktion und Empfindlichkeit des Punktes auf externe Signale Rückschlüsse auf den Einfluss interner Signale ziehen. [13]

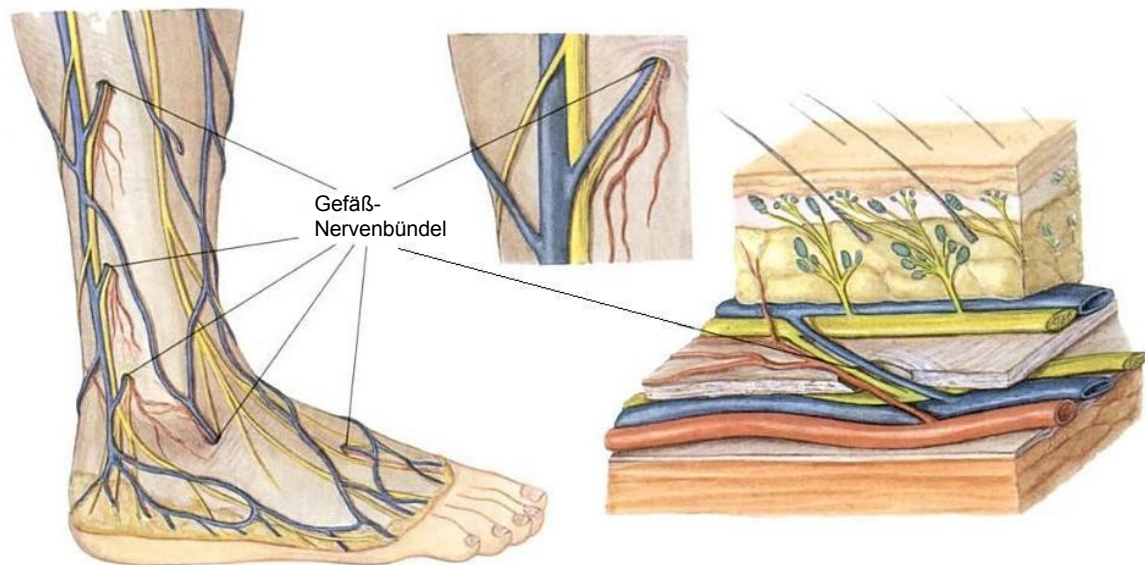


Abbildung 6: Gefäß-Nervenbündel

Die durch das Nadeln entstandenen Informationen werden nun entweder im Grundsystem mittels einer Kettenreaktion der Depolarisation oder über die humoralen und neuralen Informationswege weitergeleitet. Egal welchen Weg die Informationen nehmen, in höheren Zentren, vor allem in der Formatio reticularis, treffen sie meistens wieder zusammen.

Meridianen konnte bislang trotz mehrerer durchgeführter Studien kein morphologisches Substrat zugeschrieben werden. An den Extremitäten kann man aber eine Parallele zwischen den Verläufen von Nerven und Gefäßen einerseits und der Deckungsgleichheit mit kinetischen Ketten der Muskulatur andererseits beobachten. Die Deckungsgleichheit ist besonders am Stamm ausgeprägt, an dem die kinetischen Ketten der Rückenmuskulatur und Bauchmuskulatur liegen. [13]

2.3.7 Reaktionen der Haut auf die Reizsetzung mit einer Nadel

Durch den Einstich einer Nadel in den Akupunkturpunkt wird eine Mikrowunde gesetzt. Auf diese Verletzung reagiert die Grundsubstanz mit einer entzündlichen Reaktion und das Gefäßnervenbündel wird in Mitleidenschaft gezogen. Entsprechende nervöse und endokrine Antworten folgen.

Makroskopisch bemerkt man im Areal um die Nadel einen entstehenden roten Hof mit einhergehender Erhöhung der Temperatur. Diese Temperaturerhöhung soll auch im

Zielgebiet der Therapie mittels Thermographie beobachtbar sein. Die gesteigerte Wärme und damit erhöhte Durchblutung entstehen durch einen zentralen und peripheren Mechanismus der Vasodilatation. Zentral nimmt die Aktivität des Sympathikus ab und der Serotoninspiegel im Hirn steigt an. Peripher führt das Einstechen einer Nadel zur Ausschüttung des vasoaktiven intestinalen Polypeptids (VIP).

Auch die Strukturkombination der Wasserbiopolimere des Molekularsiebes oder flüssigen Milieus reagiert auf einen Nadelstich innerhalb von Sekunden und betrifft sogar den gesamten Körper. [13]

2.3.8 Punktelokalisierung

Es gibt mehrere Methoden, um einen Reizpunkt ausfindig zu machen. Es ist äußerst wichtig, die genaue Lage eines Punktes zu finden, um den Erfolg der Therapie zu garantieren. Man soll auch nach der Nadelung die Lokalisierung überprüfen, um bei eventuellen Abweichungen den Akupunkturpunkt erneut aufzusuchen. Heute lokalisiert man die Punkte anhand anatomischer Anhaltspunkte. Da man früher aber keine umfassenden anatomischen Kenntnisse hatte, bediente man sich einfacher Merkmale wie Falten, Haare, Knochenvorsprünge und anderer besonderer Kriterien.

Neben der bereits erwähnten klassischen Methode, bei der man von außen sichtbare Anhaltspunkte anwendet, gibt es noch die proportionale Messmethode, Hautwiderstandsmessung und das Aufsuchen von schmerzhaften Punkten. Die proportionale Methode ist die *Cùn*-Messung. Ein *Cùn* (寸, übersetzt: Körperzoll) entspricht etwa der Entfernung zwischen den Beugefalten des mittleren Gliedes des Mittelfingers bei geringer Beugung oder der Breite des Daumens des Patienten. Haben der Arzt und Patient etwa dieselben Proportionen, so kann der Arzt seine Hand zur Abmessung verwenden. Nur ist dem nicht immer so und daher hat man ein *Cùnometer* zur genauen Erfassung der Abstände für individuelle Personen entwickelt (Abbildung 7). Des Weiteren stehen manche Körperteile in einem bestimmten Verhältnis zueinander, das in *Cùn* ausdrückbar ist. Zum Beispiel: Rippenabstand ist 1 *Cùn* oder der Abstand zwischen Nabel und Xiphoidspitze beträgt 8 *Cùn*. Die Hautwiderstandsmessung ist Schwerpunkt dieser Arbeit und wird in anderen Kapiteln abgehandelt. Das Aufsuchen schmerzhafter Punkte wird bei Erkrankungen des Bewegungsapparates verwendet und durch Palpieren der betroffenen Stelle ermittelt. Diese schmerzhaften Punkte werden auch ohne Bezug zu einem Meridian gestochen. [15]

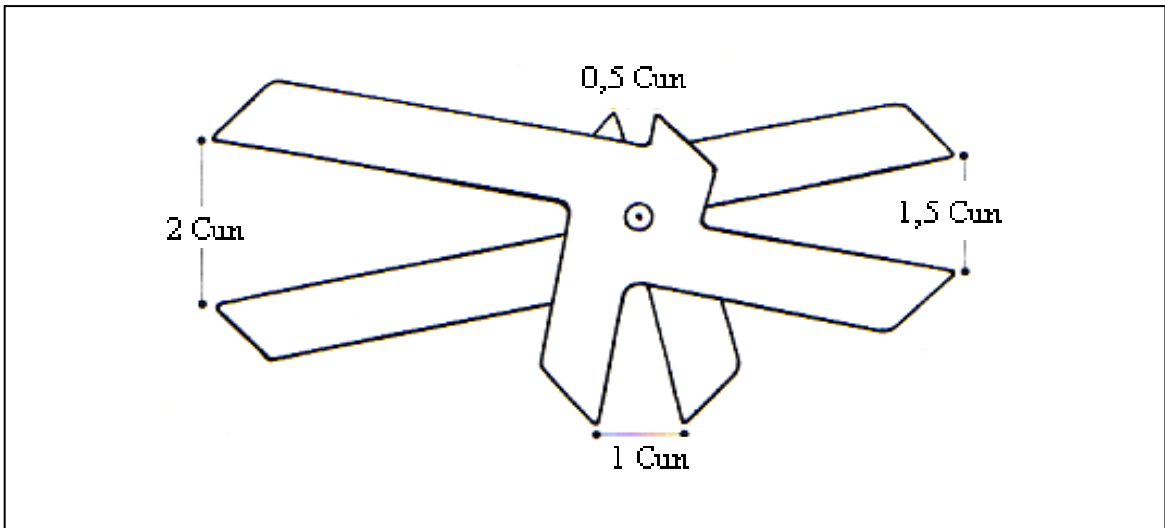


Abbildung 7: Cùnometer

2.3.9 Die Meridianuhr

Jedes Organ bzw. jeder Meridian hat am Tag ein zweistündiges Maximum des Energieflusses. Befindet sich ein Organ gerade in dieser Maximalzeit, ist das gegenüber in der Uhr liegende Organ in seiner Minimalzeit. Eventuell muss man auch diese Zeiten bei der Auswahl der zu testenden Punkte bezüglich ihres Widerstandes berücksichtigen und dieselben Punkte zur selben Tageszeit bei verschiedenen Probanden testen. [14] Wobei Eisenmann im Jahr 2006 [16] in ihrer Dissertation die Tagesrhythmik mit der Methode nach Dr. Voll untersuchte und dabei Schwankungen, die aber nicht der Meridianuhr entsprechen, entdeckte.

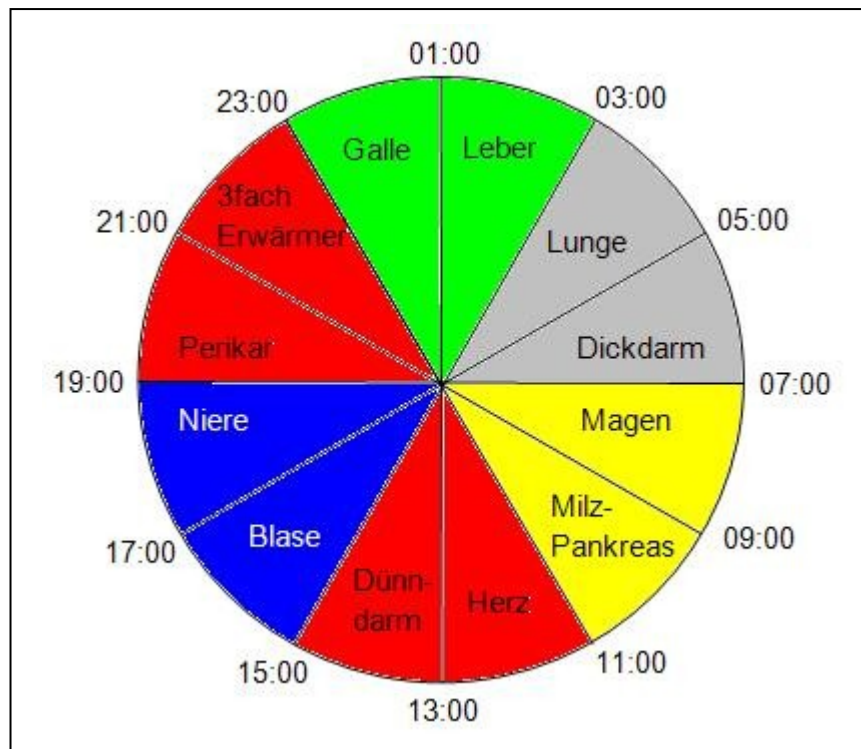


Abbildung 8: Die Meridianuhr

2.3.10 Chronopunktur

Die Chronopunktur ist ein sehr kompliziertes Verfahren, das ganze Bücher füllende Tabellen oder Computerprogramme erfordert. Daher ist es hier nur möglich, die Chronopunktur allgemein zu beschreiben, nicht aber ihre Berechnung im Detail zu erläutern. Basis dieser Theorie ist, dass manche Akupunkturpunkte zu gewissen Zeiten einen stärkeren Qi-Fluss aufweisen sollen als andere Punkte im selben Augenblick. In der TCM betrachtet man dieses Phänomen als systematische Öffnung bestimmter Punkte. Als Grundlage dieser Theorie dient die Schicksalsberechnung nach den 8 Zeichen, genannt ‚*Bāzì Suànmìng*‘ (八字算命). Mit ihr soll man das individuelle Qi und seine Entwicklung während des ganzen Lebens einer gewissen Person berechnen können. Entstanden ist die Lehre des *Bāzì Suànmìng* in der späten *Táng*-Dynastie (唐代/618-907 n.Chr.). [14]

Sollte die grundlegende Theorie der Chronopunktur, die auf chinesischer Astrologie basiert, zutreffen, so könnte dies vielleicht Auswirkungen auf die Widerstandsmessungen haben. Dies gilt natürlich nur, wenn die Chronopunktur beweisbar wäre und ein erhöhter Qi-Fluss die Impedanz senken könnte. Doch dies kann nicht Gegenstand dieser auf naturwissenschaftlicher Basis durchgeführten Diplomarbeit sein und die vorliegende Arbeit distanziert sich von astrologischen Deutungen.

3 Literaturrecherche

3.1 Geschichtlicher Überblick

Mitte des 20. Jahrhunderts wurden Arbeiten unter anderen von Nakatani [17] oder Niboyet [18] präsentiert, welche die Akupunkturpunkt-Lokalisierung revolutionieren sollten. Sie behaupteten, Akupunkturpunkte seien Stellen mit vermindertem Hautwiderstand. Viele Praktiker und Lehrende dieser Heilkunst vertrauen noch heute auf diese Theorie, obwohl Noordergraaf und Silage [19] in darauffolgenden Jahren den Grund dieser Hypothese im Störfaktor, der durch den variierenden und nicht objektivierbaren Anpressdruck bedingt sei, vermuteten.

Man ging auch davon aus, dass Akupunkturpunkte einen Widerstand von 50.000 Ohm besitzen, und andere Stellen der Körperoberfläche Werte von 200.000 bis 2 Millionen Ohm erreichen. Da diese Punkte nicht nur therapeutische, sondern auch diagnostische Eigenschaften besitzen sollen, verwenden heute viele Therapeuten elektrische Geräte, um damit auch die Möglichkeit zu haben, Rückschlüsse auf den dynamischen Status innerer Organe ziehen zu können. [20] Gerade im Bereich der Elektroakupunktur nach Voll bezieht man sich auf die Impedanzmessungen.

3.1.1 Kurzer Überblick über die Elektroakupunktur nach Voll

Die Elektroakupunktur nach Voll ist eine Methode, die zur Diagnostik und Therapie elektronische Verfahren, Erfahrungen der chinesischen Akupunkturlehre und Erkenntnisse aus Pharmakologie und Homöopathie nutzt. Dieses Verfahren soll als Ergänzung der klinischen Medizin gesehen werden. Mit den eigens dafür entwickelten punktuellen Widerstandsmessgeräten soll eine Ortung der chinesischen Akupunkturpunkte möglich sein. Man soll damit auch neue Hautmesspunkte finden können und ihnen eine Organ- bzw. Gewebsspezifität zuordnen können. Durch die Widerstandsmessungen an den Akupunkturpunkten soll eine funktionelle Diagnostik der zugehörigen Organe bzw. Gewebe durchführbar sein und daraus soll man Rückschlüsse auf ihren Energiehaushalt ziehen können. Diese Methode soll zur Herddiagnostik und zum Auffinden von Störfelder geeignet sein. Auch beginnende Erkrankungen könne man damit erkennen. Therapeutisch sollen niederfrequente Ströme den Energiehaushalt beeinflussen. [21]

3.2 Studienauswahl

Um geeignete wissenschaftliche Publikationen zu finden, wurden die elektronische Datenbank PubMed und die Suchmaschine ScholarGoogle verwendet. Um Übersetzungsproblemen auszuweichen, wurden nur Arbeiten in englischer und deutscher Sprache herangezogen. Es wurden folgende Suchbegriffe verwendet: Akupunktur, acupuncture, Akupunkturpunkt oder acupoint. Diese Wörter wurden dann mit folgenden Begriffen gekreuzt: Widerstand, impedance, resistance, Kapazität, conductance, capacitive und electrophysiological. Aus den gefundenen Ergebnissen wurden dann die Abstracts durchgearbeitet, um so die wichtigsten Studien für diese Arbeit zu gewinnen.

3.2.1 Beeinflussende biologische Faktoren des Hautwiderstandes

Um Studien auf ihre Reproduzierbarkeit und Aussagekraft beurteilen zu können, muss man erst mögliche Fehlerquellen der Studien in Betracht ziehen. Kramer et al. [22] fassten 2008 die wichtigsten möglichen störenden Einflüsse der Umgebung und der Probanden zusammen.

Umgebungsfaktoren wie erhöhte Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit oder diverse Stressfaktoren erhöhen die Bereitschaft der zu testenden Person zu schwitzen und verändern damit die Leitfähigkeit der Haut. Daher muss auch auf die Körpertemperatur und die lokale Blutzirkulation Rücksicht genommen werden. [22]

Die zu testende Hautstelle sollte frei von Veränderungen, wie Nävi, Narben, Entzündungen und ähnlichen sein. Ausgeschlossen muss auch erhöhte Hautfeuchtigkeit bei zum Beispiel Patienten mit Hyperthyreose werden. [22] Die Probanden sollten auch einheitlichen Geschlechts, Herkunft und Body Mass Indexes (BMI) sein, da diese wesentliche Faktoren der Hautdicke sind. Die Haut des Mannes ist durchschnittlich um das 1,5-fache dicker als die der Frau. Asiaten besitzen sogar eine doppelt so hohe Epidermis wie Kaukasier. Mit zunehmendem Alter soll sich die Dicke zwar nicht verändern, jedoch nimmt der Feuchtigkeitsgehalt ab. [23]

3.2.2 Anforderungen an das Equipment

Die Elektrodenpolarisierung fungiert als ungewollter Kondensator an der Elektroden-Haut-Kontaktstelle. Bei polarisierbaren Elektroden wird keine Ladung am Übergangsbereich

transportiert wenn sich Strom eingestellt hat. In der Grenzschicht zwischen der Elektrode und dem Gewebe werden Ladungsträger in unterschiedlichem Maß angehäuft. Diese Elektroden werden nur für spezielle Fälle eingesetzt und sind besonders für hohe Frequenzen geeignet. Im Gegensatz dazu stehen die häufiger verwendeten nicht-polarisierbaren Elektroden (wie v.a. Silber/Silberchlorid), die Ladung über die Kontaktfläche hinweg transportieren. Ausschlaggebend für die Polarisierung einer Elektrode sind das Material und die Größe der Elektrode, das Kontaktmedium, die Stromstärke und die Frequenz. Man sollte höhere Frequenzen, nicht-polarisierbare und größere Elektroden verwenden. [2]

Das Material der Elektrode ist ein ausschlaggebender Faktor. Die Elektrode soll die Ladung auf biologisches Gewebe übertragen und kann dabei entweder eine aktive oder eine passive Rolle spielen. Inerte Materialien, wie zum Beispiel Platin, dienen der möglichst optimierten Signalübertragung, ohne an einer Redox-Reaktion teilzunehmen. Es wird somit ein gewisser Schwellenwert an Spannung benötigt, damit Strom durchs Gewebe fließt. Diese inerten Elektroden werden als polarisierbar bezeichnet. Weniger chemisch träge Materialien wie Silber/Silberchlorid Elektroden nehmen direkt an der Ladungsübertragung teil. Schon bei geringen Spannungen fließt Strom. Solche Elektroden werden als nicht-polarisierbar betrachtet. Für Messungen der Impedanz sind nicht-polarisierbare Elektroden geeignet, für Spannungsmessungen sollten alle verwendeten Elektroden aus dem gleichen Material bestehen. [2]

Das Kontaktmedium, wenn man eines verwendet, beeinflusst die Polarisierbarkeit der Elektrode und den elektrischen Widerstand der Haut. Bei trockener Anwendung soll man konstanten Druck und höhere Stromfrequenzen verwenden. Unter den feuchten Kontaktmedien gibt es Elektrolytlösungen und Hydrogels, wobei letztere am häufigsten verwendet werden. Bei diesen ist der Anpressdruck vernachlässigbar, wichtiger ist es, den Haut-Medium-Kontakt für eine kontinuierliche Messung aufrechtzuerhalten. [2]

Die Elektrodengeometrie, angegeben durch Form und Größe, legt die Bahn des Stromes fest. Biologisches Gewebe setzt sich aus unterschiedlichen Komponenten zusammen. Die Stromdichte verteilt sich auch ungleich und führt zu einer Komposition verschiedener Impedanzwerte. Die Stromdichte ist am höchsten an der Elektrodenauflagefläche und somit auch die dort gemessenen Widerstandsparameter. Somit verändern oberflächliche Hautwiderstandswerte die gesamte gemessene Impedanz mehr, als tiefere Schichten der Haut. Dieser Fakt kann auch genutzt werden, wenn eine der Elektroden viel kleiner ist. Denn dann erhöht sich an dieser Kleineren die Stromdichte und die Widerstandswerte dieser Elektrode spielen eine viel größere Rolle. Somit wird die Kleine zur aktiven und die

andere wird zur inaktiven Elektrode. Man nennt dies ein monopolares Setup. Bipolare Settings verwenden Elektroden gleicher Größe. [2]

Die Anordnung der Elektroden darf man auch nicht außer Acht lassen. Von ihr hängt ab, von welchem Gewebe der größte Teil des Widerstandes gemessen wird. Liegen die Elektroden beim bipolaren Setup enger beieinander, so misst man die Impedanz höherer Schichten, so wie die der Epidermis. Erweitert man den Abstand, so nimmt auch die gemessene Schichttiefe zu. Trotzdem darf man die Epidermis auf Grund der Stromdichte an der Elektrodenauflagefläche nie außer Acht lassen. Bei Gleichstromgeräten ist die Anordnung besonders wichtig, da man noch eine Referenzelektrode benötigt und den Abstand zwischen Referenz- und zu messender Elektrode genau beachten muss. Die Distanz zwischen beiden soll nicht zu klein oder zu groß gewählt werden, um eventuelle Fehler zu vermeiden. [2]

Um die Polarisierung einer Elektrode zu umgehen, verwendet man auch gern die weithin akzeptierte Vier-Elektroden-Methode. Man platziert hierbei vier Elektroden in linearer Ausrichtung am oder im Gewebe. Die äußeren zwei Elektroden leiten den Strom in die Haut, die inneren messen die Spannung. Die Berechnung erfolgt nun durch Division der Spannung der inneren Elektroden durch die Stromstärke der Äußeren. Da hier die Inneren keinen Strom tragen, werden nur die Äußeren, die nicht gemessen werden, polarisiert. Der Widerstand wird zwischen den inneren Elektroden gemessen. Auch wenn es als Gold-Standard angesehen wird, ist diese Technik nicht ganz ohne mögliche Fehlerquellen. Zum Beispiel führt erhöhter Widerstand zwischen inneren und äußeren Elektroden zur Verringerung der gemessenen Spannungen und damit zur falschen Interpretation eines verminderten Widerstands des ausgewählten Gewebes. [2]

3.2.3 Evaluierung bereits vorhandener Studien

McCarrol [24] entdeckte, dass der Hautwiderstand zu 94 % vom Stratum corneum abhängt und dass Veränderungen des Widerstands häufig durch Akkumulation von Schweiß unter der Elektrode entstehen. Er behauptete, dass eine höhere Anzahl an Nervenzellen unter der Dermis die Leitfähigkeit nicht erhöhe. Den erniedrigten Hautwiderstand erklärte er durch zufällige Penetration der Elektrode durch das Stratum corneum. Er unterstützte diese Theorie durch Tests an Labortieren, deren unterentwickelte Hornschichten auch keine auffindbaren Resistenzunterschiede aufwiesen. In dieser Studie wird aber nicht ausgeschlossen, dass Akupunkturpunkte einen niedrigeren Widerstand aufweisen können. Als Material verwendete er ein 5 x 5

Elektroden-Gitter zur Messung. Die Punkte wurden jedoch selbst aufgesucht und dies konnte mit Fehlern behaftet sein. In der Arbeit wird nichts von ausgebildeten Akupunkteuren erwähnt, welche die Punkte aufsuchten. Man folgte den Punktetabellen nach Tan et al. [34] und suchte die Punkte selbst. Die Anzahl an Probanden war mit 8 Personen sehr gering. Es wurde nur am Arm unter der Verwendung von Wechselstrom getestet.

Im Team um Becker und Reichmanis [25] wurde versucht, mittels einer Wheatstone'schen Brücke mit Verwendung von Gleichstrom (2 V) die Leitfähigkeit an gewissen Punkten zu messen. Ein Rasterfeldes von 2,5 x 3,5 cm aus 36 rostfreien Stahlelektroden mit einem Durchmesser von 0,2 cm wurde verwendet. Als Referenz wurde ein selbst in der Hand haltbarer Stahlzylinder mit einer Länge von 10 cm und einem Durchmesser von 3 cm verwendet. Jede Elektrode übte einen Druck von $3,12 \times 10^4$ dynes/cm² auf die Haut aus. Untersucht wurden 10 Punkte am 3Erwärmer- und Lungenmeridian an 10 Probanden. Man zeichnete zwei so nahe wie möglich gelegene Quadrate ein, eins mit und das andere ohne einen Akupunkturpunkt. Diese Areale mussten frei von Hautveränderungen sein. 20 Sekunden dauerte eine Messung und wurde 8-mal wiederholt. Das Verum- und das Placebo-Areal wurden an derselben Person verglichen und zur Auswertung herangezogen. Von hundert Messungen hatten 76 signifikant erhöhte Leitwerte. Es wurden keine Aussagen zu den Probanden gemacht. Das Setup war sehr gut gewählt. Vor allem, dass man den Druck der Elektroden auf die Haut beschreiben konnte. Die Verumfläche im Vergleich mit dem Placebo-Punkt an einer Person und nicht dem Kollektiv zu untersuchen ist auch eine sehr elegante Methode. Wobei es interessant wäre, wie man 10 Punkte findet, die in nächster Nähe Areale besitzen, die frei von Akupunkturpunkten oder Meridianen sind. Die Abstände zwischen den Elektroden ergeben eine Distanz von etwa 4 mm, was eventuell Punkte mit einem geringen Durchmesser verschwinden lassen könnte.

Hyvärinen und Karlsson [26] untersuchten die Hände, das Gesicht und die Ohren von nur 5 gesunden Medizinstudenten auf Stellen mit niedrigeren Hautwiderständen und deren Übereinstimmung mit den in der Literatur vorhandenen Akupunkturpunkten. Das Messgerät bestand aus einer 0,5 mm großen inneren Elektrode und einer umschließenden 2,5 mm großen Referenzelektrode unter der Verwendung von Gleich- und Wechselstrom. Ihre Messungen ergaben Punkte mit Durchmessern von 1,5 mm +/- 0,5 mm mit abrupten Grenzen. Die Impedanz- und Widerstandsunterschiede variierten von 10 kOhm in der Mitte des Punktes bis zu 3 MOhm in der umgebenden Haut. Trotz der

interessanteren Methode, die Messungen zuerst durchzuführen und dann mit der in der Literatur vorhandenen Lokalisationen abzugleichen, war das Probandenkollektiv zu klein und die Elektrode identifizierte nur kleine Punkte an den Fingerspitzen und den Ohren.

Pearson et al. [27] führten ihren Test mit zwei Messsonden durch. Verwendet wurden der Prognos (MedPrevent GmbH, Walderdorf, Germany), der 4,57 mm im Durchmesser beträgt und mit Gleichstrom betrieben wird, und eine mit Wechselstrom betriebene Sonde mit 3,56 mm im Durchmesser, die selbst entworfen wurde. Drei Punkte wurden untersucht (Pe8, 3E1, Gb14). An der Studie nahmen vierzehn Frauen und sechs Männer im Alter von 23 bis 65 Jahren und in gesunder Verfassung teil. Die Punkte wurden durch vier erfahrene Akupunkteure aufgesucht. Als Referenzen wurden zwei nahegelegene Punkte genommen, wobei einer am Meridian und der andere ohne Bezugspunkt auf der Haut liegt. Bei dieser Studie erreicht nur ein Punkt unter der 100 Hz Wechselstrom Messung eine signifikante Differenz. Problem dieser Punkte ist aber, dass sie an Stellen mit höherer Schweißdrüsendichte liegen. Noch dazu variiert das Alter der teilnehmenden Probanden sehr stark. Der Anpressdruck und Anlegewinkel der Sonden wurde nicht angegeben. Der selbsterrechnete Intra-Klassen-Korrelationskoeffizient von vier Wiederholungen pro Elektrode zeigte stärkere Ergebnisschwankungen bei manchen Punkten auf.

Colbert et al. [28] haben schon im Jahre 2004 den Prognos auf seine Reliabilität untersucht. Der Prognos wurde im Raumfahrtprogramm der UdSSR als Gesundheitserhaltungssystem für Astronauten entwickelt.

Das Gerät selbst soll die wichtigsten drei Instrument-assoziierten Fehlerquellen ausschalten: Die Größe, den Anpressdruck und die Dauer der Applikation der Sonde. Die Sonde hat einen Durchmesser von 4,57 mm und ist beweglich und gefedert gelagert. Das Gerät berechnet den Durchschnittswiderstand von 400 Messungen in 200 msec. Untersucht wurde in dieser Studie die Version 3 des Gerätes mit der Software Version 2.4. Der Apparat ist im Grunde genommen ein Ohmmeter, bestehend aus einer Stromquelle, die mit einer Messsonde und einer Referenzelektrode (6 x 3,5 mm) verbunden ist. Diese Referenzelektrode ist mit einem Klettband an der volaren Seite des Unterarms befestigt. Der Prognos verwendet Gleichstrom und die Sonde wird im Winkel von 90° auf die zu untersuchende Stelle gehalten.

Die Studie wurde an 31 gesunden Patienten (17 weibliche und 14 männliche) im Alter von 23 bis 63 Jahren durchgeführt. Drei Durchgänge wurden pro Patient durchgeführt. Einer entsprach der standardklinischen Anwendung, einer mit markierten Punkten und einer mit

vier rasch aufeinanderfolgenden Messungen. Verwendet und verglichen wurden die 24 *Jīng-Xué* (井穴/Brunnen-Punkte). Die *Jīng*-Punkte sind auf dem Meridian am weitesten distal gelegen und sind die Meridiananfangspunkte oder Endpunkte. *Jīng*-Punkte sollen Ein- und Austrittspforten der Energie sein. 288 Messungen von jedem Patienten wurden zur statistischen Auswertung verwendet. Die Ergebnisse ergaben einen durchschnittlichen Wert für die Wiederholbarkeit von 0,758 (standard clinical protocol) für die ersten Durchgänge, für die zweiten von 0,85 und für die dritten von 0,959. Interessant war auch, dass die Yang-Organen eine höhere Reliabilität als die Yin-Organen aufzeigten. Bei dieser Studie wurden die Punkte miteinander verglichen. Es wurden keine Referenzen verwendet und die Punkte lagen auch nur an den Fingernagelfalzwinkeln, wo die Haut sehr dünn ist. Diese Stelle mag zwar gut für die Messungen sein, hat aber keine Relevanz für viele andere Akupunkturpunkte. Die Messungen wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen im Februar zwischen 9 und 19 Uhr durchgeführt. Da die Widerstandswerte nach Colbert 2006 [29] aber zum Beispiel bei einer Person im wachen oder schlafenden Zustand variieren, müsste man den Zeitraum geringer halten. Die im zweiten Durchgang verwendete Tinte soll auch den Widerstand beeinflussen können. [30] Die Raumtemperatur schwankte zwischen 16°C und 22°C. Wobei bei solchen Messungen die Temperatur, das Geschlecht und Alter wenig Bedeutung haben, da bei jedem seine individuellen Ergebnisse verglichen werden.



Abbildung 9: Prognos (MedPrevent GmbH, Waldershof, Germany)

Ein sehr ähnliches Experiment zur Testung des Prognos wurde 2010 von Turner et al. [30] durchgeführt. Sie versuchten das experimentelle Setup zu optimieren, verwendeten aber die gleichen Punkte und weniger Probanden. Es nahmen 21 Personen im Alter von 23 bis 64 Jahren teil, von denen 18 weiblich und 3 männlich waren. Ihr Aufbau war dem von Colbert sehr ident, sie schränkten ihren Zeitraum von 8 bis 12 Uhr mehr ein, markierten keine Punkte mit Tinte und führten fünf rasch wiederholte Messungen durch. Sie verwendeten anstatt der Tinte Kleberinge zur Markierung der Punkte. Ein kompletter Messzyklus dauerte in etwa 2 Minuten. Ihr Ergebnis war dem von Colbert sehr ähnlich, es variierte nur der *Jīng*-Punkt des 3fachen Erwärmers (*Guān Chōng*/美冲) an der rechten Hand stark und wurde aus der statistischen Auswertung genommen.

Kramer et al. [22] untersuchten 2008 den Punkt Gb34 in ihrer Studie. Sie verwendeten ein Feld von 8 x 8 Elektroden, das eine Fläche von 6 x 6 cm einschließt. Gesunde Probanden beider Geschlechter im Alter von 18 bis 40 Jahren wurden untersucht. Die Stromstärke und Spannung glichen sie den handelsüblichen Geräten an. Die Messungen ergaben unterschiedliche Ergebnisse und schlossen auch Erhöhungen des Widerstandes ein. Neben dem wahrscheinlich schweißfördernden Array liegt Gb34 noch dazu an einer anatomisch ungünstigen Stelle distal des Fibulaköpfchens mit unterschiedlichen anatomischen Strukturen.

Kramer et al. [31] führten 2009 mit derselben technischen Ausrüstung das Experiment an 53 Personen an sechs Punkten an Armen und Beinen durch und nahmen auch Rücksicht auf die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens. Subgruppen wurden formiert mit unterschiedlichen Zeitintervallen von wiederholten Untersuchungen (1 Minute, 1 Stunde, 1 Woche) und variierenden Graden der Höhe des Stratum corneum. Die Resultate ergaben wiederum höhere und auch niedrigere Widerstände ohne Signifikanz, waren aber nur bei Wiederholungen nach einer Minute reproduzierbar.

Die Studien von Kramer et al. [22,31] zeichnen sich durch größere Gruppen an ausschließlich gesunden Probanden und bestmöglichen Ausschluss störender Faktoren aus. Wobei man beachten muss, dass nicht geschlechterspezifisch untersucht wurde und das Array ziemlich groß war und möglicherweise für vermehrte Schweißbildung sorgen könnte. Es wäre auch möglich, dass es zu groß war, also die einzelnen Messelektroden zu weit voneinander entfernt waren, um den Akupunkturpunkt zu erfassen. Man versuchte auch einen möglichst konstanten Anpressdruck von 10 mmHg via Blutdruckmanschette aufzubauen. Ob die Manschette die Elektroden gleichmäßig und ohne Verschiebungen anpresste, wurde nicht evaluiert. Männer mit Beinbehaarung mussten sich am Vorabend die zu testende Stelle rasieren, was Einfluss auf die Hornschicht der Epidermis nehmen

konnte. Man denke an das „Tape-stripping“ und die Unebenheit an der Fibula, welche den Rasierer nicht mit gleichmäßigem Druck führen lässt. Trotzdem ist dieses Elektrodenfeld, das von Wiegele et al. [32] entwickelt wurde, ein sehr gutes Konstrukt und bietet bei Verringerung der Abstände zwischen den Sonden einen Ausblick für noch bessere Messergebnisse.

Cho und Chun [33] führten ihre Untersuchungen mit einem 16-Kanal Impedanz Messgerät durch. Zehn gesunde, rechtshändige Männer im Alter von 26 bis 31 nahmen an dieser Studie teil. Es wurden auch Angaben über Größe und Gewicht gemacht, und die berechneten BMI-Werte reichten von 19,8 bis 28,2. Die Punkte wurden mit Hilfe der *Cùn*-Einheiten und eines *Cùnometers* aufgesucht. Sechzehn häufiger benutzte Punkte wurden verwendet. Die Elektroden wurden mittels Pflaster angeheftet. Die Untersuchungen wurden nicht gegen eine Referenz geprüft. Insgesamt drei Durchgänge pro Punkt wurden durchgeführt. Das Setting war sehr gut, man versuchte alle möglichen Störfaktoren auszuschließen. Man nahm unter anderem sogar Rücksicht auf Lärm- oder Lichtbelästigungen und führte die Untersuchungen immer zu bestimmten Uhrzeiten an aufeinander folgenden Tagen durch. Das Pflaster, das den Druck pro Auflagestelle konstant halten sollte, konnte jedoch die Schweißproduktion steigern. Eigenständiges Aufsuchen der Punkte konnte mit Fehlern behaftet sein und leider wurden keine Referenzen an nicht mit Meridian assoziierten Stellen vorgenommen. Die Ergebnisse erfüllten nicht die Kriterien reproduzierbar zu sein. Durch die Verwendung von Wechselstrom mit 20 Hz hätte es ein zu niedriges und wenig verwertbares Signal geben können.

Im Jahr 2004 untersuchten Zhang und Jeong [35] mittels Vier-Elektroden-Methode die subkutane Impedanz von Akupunkturpunkten. Ihr Ziel war es, mittels dieser Methode herauszufinden, ob man niedrigere subkutane Widerstände nachweisen kann. Die vier Elektroden verwendeten Gleichstrom mit 38 mA und 5 kHz. Mit einem „single power alternative power“ (SPAC) Gerät, das Strom mit 1,28 Volt und 4 kHz verwendet, wurden die Akupunkturpunkte, also Stellen mit niedrigeren Hautwiderständen, aufgesucht. An zwölf gesunden Probanden (7 weibliche und 5 männliche) im Alter zwischen 20 und 30 Jahren wurden 7 Punkte an den Armen untersucht. Es wurde gegen zwei Referenzen, eine medial und eine lateral des Akupunkturpunktes, untersucht. Das Ergebnis zeigte eine signifikante Reduzierung der Impedanzen an den Akupunkturpunkten. Problem war jedoch, dass die Punkte nur mittels des SPAC-Gerätes aufgesucht wurden. Des Weiteren nahmen an der Studie nur zwölf Probanden unterschiedlichen Geschlechts teil. Sie

konnten jedoch zeigen, dass die subkutane Vier-Elektroden-Methode, auch wenn sie für den täglichen Ordinationsgebrauch ungeeignet ist, eine hohe Reproduzierbarkeit aufweist.

2009 untersuchten Colbert et al. [36] mittels einem 8-Kanal-Messgerät, dem Oktopus, den Widerstand und die Kapazität von Akupunkturpunkten. Die Messung der Kapazität scheiterte leider aufgrund einer Software Fehlfunktion. 33 gesunde Frauen und Männer im Alter ab 18 Jahren partizipierten an dieser Studie. Das Messgerät wurde auch gegen standardisierte Widerstände und Kondensatoren kalibriert. Der Oktopus verwendet Gleichstrom und macht Messungen mit stufenweis ansteigenden Volteinheiten, bei null beginnend bis zu einem spezifizierten Wert. Eigentlich sollte dieses Messgerät, wie kein anderes Gleichstrom-verwendendes, die Widerstand- und die Kapazitätswerte durch Messungen des Zeitverlaufs als Reaktion auf einen Spannungsschritt wiedergeben. Alle 4 Sekunden schafft das Gerät einen Messzyklus. Es wurden Silber/Silberchlorid-Elektroden mit einem Durchmesser von 4 mm verwendet. Für die Auflagefläche der Elektrode wurde ein Gel verwendet um das Haut-Elektrolyt-System am wenigsten zu stören. Die Referenzelektrode wurde an der volaren Unterarmseite, vor dem Punkt Pe6 angelegt. Als Punkte wurden Lu9, Pe6, Mi1, Le1 und Mi6 ausgewählt. Zwischen Lu9 und Pe6 wurde ein Placebo-Punkt mit 4 mm Entfernung ausgesucht. Von Mi1, Le1 und Mi6 wurde eine Distanz von 3,5 cm für den Placebo-Punkt gewählt. Zwei erfahrene Akupunkteure suchten die Punkte auf. Die Messungen pro Person dauerten zwei Stunden. Über 1800 Werte erhielt man so. Für die Punkte Mi1 und Le1 sowie für Pe6 und Lu9 wurden jeweils Mittelwerte berechnet, um diese mit den ihnen nahegelegenen Placebo-Punkten zu vergleichen. Die Werte hatten eine hohe Reliabilität. Jedoch waren nur die Messwerte des Paares Le1 und Mi1 signifikant.

Es wurden in dieser Arbeit keine näheren Angaben zu den Probanden gemacht. Sie waren gesund und die Haut war frei von Veränderungen. Den Punkt von zwei verschiedenen Akupunkteuren aufsuchen zu lassen, von denen einer auch behauptete die Punkte spüren zu können, und dann eine kleine Elektrode aufzusetzen ist wissenschaftlich nicht sehr fundiert. Die Referenz hielt sich in nächster Nähe von Pe6 auf, aber weit entfernt von Mi1, Le1 und Mi6. Wie schon erwähnt nimmt das große Auswirkungen auf die gemessene Schichttiefe und auf das gesamte Ergebnis.

4 Studie „Elektrische Hautwiderstandsmessungen und Akupunktur“

Die Studie „Elektrische Hautwiderstandsmessungen und Akupunktur“ wurde im Rahmen der forschungsgeleiteten Lehre am interuniversitären TCM-Forschungszentrum Graz und an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Graz (Forschungseinheit für biomedizinische Technik in Anästhesie und Intensivmedizin) unter der Leitung von Univ.-Prof. DI Dr.techn. Dr.scient.med. Gerhard Litscher und fachkundiger Unterstützung von Univ.-Ass. Dr.med.univ. Wang Lu durchgeführt.



Abbildung 10: Logo des TCM Forschungszentrum Graz

4.1 Fragestellung und Zielsetzung

Hautwiderstandsmessungen sind ein komplexes Gebiet mit hohen technischen Anforderungen. Allein schon die Entscheidung, ob man ein punktuell Messverfahren oder ein Multikanalgerät anwendet und dieses entweder mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom betriebsfähig wird, ist schwer zu treffen. Die derzeitige Datenlage ist aufgrund der Limitationen der Untersuchungen und Einflussfaktoren grundsätzlich mit großer Zurückhaltung zu interpretieren.

Das autonome Nervensystem spielt im Bereich der Akupunkturgrundlagenforschung eine wichtige Rolle. Durch Messung und Analyse des elektrischen Hautwiderstandes soll es möglich sein, akupunkturspezifische Veränderungen der Aktivität des autonomen Nervensystems zu untersuchen. Viele Praktiker dieses Heilverfahrens verlassen sich vor allem bei der Ohrakupunktur (in dieser Arbeit nicht berücksichtigt) auf die korrekte Auffindung eines Punktes mittels Widerstandsmessungen. Manche Praktiker gehen sogar

soweit, dass sie behaupten, dass man mittels punktueller Widerstandsmessung eines Akupunkturpunktes Rückschlüsse auf den Status eines Organs ziehen könne und so eine - aufgrund der derzeitigen Datenlage - zweifelhafte diagnostische Grundlage für eine Therapie hat (Kapitel 3.1.1).

Es ist nun wichtig zu klären, ob Akupunkturpunkte veränderte Widerstandswerte gegenüber dem umgebenden Gewebe haben. Solange dies nicht vollständig erhoben ist, kann man auch keine zuverlässigen diagnostischen Rückschlüsse aus einer möglichen Variabilität gemessener Impedanzen in Betracht ziehen.

Von weiterem Interesse ist auch die noch nicht durchgeführte Methode, der Widerstandsmessung während einer Akupunktur, in Bezug auf Änderungen der Impedanzen bei Einstechen und dem später folgenden Entfernen der Nadel.

Es sollen deshalb folgende Kernfragen beantwortet werden:

- 1.) Ist es sinnvoll, den Hautwiderstand zu messen, um die genaue Lokalisation des Akupunkturpunktes zu erhalten?
- 2.) Verändert Akupunktur Parameter des elektrischen Hautwiderstandes?

In der Beantwortung der beiden Kernfragen soll auch auf die Grenzen der Methode eingegangen werden (z.B. Einkanalmessungen, Messfläche oder Anpressdruck).

4.2 Konzept

Geplant waren für diese Studie Messungen an zehn männlichen Probanden, gleicher Herkunft und ähnlicher Statur. Gemessen werden sollten der Punkt *Kōngzui* und ein Placebo-Punkt. Pro Person sollten 4 Messungen durchgeführt werden. Das bedeutet, dass an jedem Arm jeweils ein Akupunkturpunkt und ein Placebo-Punkt in diese Studie einfließen sollten. Insgesamt sollte man schlussendlich 40 Messergebnisse erhalten, die in zwei Gruppen aufgeteilt werden, von denen eine die 20 Verum-Punkte und die andere die 20 Placebo-Punkte umfasst. Diese zwei Gruppen sollten schließlich miteinander verglichen werden.

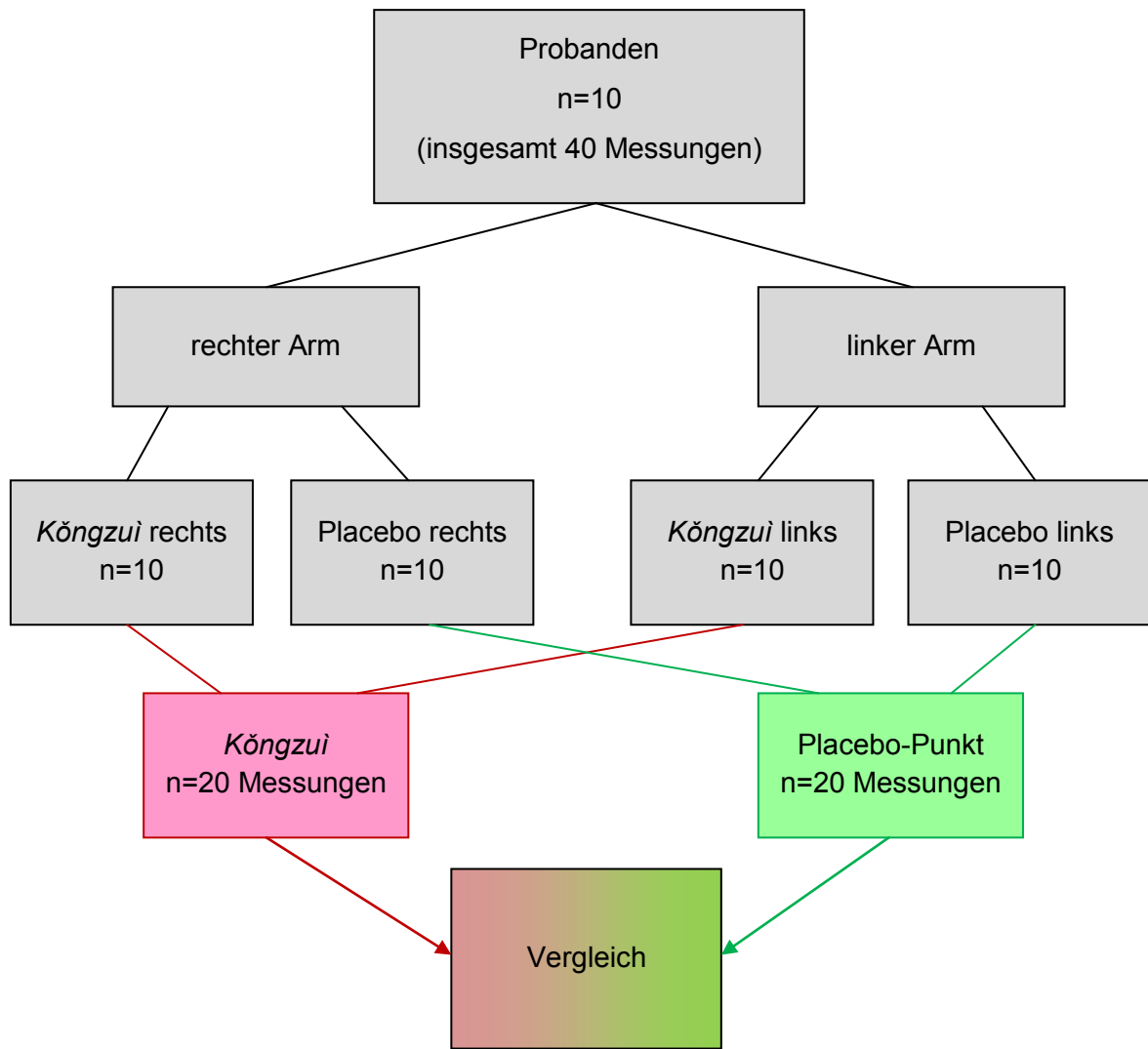


Abbildung 11: Konzept

4.3 Methode

Verwendet wurde für diese Studie das Grazer ElektroDermale ImpedanzmessSystem (GEDIS). Das GEDIS ist entwickelt worden um den Hautwiderstand eines Akupunkturpunktes über eine beliebige Zeit von wenigen Sekunden bis zu mehreren Stunden zu messen. Die elektrische Grundlage beruht auf der Verwendung von Gleichstrom mit $1,46 \mu\text{A}$. Eine Kalibration gegenüber einem Standard ist nicht möglich, da es derzeit keine standardisierten Geräte gibt. [38]

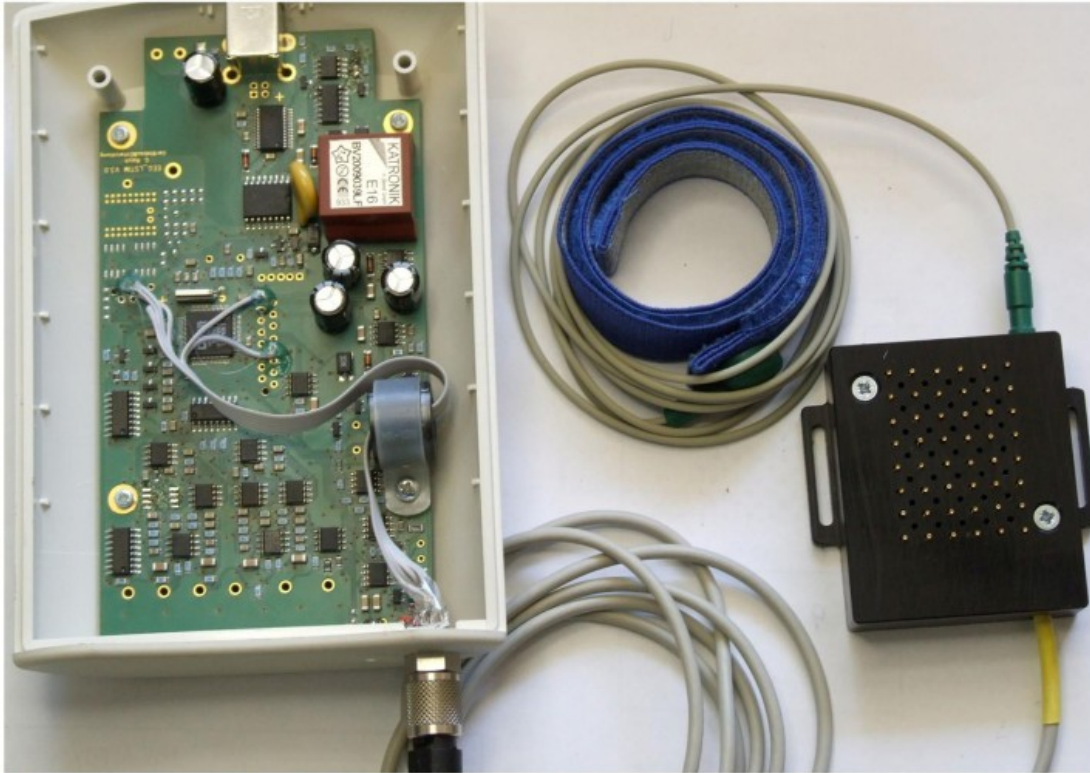


Abbildung 12: GEDIS

An der Rückseite des Sensorteils vom GEDIS befindet sich eine kleine Öffnung, durch die man einen gewissen vorher lokalisierten Punkt mit einer Nadel oder auch einem Laser stimulieren kann.

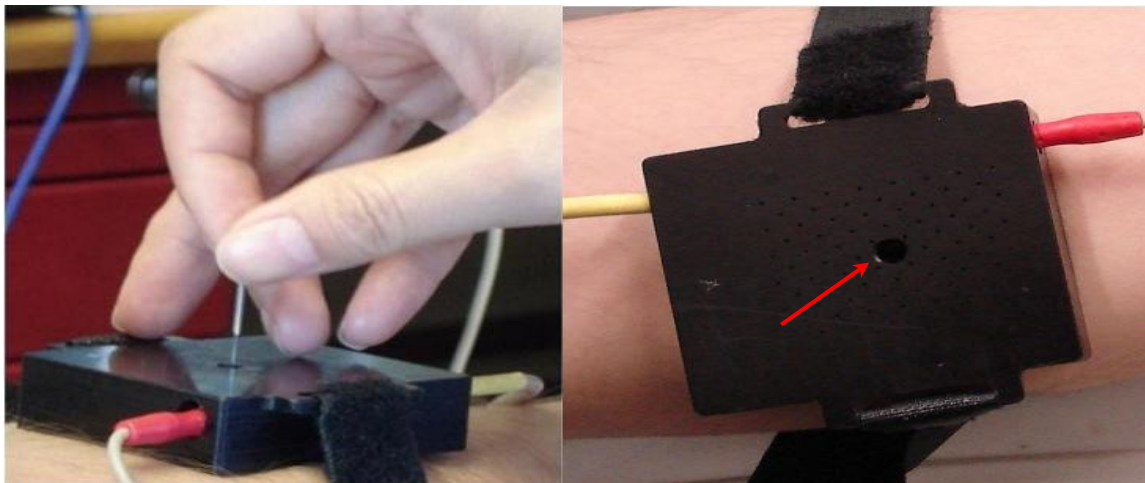


Abbildung 13: Einstichöffnung

Die 48 Signale des Messgerätes gelangen in den Multiplexer, der Informationen von Kanälen einer Anzahl n an Kanäle einer Anzahl m weitergibt. In diesem Fall beträgt $n = 48$ und $m = 1$, also 48 Eingänge und nur ein Ausgang. Das Ausgangssignal wird dann verstärkt (Amp). Die Referenzelektrode ist an eine Konstantstromquelle, mit $1 \mu\text{A}$, angeschlossen, die einen lastunabhängigen konstanten Strom liefert. Der Mikrocontroller hat eine Auflösung von 12 Bit und führt eine Konvertierung des analogen Signals in ein digitales durch. Der Rs232 Isolator ist ein Schnittstellen Isolator für digitale galvanische Trennung. Dieser fängt die Differenzen der Erdpotentiale, die meist bei Verwendung verschiedener Netze auftreten können, ab. Die Spannungsversorgung für den Controller erfolgt über den Isolated Power Supply, der die nötige Spannung von der USB-Schnittstelle bekommt. Der USB to Rs232 Converter wandelt das USB Signal ins serielle Signal um. (Abbildung 14)

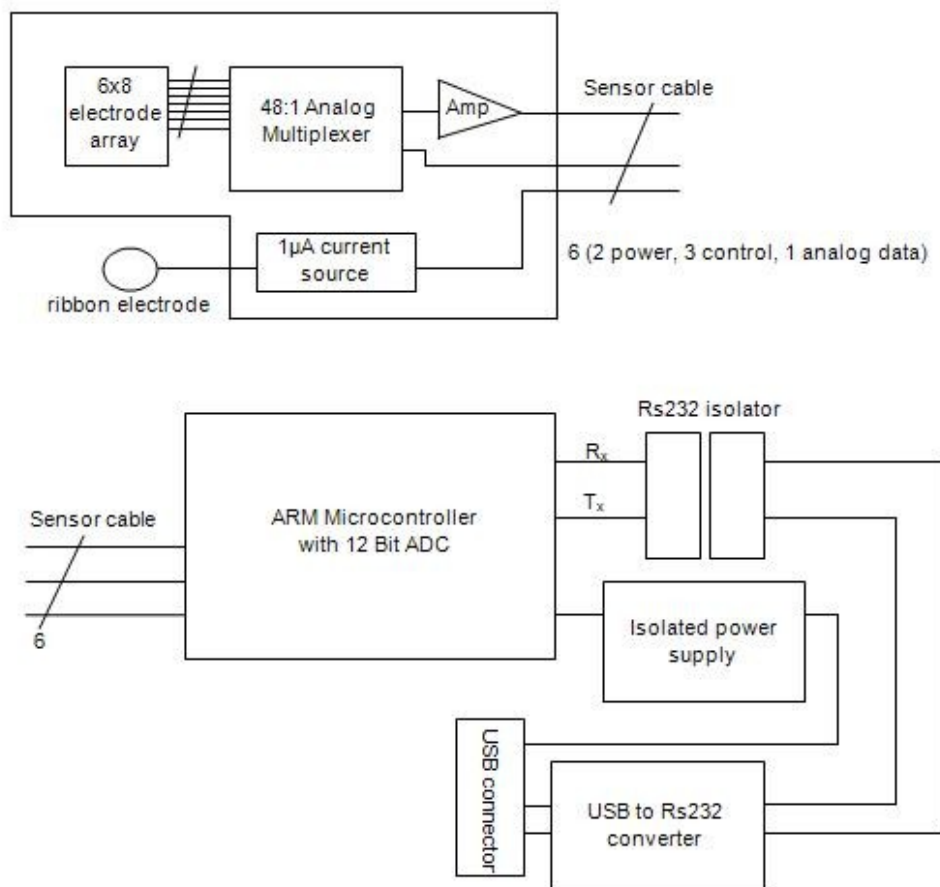


Abbildung 14: Schaltplan

Das GEDIS besteht aus einem Feld von 48 Elektroden (8 x 6). Die Messelektroden bestehen aus einem Beryllium-Kupfergemisch, das mit Gold überzogen ist. Der Durchmesser einer Elektrode beträgt 0,9 mm. Das Feld nimmt einen Umfang von 3,5 cm Länge und 2,5 cm Breite ein. Als Referenz wird eine gewöhnliche EKG-Elektrode verwendet. (Abbildung 15)

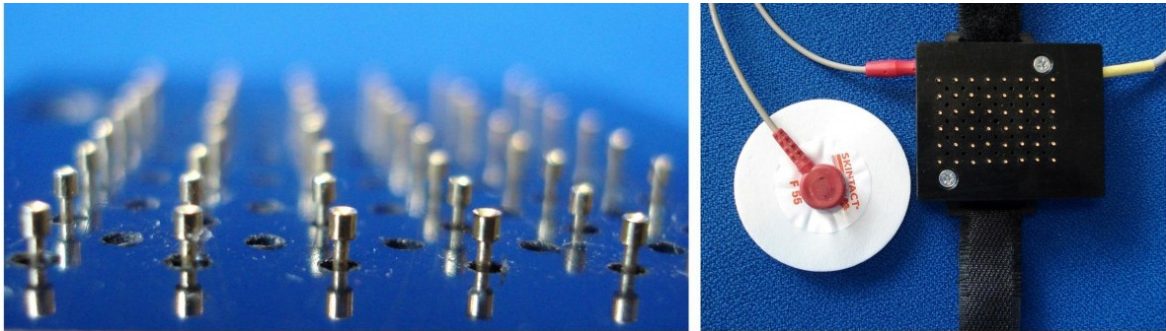


Abbildung 15: Elektroden

Die einzelnen Elektroden sind federnd gelagert, um einen möglichst gleichmäßigen Druck auf die Haut zu erzielen. Jegliche genaue Messung des Druckes des Messinstrumentes auf die Haut während der Durchführung einer Widerstandsuntersuchung ist nicht möglich. Der Druck der Elektrode schwankt im Bereich von 0,5 – 1 N.

Für die Untersuchung wurden Stahlakupunkturnadeln der Firma SEIRIN verwendet. Gearbeitet wurde mit SEIRIN LE-Type No.8 (0,30 mm x 50 mm). Diese Nadeln sind ohne Silikonbezug, können daher auch für Moxibustion verwendet werden und haben einen spiralförmigen Griff aus rostbeständigem Edelstahl.

4.4 Probanden und Prozedere

4.4.1 Setup

Die Studie wurde am LKH-Univ. Klinikum Graz durchgeführt. Ein eigens dafür vorgesehener Raum konnte genützt werden. In diesem Zimmer herrschten ruhige und angenehme Verhältnisse. Zu grelles Licht, stressige Begebenheiten oder Lärm jeglicher Art wurden vermieden. Die Temperatur betrug konstante 23° Celsius.

Alle Messungen fanden vom 17.01.2011 bis 19.01.2011 im Zeitraum zwischen 08 Uhr und 12 Uhr statt. Den Probanden stand eine Liege zur Verfügung, auf der sie es sich bequem machen konnten. Leitende Metallgegenstände wie Armbanduhren mussten abgelegt werden. Nach kurzer Relaxationszeit wurde die zu testende Stelle mit Alkohol gereinigt. Es wurde daraufhin gewartet bis das zu messende Hautareal trocken war. Danach wurde der Messvorgang gestartet.

4.4.2 Probanden

Ausgewählt wurden 10 männliche Personen im Alter von 20 bis 30 Jahren. Demographische Daten sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Alle Probanden waren eurokaukasischer Herkunft. Sie waren alle subjektiv beschwerdefrei. Es wurde darauf geachtet, dass die zu messenden Areale frei von Narben, Nävuszellnävus und sonstigen Hautveränderungen waren. Die Behaarung der Arme wurde nicht berücksichtigt. Die Probanden wurden dazu angehalten an Terminen zu erscheinen, an denen sie genug Zeit hatten, um ohne Eile und Stress erscheinen zu können. Auch sollten sie keine direkt darauffolgenden Fristen haben, um ruhig und entspannt die Zeit der Messung zu verbringen.

Proband	Alter	Größe (in cm)	Gewicht (in kg)	BMI
1	25	194	80	21,26
2	27	183	75	22,40
3	26	183	84	25,08
4	25	170	75	25,95
5	24	180	78	24,07
6	24	180	77	23,77
7	20	173	70	23,39
8	26	180	70	21,60
9	21	184	82	24,22
10	28	181	78	23,81
Mean	24,6	180,8	76,9	23,55
St.Dev.	2,503	6,443	4,606	1,47
St.Error	0,79	2,04	1,46	0,46

Tabelle 1: Demographie

4.4.3 Ablauf

Nachdem der Proband es sich auf der Liege gemütlich gemacht hatte, eine Relaxationszeit von mindestens 5 Minuten verstrichen war und der Alkohol getrocknet war, wurde das Messgerät angelegt. Zuerst wurde die Referenz-Elektrode proximal der Handgelenksbeugefalte angeklebt. Auch diese Stelle wurde, sowie alle anderen, vorher mit Alkohol gereinigt. Der Punkt wurde dann von einer Akupunkteurin, mit Ausbildung in China und mehreren Jahrzehnten Erfahrung, aufgesucht. Das GEDIS wurde mittels Klettverschlussbändern am Unterarm fixiert. In Abbildung 16 kann man den genauen Aufbau betrachten.

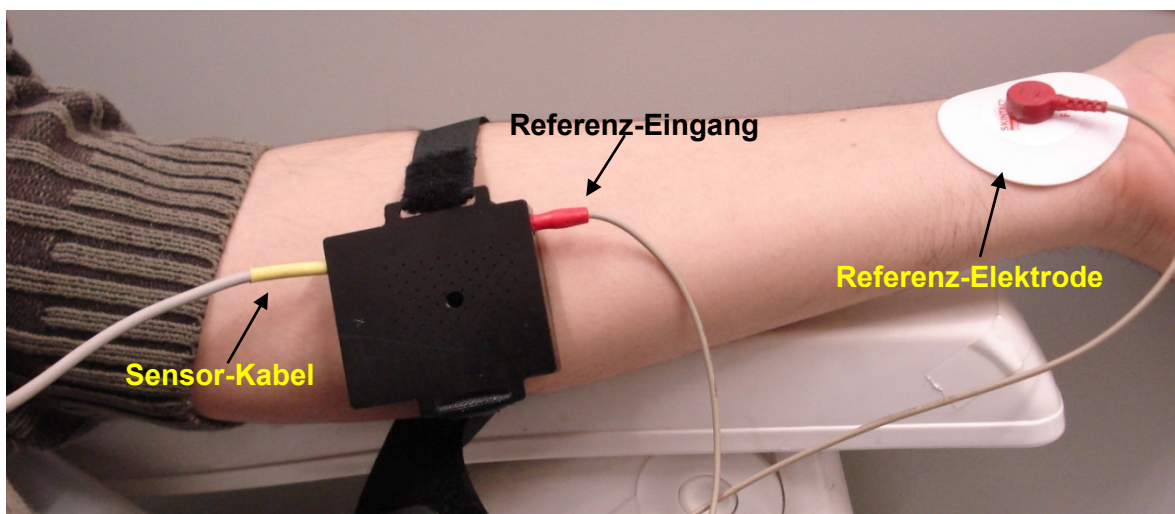


Abbildung 16: Anlage des Messgerätes

Nach Anlegen des Messgerätes wurde eine „steady-state“-Phase von zwei Minuten eingelegt. Gegen Ende dieses Zeitraums wurde ein Screenshot gemacht, um die Widerstände in Ruhe zu erfassen und später extra auswerten zu können. Danach wurde mit der Aufzeichnung begonnen. Die Messung ohne Nadel betrug eine Minute, dann wurde von der Akupunkteurin die Nadel durch das vorgesehene Loch des Sensorteils gestochen. Nach weiteren 60 Sekunden wurde die Nadel wieder entfernt und es wurde dann noch eine letzte Minute kontinuierlich der Widerstand aufgezeichnet. In Abbildung 17 wird der Vorgang graphisch dargestellt. Dann wurde der Messprozess für diesen Punkt beendet, und der nächste Punkt wurde aufgesucht. Bei Messungen von Akupunkturpunkt und Placebo-Punkt auf einem Arm wurde die Referenz-Elektrode nicht neu angelegt, sondern versucht dieselbe Distanz zwischen der Referenzelektrode und dem Placebo-Punkt zu erreichen. Der Proband behielt auch über die gesamte Zeit der Aufzeichnung die

liegende Position bei, durfte sich nur in den Momenten vor dem Anlegen des Sensors ein wenig bewegen.

Die gemessenen Impedanzen der Elektroden wurden kontinuierlich via Sensorkabel an einen Laptop mit geeigneter Software übertragen. So konnte man direkt online während der Untersuchung stetig die gemessenen Werte beobachten. Mittels externem digitalen Chronometer wurden die Zeiten manuell gemessen. Um den exakten Zeitpunkt des Stechens und Entfernens der Nadeln dokumentieren zu können, stand dem Programm ein Trigger zur Verfügung, der beliebig ausgelöst werden konnte.

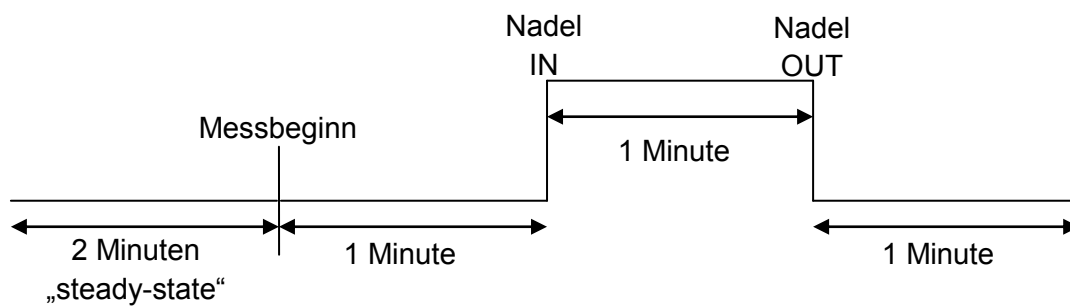


Abbildung 17: Schematische Darstellung des Messverlaufs

4.4.4 Beendigung

Wurden alle vier Punkte an einem Probanden gemessen, wurden die Messungen am Laptop gespeichert. Um ein Gefühl dafür zu bekommen welchen Druck die Elektroden auf die Haut ausübten, kann man den Abdruck in Abbildung 18 zur etwaigen Orientierung nehmen.

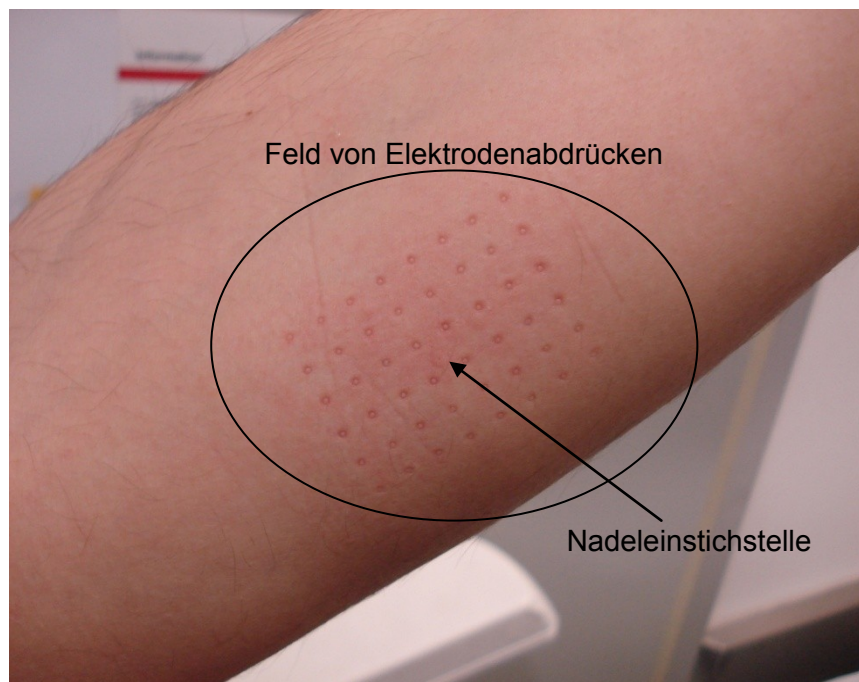


Abbildung 18: Elektrodenabdrücke

5 Ergebnisse

5.1 „Steady-state“-Phase

In dieser Phase lag der Proband entspannt. Das Messgerät war gerade erst angelegt worden und die Messungen begannen erst in zwei Minuten bzw. erfolgte der Nadeleinstich in drei Minuten. Im Zeitraum zwischen Anlegen und Nadeleinstich, nicht aber innerhalb der ersten 60 Sekunden, wurde dann ein Screenshot gemacht um die Impedanzen ohne Nadel extra auswerten zu können.

Diese elektrischen Parameter bilden die Grundlage für die Auswertung, ob ein Akupunkturpunkt, in diesem Fall *Köngzui*, einen höheren oder niedrigeren Widerstand besitzt als eine andere Stelle am Körper, in diesem Fall der an der ulnaren Handkante gewählte Placebo-Punkt.

5.1.1 Elektrodermales Mapping

Die in der „steady-state“-Phase gemessenen und gemittelten Werte aller 10 Probanden wurden zur graphischen Darstellung in einem Landkarten-ähnlichen Profil dargestellt. Die Stelle an der sich der Akupunkturpunkt bzw. Placebo-Punkt befindetet, wurde mit einem Kreis markiert. Die Werte sind in kOhm angegeben.

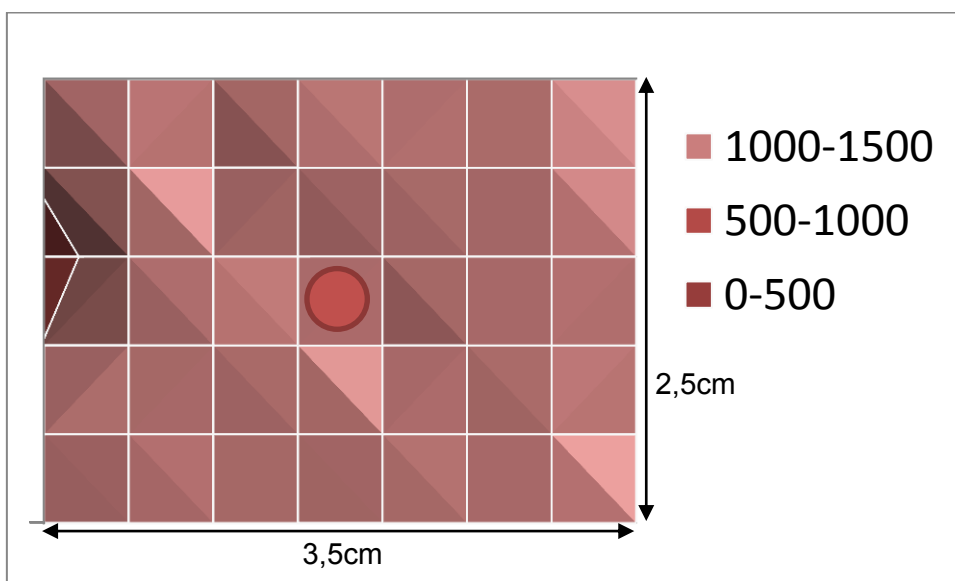


Abbildung 19: *Köngzui* links

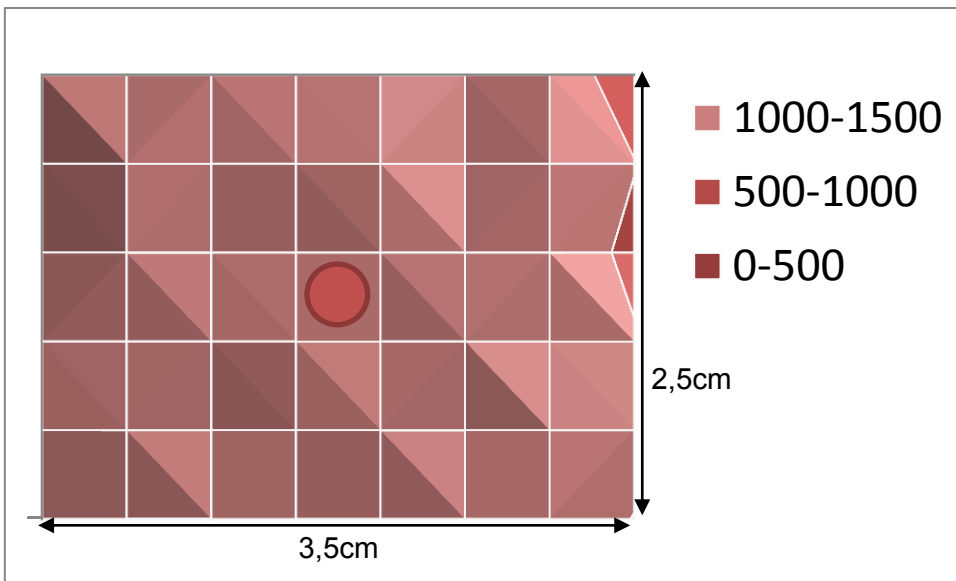


Abbildung 20: Kōngzui rechts

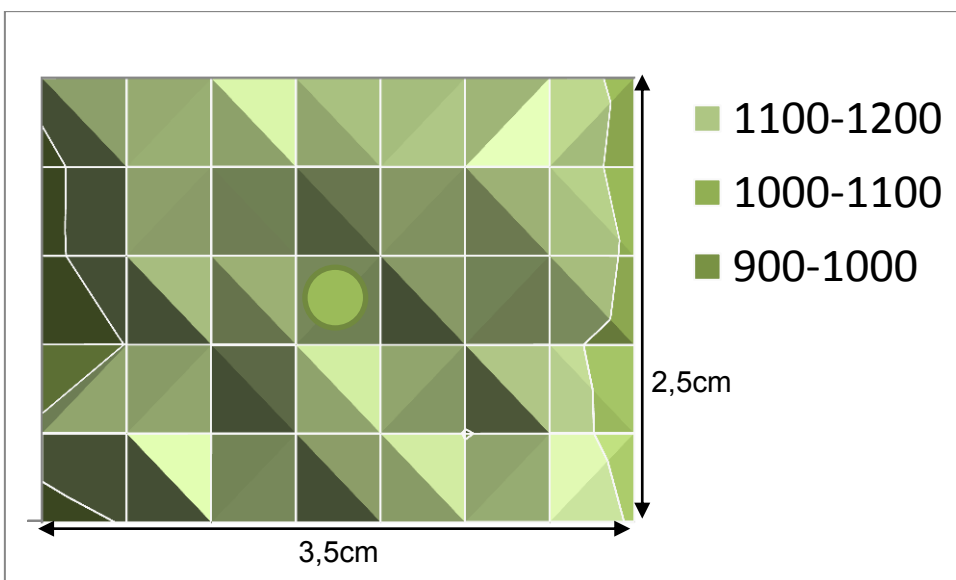


Abbildung 21: Placebo-Punkt links

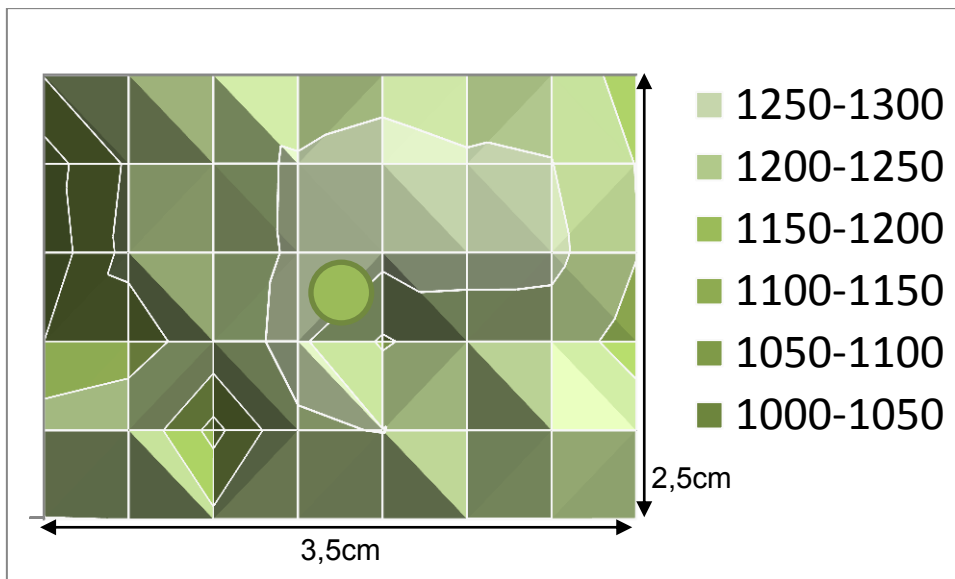


Abbildung 22: Placebo-Punkt rechts

5.1.2 Statistische Auswertung

Der Hautwiderstand im „steady-state“-Zustand scheint am Akupunkturpunkt niedriger zu sein als am Placebo-Punkt des gleichen Armes. Beim Akupunkturpunkt am rechten Arm war der Unterschied zum Placebo-Punkt am rechten Arm signifikant. Die statistische Analyse wurde mit „one way repeated measures“ ANOVA (SigmaPlot 11.0, Systat Software Inc., Chicago, USA) durchgeführt. Als post-hoc Analyse wurde der Tukey Test verwendet. Das Signifikanzniveau war mit $p < 0.05$ festgelegt.

5.2 Widerstandsänderung durch Einstechen und Entfernen der Nadel

5.2.1 Graphische Darstellung

Nachdem die Messungen beendet waren, mussten die erhaltenen Werte ausgewertet werden. Die gemessenen Werte wurden zur graphischen Darstellung in ein Kreisdiagramm eingetragen (Abbildung 23). Die Zahlen, die den Umfang angezeigt werden, geben die verstrichene Zeit wieder. Die Höhe von der Mitte des Kreises bis zum Ende des Durchmessers gibt die Widerstände in der Einheit kOhm an.

Die rosaroten Linien zeigen den Zeitpunkt an, in dem der Trigger ausgelöst wurde und somit die Nadel eingestochen bzw. entfernt wurde. Die Signale aller Elektroden sind in radiär angeordneten Linien unterschiedlicher Farbe dargestellt.

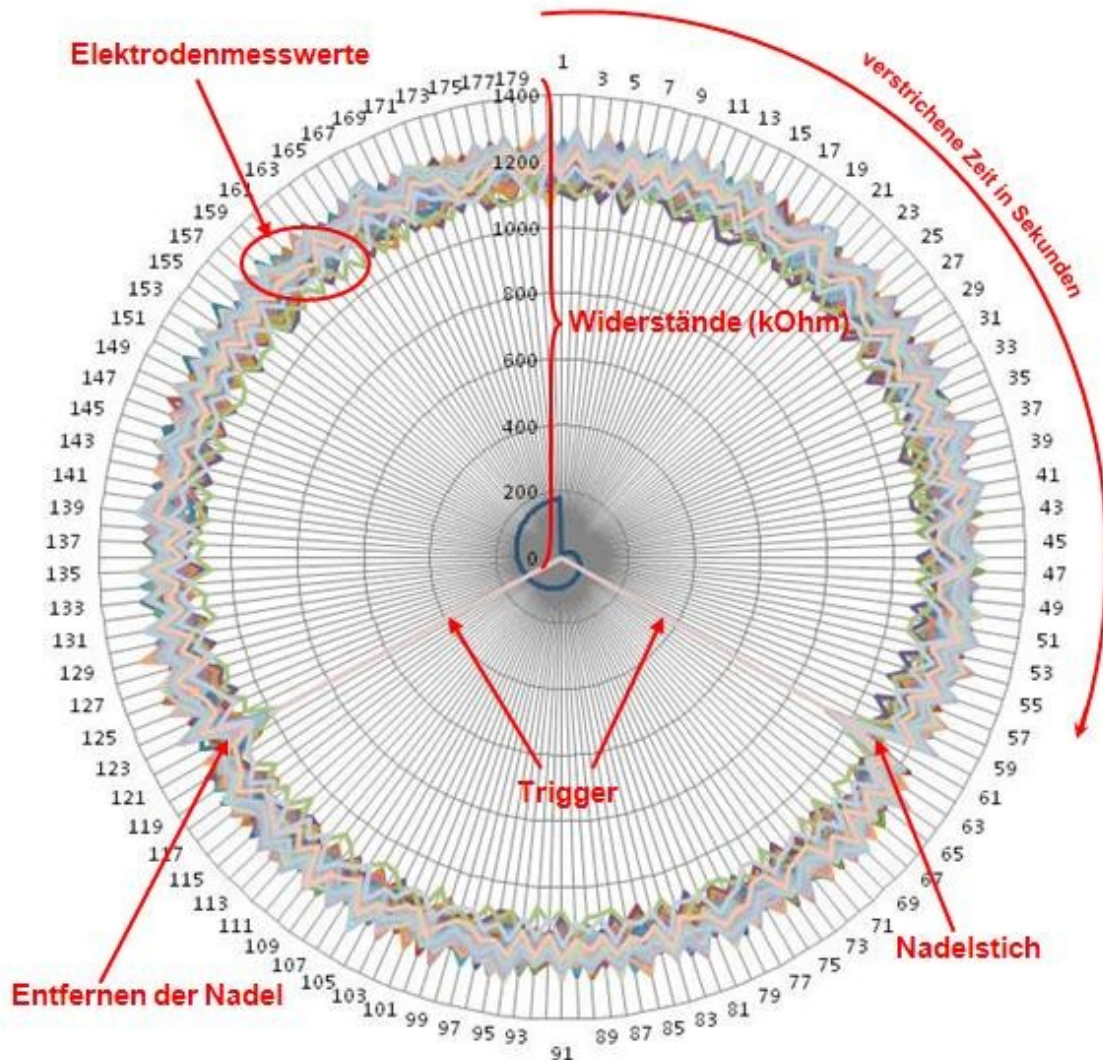


Abbildung 23: Beispiel für die graphische Darstellung der Messung am Punkt *Kōngzui* am linken Arm bei Proband Nummer 8

5.2.2 Ausschlüsse

Bei Proband 2 wurde durch das Einstechen der Nadel am Akupunkturpunkt *Kōngzui* am linken Arm ein Gefäß verletzt. Beim Entfernen der Nadel trat so leider ein kleiner Tropfen aus dem Gewebe und verteilte sich auf der Haut und erreichte auch eine Elektrode. Man konnte sofort am Bildschirm des Laptops eine sehr deutliche Abnahme des Widerstandes sehen, da Blut und andere Flüssigkeiten die Leitfähigkeit sehr ausgeprägt erhöhen. Somit

konnte diese Messung nach dem Entfernen der Nadel nur eingeschränkt, also eventuell nur mit Ausschluss der betroffenen Elektrode, für die Auswertung verwendet werden.

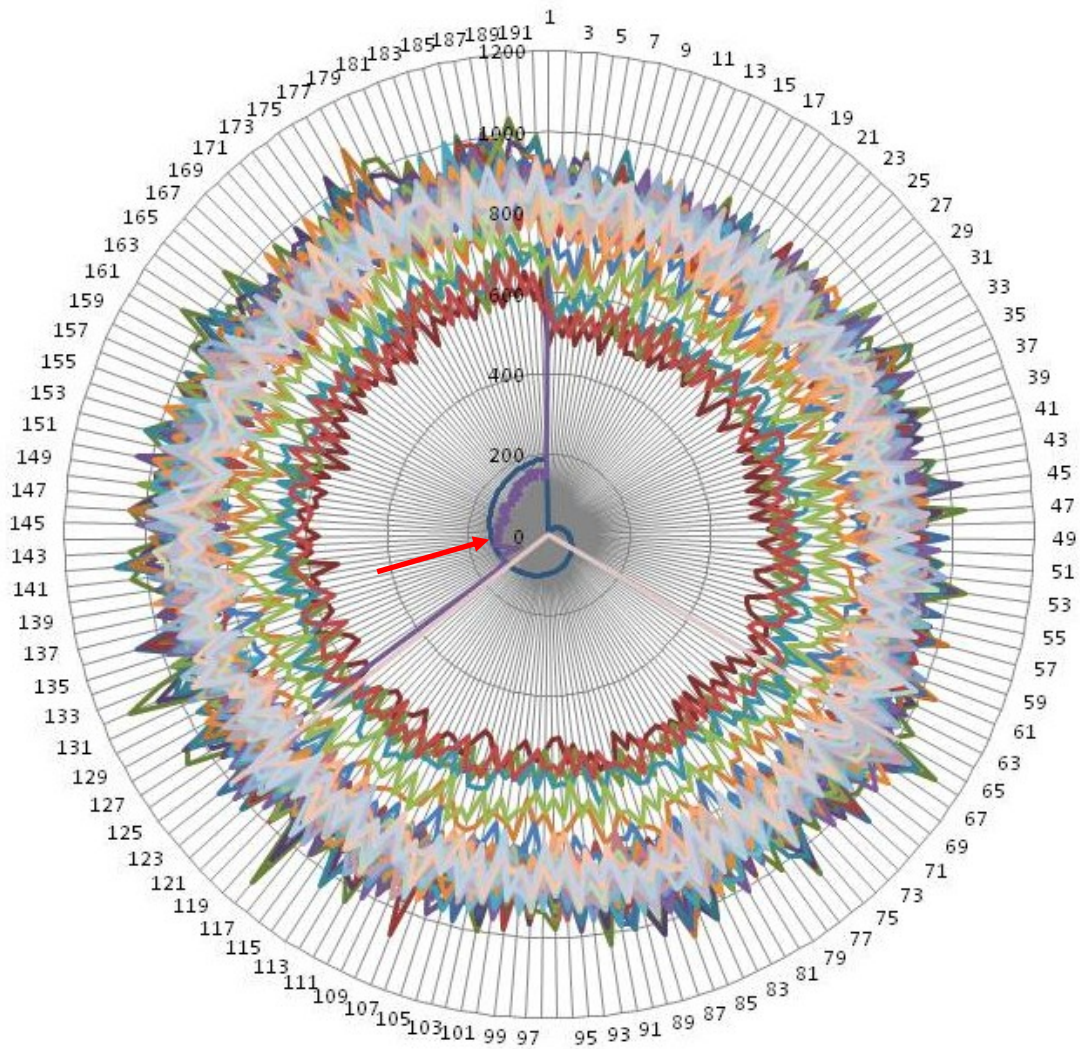


Abbildung 24: Akupunkturpunkt links gemessen an Proband Nummer 2 mit deutlicher Abnahme des Widerstandes, gekennzeichnet durch violette Linie (roter Pfeil)

5.2.3 Änderungen des Widerstandes

In den folgenden Tabellen wird das Ausmaß an Widerstandesänderungen bei Nadeleinstich und Entfernen der Nadel an den einzelnen Punkten dargestellt.

Legende:

- ↓: Abnahme < 100 kOhm
- ↓↓: Abnahme ≥ 100 kOhm
- ↑: Zunahme < 100 kOhm
- ↑↑: Zunahme ≥ 100 kOhm
- : keine Veränderung

Proband Nr.	Nadel EIN			
	<i>Köngzui</i> links	Placebo links	<i>Köngzui</i> rechts	Placebo rechts
1	↓↓	↑↑	↓	↓↓
2	—	—	↓	↓↓
3	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
4	↓↓	↓↓	↓↓	↓
5	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
6	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓
7	↓↓	—	↓↓	↓↓
8	↓↓	—	↓↓	↓↓
9	↓↓	—	↓↓	↓↓
10	↓↓	↓↓	↓↓	↓↓

Tabelle 2: Widerstandsänderungen bei Nadeleinstich

Tabelle 2 gibt die Änderungen der Impedanzen beim Einstich der Nadel wieder. Man sieht eine deutliche, mehrheitliche Abnahme des Widerstandes um mehr als 100 kOhm sowohl bei den Akupunkturpunkten als auch bei den Placebo-Punkten.

Proband Nr.	Nadel AUS			
	<i>Kǒngzui</i> links	Placebo links	<i>Kǒngzui</i> rechts	Placebo rechts
1	↓	↓↓	—	—
2	(—)	—	—	—
3	↓↓	↓↓	↓↓	—
4	↓↓	↓	↓	↓
5	↓↓	↓	↓↓	↓
6	—	↓	↓↓	↓
7	↓	↓	↓↓	—
8	↓	—	↓↓	↓↓
9	↓↓	—	↓↓	—
10	↓	↓↓	—	↓↓

Tabelle 3: Widerstandsänderungen bei Entfernen der Nadel

In Tabelle 3 sieht man die Veränderungen der Impedanzen beim Herausziehen der Nadeln. Den gemessenen Werten kann man entnehmen, dass auch beim Entfernen der Nadel eine kurzzeitige Abnahme des Widerstandes feststellbar ist, die allerdings nicht so ausgeprägt ist wie beim Einstich.

Die Messung am Punkt *Kǒngzui* links bei Proband 2 ist nur eingeschränkt nach Entfernen der Nadel beurteilbar.

Proband Nr.	Änderung total			
	<i>Kǒngzui</i> links	Placebo links	<i>Kǒngzui</i> rechts	Placebo rechts
1	↑	—	—	—
2	(↑↑)	↑↑	↑↑ ↓	↑↑
3	↑↑	↓	↑ ↓	—
4	↑↑	↓	↓	↑
5	↓	↓	↑	↓
6	↓	↓	—	↓
7	↓↓	↓	↓	—
8	—	—	↓	↓
9	—	↓	—	—
10	—	—	—	—

Tabelle 4: Änderungen total

In der Tabelle 4 wird beschrieben wie sich der Widerstand am Ende der Messung verglichen mit dem Beginn Messung verhält. "Änderung total" steht dabei für einen Schätzwert, bestehend aus Messbeginn verglichen mit Messende über das gesamte Prozedere (meist 3 Minuten). Wie den Werten zu entnehmen war, kann keine generelle Aussage über das Verhalten der Impedanzen für diesen Schätzwert getroffen werden. Die Messung am Punkt *Kǒngzui* links bei Proband 2 ist wieder nur eingeschränkt nach Entfernen der Nadel beurteilbar.

6 Diskussion

Um einfürend in die Diskussion dieser Arbeit zu leiten, wäre es interessant noch auf einen Artikel von Colbert [37] einzugehen. Sie schrieb 2009 eine Publikation als „Letter to the editor“ des „Journal of Alternative and Complementary Medicine“, in dem sie der noch ungeklärten Frage, mit der sich auch die vorliegende Arbeit beschäftigt, nachgeht: Haben Akupunkturpunkte einen niedrigeren Hautwiderstand als Stellen ohne Bezug zu den klassischen Punkten? Sie bezog sich auf die im Jahre 2009 gerade erschienene Arbeit von Kramer et al. [31] und unterstütze mit dieser Arbeit ihre eigenen Ergebnisse, dass Akupunkturpunkte nicht unbedingt einen niedrigeren Widerstand aufweisen. Trotz dieser Ergebnisse sollten aber ihrer Meinung nach nicht elektrische Widerstandsmessgeräte zum Auffinden der Akupunkturpunkte gemieden werden. Eher sollten Studien gerade mit dem Design von Becker et al. [25] erneut präziser durchgeführt werden und nach deren Ergebnissen kann man diese „ongoing debate“ dann weiterführen.

Die vorliegende Arbeit sollte einen weiteren Schritt setzen um diese Debatte zu klären. Ein Ziel war die Klärung der Fragestellung ob der Hautwiderstand eines Akupunkturpunktes verglichen mit dem eines Placebo-Punktes in Ruhe geringer sei. Die Impedanzwerte, die in der „steady-state“-Phase gemessen wurden, waren am Akupunkturpunkt niedriger als am Placebo-Punkt. Statistisch signifikant war jedoch nur der Vergleich am rechten Arm.

Um das Ergebnis genauer interpretieren zu können, muss zuerst die Messmethode beurteilt werden. Ein Multikanal-Messgerät mit einem Feld von 48 Elektroden wurde verwendet. Das Feld erstreckt sich über eine Fläche von 2,5 cm Breite und 3,5 cm Länge an dem sich 6 x 8 Elektroden regelmäßig angeordnet befinden. In der Breite nehmen die Elektroden 5,4 mm ein, in der Länge 7,2 mm. So bleibt für die Zwischenräume in der Breite 1,96 cm und in der Länge 2,78 cm übrig. Das ergibt für den einzelnen Zwischenraum einen Abstand von etwa 3,95 mm. So würde dann für den Bereich in dem die Nadel eingestochen wird, eine elektrodenfreie Fläche von etwa 3,92 x 3,97 mm bleiben. Dieser Bereich fließt nicht in die Messung ein.

Was in der Literatur fehlt, ist eine genaue Angabe über das Flächenareal, das ein Akupunkturpunkt einnimmt. Manche gehen bei Körperakupunkturpunkten von etwa 2,5 cm aus, andere behaupten wiederum, dass es nicht mehr als wenige Millimeter seien. In der Arbeit von Becker et al. [25] nehmen diese Punkte ungefähr einen Durchmesser von

3 bis 5 mm ein. Wenn man dieser, auf Messungen der Leitfähigkeit basierenden, Aussagen glauben darf, so würde das GEDIS den Akupunkturpunkt nur am Rand umfassen. Die ersten vier Elektronenpaare würden eine rechteckige Fläche von 4,82 x 4,87 mm umfassen und in der Mitte dieses Areal eine Fläche von 3,92 x 3,97 mm nicht erfassen. Um dies zu optimieren, müsste die Einstichvorrichtung für die Nadel durch eine weitere Elektrode ersetzt werden.

Da das GEDIS Gleichstrom verwendet, ist die Distanz zwischen Mess- und Referenzelektrode besonders ausschlaggebend für das Ergebnis. Ist die Distanz zu klein, werden nur die obersten Schichten gemessen, ist sie zu groß nimmt die Schichttiefe zu. Da in der bisherigen Literatur keine Norm-Distanzen zur Auffindung von Akupunkturpunkten angegeben sind, wurde in unserer Arbeit ein für alle Beteiligten zufriedenstellender Abstand gewählt. Wie sich die Distanz zwischen Referenz und Messelektrode auswirkt, kann Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Gleichstrom bedeutet auch für die Messungen, dass nur die leitenden Teilchen den Strom transportieren und alle anderen Moleküle, die durch Strom niedriger Frequenz polarisiert wurden, für die Messungen keine Rolle spielen. In der Literatur gefundene Aussagen leiten aber dazu, bevorzugt Strom mit hoher Frequenz zu verwenden.

Die Methode mit einer EKG-Elektrode als Referenzelektrode ist gut gewählt. Die EKG-Elektrode besitzt eine größere Fläche als die Messelektroden (monopolares Setup) und nimmt so eine passive Position ein. Die Aktiven bringen eine höhere Stromdichte ins Gewebe und ihre gemessenen Widerstandswerte sind somit aussagekräftig.

Der Akupunkturpunkt *Kǒngzui* befindet sich auf einem *Yīn*-Meridian. Wie auch der Placebo-Punkt in der näheren Umgebung eines *Yīn*-Meridians liegt. Übersetzt man *Tài-Yīn*-Meridian so bedeutet es das „größte“ bzw. „höchste *Yīn*“. Also die Schicht, die am höchsten, und somit dem Yang am nächsten liegt. Stellt man sich einen nach vorne gebückten Bauern bei der Reisernte vor, dem die Sonne vom Zenit auf die Haut scheint, so ist alles Helle an der Hautoberfläche die *Yáng*-Seite und alles Schattige am Körper ist die *Yīn*-Seite. Der Lungenmeridian liegt am fließenden Übergang zwischen diesen beiden Seiten. Das bedeutet, dass die Haut am Punkt *Kǒngzui* schon behaart und stärker pigmentiert ist, während der Placebo-Punkt nur an der Innenseite des Unterarmes liegt. Nun wurde in der Arbeit ein Punkt an der *Yīn*-Seite, also an der feinbehaarten und weniger pigmentierten Innenseite, und einer an der beginnenden bzw. endenden *Yáng*-

Seite untersucht. Da sich aber in der Hypothese dieser Studie jeder Akupunkturpunkt von jeder anderen Stelle des Körpers in Bezug auf den Hautwiderstand differenzieren sollte, wird die Lage der Punkte vorerst außer Acht gelassen.

Die durchgeführte Studie verwendete ein fast einheitliches Probandengut. Das ist sehr wichtig wenn interpersonelle Ergebnisse verglichen werden. Denn gleiches Geschlecht, Alter, Herkunft, Größe und Gewicht lassen eher an eine ähnliche Beschaffenheit der Haut denken, als wenn diese Faktoren zusätzlich variieren. Auch wenn es bei Größe, Gewicht und Hauttyp immer Unterschiede geben wird, sollte man wenigstens versuchen, wenn man die Ergebnisse unter allen Probanden vergleicht, die Streuung so gering wie möglich zu halten. Es wäre daher noch sehr empfehlenswert solche Studien an anderen einheitlichen Gruppen von Probanden und vor allem Probandinnen durchzuführen.

Der Druck unter den Elektroden ist nur sehr schwer objektivierbar. Auch wenn sie federnd gelagert sind, kann der Anpressdruck sehr variieren. Immerhin wird das GEDIS mittels Klettband am Unterarm befestigt. Theoretisch wäre es möglich die Fixierung mittels Gummiband, das extra auf den Umfang eines Unterarms angepasst ist und das man an Probanden mit gleichen Umfängen anlegt, um so unter allen Probanden einen möglichst identen Anpressdruck zu erzielen. Es ist aber schwer verwirklichtbar ein Multikanalgerät zu entwickeln, das einen konstanten gleichmäßigen Druck unter alle Elektroden bei jeder Messung auf die Haut ausübt.

Der Punkt wurde von einer erfahrenen Akupunkteurin aufgesucht. Ein Problem dabei ist, dass das GEDIS sehr schwer exakt platzierbar ist. Man sucht den Punkt auf und muss dann versuchen die Öffnung für die Nadel genau über die gefundene Stelle zu platzieren. Ein Problem ist nun die exakte Lokalisation, die nicht objektivierbar ist. Da es aber keine 100%igen objektiven Standards zum Auffinden eines Punktes gibt, sollte man nach ungefähren Anlegen der Elektroden die Messergebnisse mit einer Punktlokalisierungsmethode (z.B. der *Cùn*-Messung) vergleichen und daraus Rückschlüsse ziehen. Dies ist eine elegante Methode um die Lokalisation eines Akupunkturpunktes zu definieren. Hierfür könnte man einen klassischen Punkt von einem Experten auffinden lassen. Das Areal wird dann ungefähr definiert und ein Laie legt das Messgerät auf dieses Areal. Man markiert das Gebiet während das Gerät aufliegt, zum Beispiel mit einem Marker. In diesem markierten Bereich sucht man dann den Akupunkturpunkt auf und markiert ihn wiederum. Davon wird ein Bild (Fotographie) angefertigt und dieses wird anschließend mit einer graphischen Darstellung der erhaltenen elektrischen Widerstandsparameter, welche

dieselbe Größe wie das Bild hat, überlappt und verglichen. Bei diesem Setup kann man aber keine Nadel stechen und daher ist es für diese Arbeit nicht brauchbar.

Das GEDIS mit der Öffnung exakt über einen Punkt zu bringen ist auch nicht sehr objektiv. Immerhin verschwindet der Punkt unter dem Messgerät und ist nicht mehr nachkontrollierbar. Erst nach der Messung ist eine Kontrolle möglich und diese wurde auch durchgeführt. Für die Untersuchungen ungeeignet, aber für die genaue Platzierung des GEDIS, könnte man vorher eine Nadel setzen und über die Nadel das GEDIS mit der Öffnung auf den Punkt führen.

Andererseits beschäftigte sich diese Diplomarbeit mit dem Verhalten des Akupunkturpunktes unter Einstechen und Herausziehen einer Akupunkturadel. Das Ergebnis des Setzen und Entfernen der Nadel, brachte vor allem beim Einstich dominant veränderte Widerstandsparameter. Aber auch beim Herausziehen sank die Impedanz. Beim Stechen wäre es auch nicht anders zu erwarten gewesen. Immerhin setzt die Haut lokal das vasoaktive intestinale Peptid frei. Dies führt zu einer Vasodilatation und damit zur Erwärmung der Haut. Ob jetzt die Erwärmung direkt, geringe Schweißbildung oder andere Mechanismen den Widerstand senken, ist nicht Gegenstand dieser Arbeit. Jedenfalls soll sich allein die Erwärmung schon auf die Messung auswirken können.

Das Stimulieren eines Punktes mittels Laser ist wahrscheinlich die elegantere Methode als das Stechen einer Nadel. Das Gerät behindert nämlich die übliche Handhabung der Nadel. Des Weiteren ist auch die Einstichtiefe nicht genau messbar. Vorteilhaft wäre hierbei ein Führungsröhrchen, welches das Einstechen der Nadel und auch die Stichtiefe exakt bestimmen können. Diese Vorrichtung könnte dann an einem vorbereiteten Steckplatz an der Öffnung variabel angesteckt werden. Man könnte dann mehrere Längen dieses Führungsröhrchens vorbereiten, um immer die Nadel mit einer gewissen Tiefe, gemessen in Körperlänge, exakt setzen zu können. So kann man dann die Nadel in das Röhrchen legen und sie mit einem leichten Klopfen ohne Probleme in die Haut eindringen lassen. Hat man nun eine Person, misst man die individuelle Größe eines *Cùn*, wählt ein dafür vorgefertigtes Röhrchen und kann dann die Nadel problemlos einstechen.

7 Konklusion

Diese Arbeit behandelt zwei Fragestellungen im Bereich Akupunktur und Hautwiderstand. Erstens soll auf die Sinnhaftigkeit der Widerstandsmessung zum genauen Auffinden der Akupunkturpunkte eingegangen werden und zweitens soll ermittelt werden, ob und wie die Akupunktur die Hautimpedanz ändert.

Die erste Frage konnte mit dieser Methode nicht eindeutig geklärt werden. Einerseits waren nur die Ergebnisse an den rechten Armen der Probanden signifikant, andererseits müssen mögliche Confounder besser extrahiert werden. Des Weiteren sollte auch die Reliabilität durch wiederholte Messungen am selben Probanden in definierten Zeitabständen geprüft werden. Unter den Störfaktoren müssen vor allem der Anpressdruck und die Lokalisation der Punkte objektivierbar werden. Es müssen auch mehr Punkte an vielen Patienten gemessen werden, um validere Ergebnisse zu erhalten. Mehrkanalgeräte müssen durch geringere Abstände zwischen den einzelnen Elektroden optimiert werden. Man sollte auch mit Methoden arbeiten die für die Industrie und den täglichen Gebrauch praktikabel sind. Also zum Beispiel auf Gels verzichten und keine subkutanen Messungen durchführen.

Die zweite Fragestellung konnte eindeutig geklärt werden. Das Setzen und Herausziehen der Nadel senkt den Hautwiderstand. Wobei hier vor allem der Einstich anschauliche Ergebnisse lieferte. Um diese Messungen noch zu verbessern, könnte man Methoden anwenden, welche die Einstichtiefe exakt messbar machen und an die individuellen Körperzoll eines Menschen anpassen. Die Ursache für die Senkung der Impedanz könnte Gegenstand weiterer Studien sein.

Literaturverzeichnis

1. Seibt Walter. Physik für Mediziner. 5. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003.
2. Ahn AC, Martinsen ØG. Electrical Characterization of Acupuncture Points: Technical Issues and Challenges. *J Altern Complement Med* 2007; 13(8): 817-824.
3. Fritsch H, Kühnel W: Taschenatlas Anatomie 2: Innere Organe. 9. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2005.
4. Craane-van Hinsberg WH, Verhoef JC, Bax LJ, Junginger HE, Bodde HE. Role of appendages in skin resistance and iontophoretic peptide flux: human versus snake skin. *Pharm Res* 1995; 12(10): 1506-12.
5. Yamamoto T, Yamamoto Y. Analysis for the change of skin impedance. *Med Biol Eng Comput* 1977; 15(3): 219-27.
6. Chizmadzhev YA, Indenbom AV, Kuzmin PI, Galichenko SV, Weaver JC, Potts RO. Electrical properties of skin at moderate voltages: contribution of appendageal macropores. *Biophys J* 1998; 74(2Pt1): 843-56.
7. Yamamoto T, Yamamoto Y. Electrical properties of the epidermal stratum corneum. *Med Biol Eng* 1976; 14(2): 151-8.
8. 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.
9. Kaptchuk TJ. Das große Buch der chinesischen Medizin. 3. Auflage. Wilhelm Heyne Verlag, München, 2001; S. 19.
10. Temelie B. Ernährung nach den Fünf Elementen. 29. Auflage. Joy Verlag, Sulzberg, 2004.
11. Kaptchuk TJ. Das große Buch der chinesischen Medizin. 3. Auflage. Wilhelm Heyne Verlag, München, 2001; S. 90.
12. Kaptchuk TJ. Das große Buch der chinesischen Medizin. 3. Auflage. Wilhelm Heyne Verlag, München, 2001.
13. Nissel H, Wolkenstein E. Akupunktur: Theorie & Praxis ganzheitlichen Denkens. 4. Auflage. Facultas Universitätsverlag, Wien, 2009.
14. Focks C, Hillenbrand N. Leitfaden Chinesische Medizin. 5. Auflage. Urban & Fischer Verlag/ Elsevier GmbH, München, 2006.

15. Stux G. Einführung in die Akupunktur. 4. Auflage. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1994.
16. Eisenmann S. Tagesrhythmische Untersuchungen zur Elektroakupunktur nach Voll - Eine Einschätzung zur chinesischen Organuhr. Med.univ. Diss. Marburg, 2006.
17. Nakatani Y. Skin electric resistance and Ryodoraku. J Autonomic Nerve 1956; 6: 52.
18. Niboyet J. Nouvelle constatations sur les proprietes electriques des ponts Chinois. Bull Soc Acup 1958; 30: 7-13.
19. Noordergraaf A, Silage D. Electroacupuncture. IEEE Trans Biomed Eng 1973; 20(5): 364-6.
20. Royal FF, Royal DF. A review of the history and scientific bases of electrodiagnosis and its relationship to homeopathy and acupuncture. Am Journal Acupunct 1991; 19(2): 137-152
21. Kramer, F. Lehrbuch der Elektroakupunktur Band 1. 2. Auflage. Haug-Verlag, Heidelberg, 1990.
22. Kramer S, Zaps D, Wiegele B, Irnich D. Changes in electrical skin resistance at gallbladder 34 (GB34). J Acupunct Meridian Stud 2008; 1(2): 91-6.
23. Krackowizer P, Brenner E. Dicke der Epidermis und Dermis - Sonographische Messung an 24 Stellen des menschlichen Körpers. Phlebologie 2008; 37(2): 53-108.
24. McCarroll GD, Rowley BA. An investigation of the existence of electrically located acupuncture points. IEEE Trans Biomed Eng 1979; 26(3): 177-81.
25. Reichmanis M, Marino AA, Becker RO. D.C. skin conductance variation at acupuncture loci. Am J Chin Med (Gard City N Y) 1976; 4(1): 69-72.
26. Hyvärinen J, Karlsson M. Low-resistance skin points that may coincide with acupuncture loci. Med Biol 1977; 55(2): 88-94.
27. 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.
28. Colbert AP, Hammerschlag R, Aickin M, McNames J. Reliability of the Prognos electrodermal device for measurements of electrical skin resistance at acupuncture points. J Altern Complement Med 2004; 10(4): 610-6.
29. Colbert A, Hayes M, Aickin M, Hammerschlag R. Physiological variability of electrical skin resistance measurements at the ting acupuncture points. Medical Acupuncture 2006; 17(2): 1-10

30. Turner L, Linden W, Talbot Ellis A, Millman R. Measurement reliability for acupoint activity determined with the prognos ohmmeter. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2010; 35(3): 251-6
31. Kramer S, Winterhalter K, Schober G, Becker U, Wiegele B, Kutz DF, Kolb FP, Zaps D, Lang PM, Irnich D. Characteristics of electrical skin resistance at acupuncture points in healthy humans. *J Altern Complement Med* 2009; 15(5): 495-500.
32. Wiegele B, Schober G, Kuder J, Kolb FP, Irnich D. A new sensor technique for measurements of electrical potential profiles of human skin at acupuncture points. *Forsch Komplementmed* 2006; 13(4): 227-32.
33. Cho SH, Chun SI. The basal electrical skin resistance of acupuncture points in normal subjects. *Yonsei Med J* 1994; 35(4): 464-74.
34. Tan LT, Tan MY, Veith I. Acupuncture therapy: current Chinese practice. *Geriatrics* 1973; 28(8): 97-102.
35. Zhang WB, Jeong DM, Lee YH, Lee MS. Measurement of subcutaneous impedance by four-electrode method at acupoints located with single-power alternative current. *Am J Chin Med* 2004; 32(5): 779-88.
36. Colbert AP, Larsen A, Chamberlin S, Decker C, Schiffke HC, Gregory WL, Thong T. A multichannel system for continuous measurements of skin resistance and capacitance at acupuncture points. *J Acupunct Meridian Stud* 2009; 2(4): 259-68.
37. Colbert A. The ongoing debate: do acupuncture points have lower skin resistance than nonacupuncture sites? *J Altern Complement Med* 2009; 15(10): 1059.
38. Litscher G, Wang L. Biomedical engineering meets acupuncture--development of a miniaturized 48-channel skin impedance measurement system for needle and laser acupuncture. *Biomed Eng Online* 2010; 9: 78.