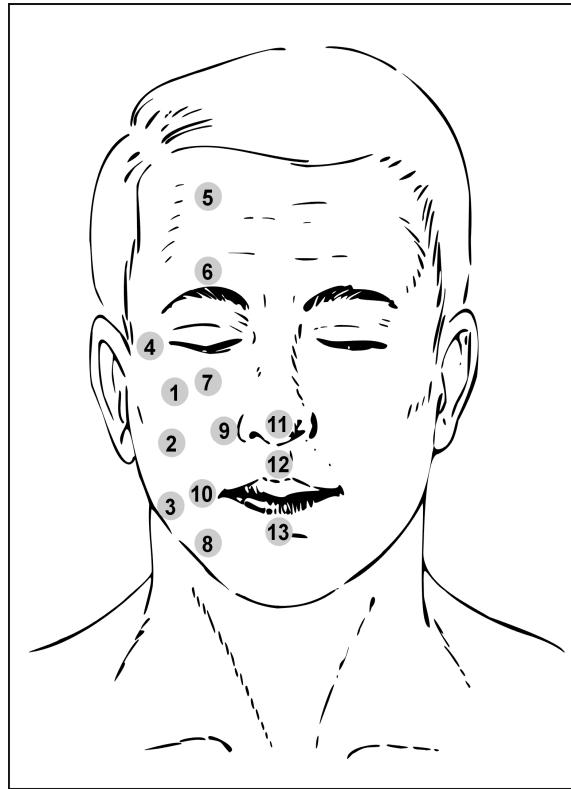


**Aus der Abteilung für Zahn-, Mund-, Kiefer- und
Gesichtschirurgie
(Nordwestdeutsche Kieferklinik)
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. Dr. R. Schmelzle**



**Evaluation normaler Hautsensibilität
in lappenchirurgisch relevanten Bereichen
mit Semmes-Weinstein Monofilamenten**

D I S S E R T A T I O N

**Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin,
dem Fachbereich Medizin vorgelegt von**

**Margret Bettina Zahn
aus Hamburg
Hamburg 2003**

Angenommen vom Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: **22. März 2004**

Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: **Priv. Doz. Dr. M. Vesper**

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: **Prof. Dr. R. Leuwer**

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: **Priv. Doz. Dr. M. Amling**

G.

1	Einleitung	4
1.1	Die Haut und ihre Sensoren	4
1.1.1	Aufbau der Haut	4
1.1.2	Reizqualitäten und ihre Sensoren in der Haut	6
1.2	Messverfahren der Reizschwellen einzelner Hautsensoren	12
1.2.1	Verfahren für Thermozeption	12
1.2.2	Verfahren für Schmerz	12
1.2.3	Verfahren für räumliches Auflösungsvermögen	12
1.2.4	Verfahren für Druck	13
1.2.5	Verfahren für Vibration	13
1.3	Lappendeckungen in der plastischen Chirurgie	14
1.3.1	Kurzer historischer Überblick	14
1.3.2	Aktuelle Techniken der Lappenchirurgie	16
1.4	Re-Innervation nach lappenchirurgischen Eingriffen	19
1.4.1	Lappenchirurgie und Re-Innervation im Gesichtsbereich	19
1.4.2	Bekannte Meßverfahren	19
1.4.3	Semmes-Weinstein Monofilamente	20
1.5	Fragestellungen der vorliegenden Arbeit	23
1.5.1	Stand der Forschung	23
1.5.2	Ziel der vorliegenden Arbeit	23
2	Material und Methoden	24
2.2	Beschreibung der Semmes-Weinstein Monofilamente	24
2.2.1	Historisches	24
2.2.2	Aufbau der Filamente	24
2.2.3	Anwendung und Funktion der Filamente	25
2.3	Meßregionen und Meßpunkte	27
2.3.1	Auswahl der Meßregionen	27
2.1.1	Regionen des Gesichts	28
2.1.2	Regionen des Halses	30
2.1.3	Regionen des Armes	32
2.1.4	Regionen des Rückens	33
2.4	Probanden und Auswertungsverfahren	34
2.4.1	Auswahl des Kollektivs	34
2.4.2	Aufklärung und Einverständnis	38
2.4.3	Durchführung	38
3	Ergebnisse	40
3.1	Probandenkollektiv	40
3.1.1	Probandenkollektiv	40
3.1.2	Testpunkte	43
3.1.3	Testpunktausfall	43
3.2	Empfindungsschwellen	45
3.2.1	Gesichtsregion	45
3.2.2	Halsregion	51
3.2.3	Armregion	57
3.2.4	Rückenregion	65
4	Diskussion	72
4.1	Empfindungsschwellen in lappenchirurgisch relevanten Bereichen	72
4.1.1	Einleitung	72
4.1.2	Studienziel und Studiendesign	72
4.1.3	Studienauswertung und Ergebnisse	73
4.1.4	Lappenchirurgische Entnahmestellen: Radialis und Latissimus-dorsi	75

4.1.5	Lappenchirurgische Empfangsstellen: Hals- und Gesichtsregion	77
4.1.6	Ausblick	80
5	Zusammenfassung	82
6	Literaturverzeichnis	83
7	Danksagung	88
8	Lebenslauf	89
9	Erklärung	90
10	Publikationen	91

1 Einleitung

1.1 Die Haut und ihre Sensoren

1.1.1 Aufbau der Haut

Die menschliche Haut, das Integument commune, ist ein lebenswichtiges Organ. Ihre Oberfläche, in Abhängigkeit von der Körpergröße beträgt 1,5-1,8 m². Das Gewicht liegt bei ca. 3 kg, was ungefähr einem sechzehntel des Körpergewichtes entspricht. Die Haut ist somit das schwerste Einzelorgan unseres Körpers. Die Cutis bedeckt die gesamte äußere Körperoberfläche und geht kontinuierlich an den Körperöffnungen (z.B. Mund, Nase, Ohren, After) in Schleimhaut über, die den gesamten inneren Körper auskleidet. An umschriebenen Stellen des Körpers bildet die Cutis Hautanhangsgebilde wie Drüsen, Nägel und Haare.

Die Haut hat einen weit gefächerten Aufgabenbereich.

Dazu zählen:

- Schutz vor chemischen, mechanischen und thermischen Schäden
- Funktion als Sinnesorgan (Wahrnehmung von Druck, Schmerz und Temperatur durch nervale Strukturen)
- Schutz vor Krankheitserregern
- Schutz vor Strahlung
- wichtigste periphere Einrichtung zur Temperaturregelung
- Regulation des Wasserhaushaltes durch
 - 1) Abgabe von Flüssigkeit (Schweiß)
 - 2) Schutz vor Austrocknung
- Funktion als Immunorgan

(Lippert 1993, Schiebler und Schmidt 1991)

Schon ein Verlust von ca. 20 % der menschlichen Haut, z.B. durch Verbrennung, kann lebensbedrohliche Zustände hervorrufen. Bei einem Verlust von mehr als 30% der Körperoberfläche sterben ca. 20% der 5-35 Jährigen (Lippert 1993). Das Integument commune gliedert sich in Cutis, Subcutis und Hautanhangsgebilde. Die Cutis besteht aus 2 Schichten: der Epidermis, ektodermalen Ursprungs und der Dermis, mesodermalen Ursprungs. Beide Schichten lassen sich in mehrere Unterschichten aufteilen, die untereinander fest verzahnt vorliegen. Sie sollen im weiteren Verlauf noch näher erläutert werden.

Die darunter liegende Subcutis, die funktionell der Haut zugerechnet wird, ist eine lockere Bindegewebsschicht, die die Haut mit den tiefergelegenen Strukturen verbindet. Hautanhangsgebilde wie Haare und Drüsen stellen Differenzierungsgebilde der Haut, v.a. der Epidermis, dar und erstrecken sich in die Dermis, teilweise sogar bis in die Subcutis (Lippert, 1993, Schiebler/ Schmidt, 1991).

Epidermis:

Die Epidermis besteht aus einem mehrschichtig verhornenden Plattenepithel mit hoher Regenerationsfähigkeit. Von außen nach innen gliedert sie sich auf in das

1. Stratum corneum, bestehend aus umgewandelten Keratinozyten
2. Stratum lucidum und Stratum granulosum, die die Verhornungsschicht bilden
3. Stratum germinativum.

Letzteres gliedert sich in ein Str. spinosum und Str. basale. In dieser basalsten Schicht aus einschichtig hochprismatischen Epithelzellen mit hoher Mitoserate finden sich Melanozyten, die das Hautpigment Melanin bilden, immunkompetente Langerhans-Zellen sowie Mechanosensoren vom Typ der Merkelzellen (Lippert 1993, Schiebler und Schmidt 1991).

Dermis:

Unter dem Stratum basale liegt fest verzahnt die Dermis, auch Corium oder Lederhaut genannt. Diese lässt sich in 2 Schichten unterteilen, das Stratum papillare mit freien Nervenendigungen und Mechanosensoren vom Typ der Meissnerschen Tastkörperchen sowie in das Stratum reticulare mit den Mechanosensoren vom Typ der Ruffinikörperchen.

Zwischen Dermis und Subkutis liegt ein Arterien- und Venenplexus, dessen freie Kapillaren sich weit erstrecken (Lippert 1993, Schiebler und Schmidt 1991).

Subcutis:

Die Subcutis als lockere Bindegewebsschicht dient einerseits als Verschiebeschicht, andererseits als Fettspeicher und dient dadurch der Wärmeisolation. In dieser Schicht finden sich die Vater-Pacini-Körperchen als Mechanosensoren sowie die zur Haut ziehenden Nerven und Blutgefäße. Drüsen und Haarwurzeln, ausgehend von der Epidermis, können bis in die Subcutis herunter reichen. (Lippert 1993, Schiebler und Schmidt 1991). Die folgende Abbildung zeigt schematisch den Aufbau der Haut, sowie die in ihr gelegenen Sinnesrezeptoren, auf die im weiteren noch näher eingegangen wird.

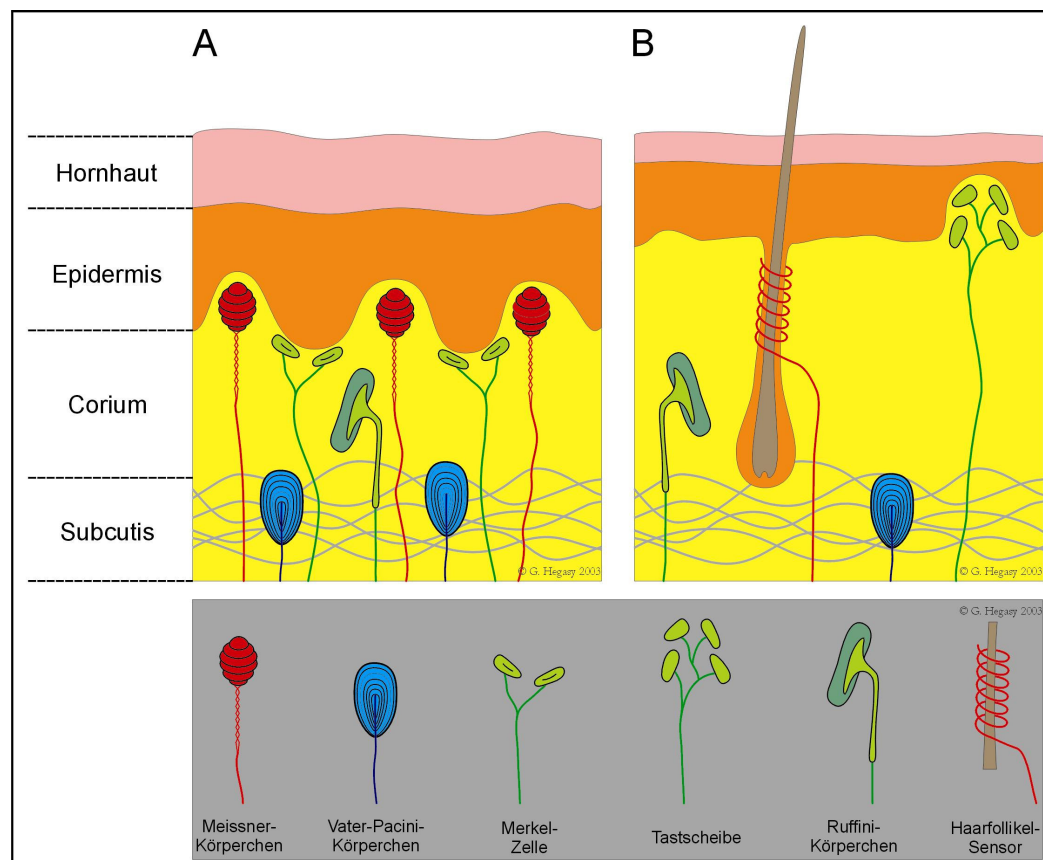


Abbildung 1: Aufbau der Haut mit ihren Sinnesrezeptoren

1.1.2 Reizqualitäten und ihre Sensoren in der Haut

Informationen über unseren Körper und unsere Umwelt erhalten wir durch unsere Sinne. Die anatomisch physiologische Funktionseinheit, die für eine Sinnesleistung verantwortlich ist, wird als „sensorisches System“ (= Sinnessystem) bezeichnet.

Die Sinnesvielfalt eines Menschen wird durch das Zusammenspiel der verschiedenen sensorischen Systeme ermöglicht (Deetjen und Speckmann 1994). Die Reizaufnahme erfolgt dabei durch Sinnesrezeptoren, wie z.B. Mechanorezeptoren, um dann über die sensorischen Bahnen dem Zentralnervensystem zugeleitet zu werden. Dort werden sie in der Grosshirnrinde, dem Cortex zu Empfindungen verarbeitet (Deetjen und Speckmann 1994, Thews et al. 1980).

Ein spezielles Teilsystem in der Sensorik stellt die somatoviscerale Sensibilität dar. Diese setzt sich aus der somatischen Sensibilität von Haut, Skelettmuskeln, Faszien und Gelenken und aus der viszerale Sensibilität der inneren Organe zusammen.

Die somatische Sensibilität unterteilt sich in zwei Bereiche, einerseits in die Tiefensensibilität, andererseits in die Oberflächensensibilität, die durch die Haut als Sinnesorgan vermittelt wird. Zahlreiche Modalitäten von Sinnesempfindungen können an der Haut ausgelöst werden. Dazu zählen Berührung, Druck, Vibration, Schmerz und Temperatur.

Diesen definierten Sinnesempfindungen wird versucht, bestimmte nervale Strukturen (= Rezeptoren) in der Haut und Unterhaut zuzuordnen. Das ermöglicht eine Einteilung in verschiedene Rezeptortypen. Es lassen sich für Mechanik im weiteren Sinne, Temperatur und Schmerz verschiedene Rezeptoren klassifizieren.

Mechanozeption:

Der mechanische Sinn unserer Haut erfährt Empfindungen wie Druck, Berührung und Vibration und wird durch Mechanorezeptoren vermittelt. Diese Rezeptoren unterscheiden sich in Morphologie, Empfindlichkeit und Adaptationsverhalten und sind somit in der Lage, einen der Empfindungsparameter zu erkennen.

Druck:

Druckrezeptoren zeigen bei konstanter Reizstärke eine fast konstante Erregungsgröße, die der Reizgröße proportional ist, d.h. sie geben eine statische, langsame Antwort, sind somit langsam adaptierend (= slowly adapting = SA-Rezeptoren). Zu diesen SA - Rezeptoren gehören die Merkel-Nervenendigungen (SA I-Rezeptoren) und die Ruffini-Körperchen (SA II-Rezeptoren).

Merkel-Nervenendigungen bestehen aus einer Merkelzelle und ihrem dazu gehörigen Axonterminale einer markhaltigen A β -Faser. Es sind spezielle taktile Epidermiszellen mit einem Durchmesser von 9-19 μm . Sie liegen im Stratum germinativum der Epidermis und kommen bei Säugern nur in Haut und Schleimhaut mit verhornendem Plattenepithel vor.

Häufig liegen sie in Zellgruppen, sogenannten Tastscheiben, vor. Ruffini-Körperchen kommen in der behaarten und unbehaarten Haut vor. Sie liegen im Stratum reticulare der Dermis und sind ca. 0,5-2mm lang und flach. Sie sind umgeben von einer perineuralen Kapsel, die einen offenen Zylinder bildet. Durch die Öffnungen treten Bündel von Kollagenfasern der Dermis aus bzw. ein. Die Nerventerminale ist zwischen den Kollagenfaserbündeln im Körperchen verankert. Ruffini-Körperchen haben die Funktion eines langsam adaptierenden Dehnungsrezeptors (Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Berührung:

Bei einer Berührung nimmt die Erregungsgröße bei gleichmäßigen Reiz rasch ab, d.h. es kommt zu einer Adaptation, nur die Reizänderung wird registriert. Rezeptoren für Berührungsreize sind die Meissnerschen Tastkörperchen. Diese liegen im Stratum papillare der Dermis. Sie sind ca. 100 μm lang, 40 μm dick und bestehen aus mehreren epithelähnlich aufgeschichteten Schwannzellen, zwischen denen bis zu 7 marklose Nervenfasern spiralig verlaufen. Im basalen Drittel werden sie von einer Bindegewebskapsel umgeben. Meissnerschen Tastkörperchen sind schnell adaptierende (= rapidly adapting = RA-Rezeptoren) Mechanorezeptoren deren häufigstes Vorkommen an Hand und Fußsohle ist. Sie sind die Berührungsrezeptoren der unbehaarten Haut, ihr Korrelat in der behaarten Haut stellen Nervenplexus der Haarscheiden dar (Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Vibration:

Vibrationsempfindung wird durch sehr schnell adaptierende (= Pacinian corpuscle = PC Rezeptor) Beschleunigungsrezeptoren vermittelt. Dazu zählen die Vater-Pacini-Lamellenkörperchen. Das sind knorpelharte, bis zu 4 mm lange, birnenförmige Gebilde, die vor allem in der Tiefe der Dermis liegen und die größten aller Mechanorezeptoren sind.

Sie werden aus zahlreichen, zwiebelschalenförmig angeordneten Schichten aus Bindegewebszellen aufgebaut, die einen zentralen Innenkolben umgeben. Der Innenkolben besteht aus der Nervenendigung, die dicht von Schwann- Zellen umgeben ist. Vater-Pacini-Lamellenkörperchen sind in der Lage mechanische Schwingungen von 40 bis über 1.000 Hz wahrzunehmen.

Des weiteren spielen auch freie Nervenendigungen als afferente nervale Strukturen eine Rolle bei Reizempfindungen. Sie liegen im Stratum papillare der Dermis sowie intraepithelial und bestehen aus einem blind endenden Axon der Gruppe 3 oder 4. Sie werden von einer oft durchbrochen Hülle aus Schwannzellen umgeben. Freie Nervenendigungen enthalten eine Markscheide, Bindegewebsstrukturen fehlen allerdings. Sie werden mit mechanischen, thermischen und Schmerzempfindungen in Zusammenhang gebracht. Sie umgeben ebenfalls die Wurzelscheiden von Haaren mit zirkulären und longitudinalen Fasern und wirken bei Abscherung des Haares als Mechanorezeptoren (Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Thermozeption:

Der Temperatursinn unserer Haut wird durch Thermozeptoren vermittelt, die sich in Warm,- und Kaltrezeptoren unterteilen lassen. Das histologische Korrelat stellen freie Nervenendigungen dar.

Die Kaltrezeptoren befinden sich vorwiegend in der Epidermis, die Warmrezeptoren hauptsächlich im Korium. Die nervale Innervation der Warmrezeptoren erfolgt durch C-Fasern, bei den Kaltrezeptoren kommen teilweise noch A δ -Fasern hinzu (Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Nozizeption:

Die Schmerzempfindung wird durch Nozizeptoren vermittelt. Freie Nervenendigungen, deren afferente Fasern zu den dünnen myelinisierten, bzw. unmyelinisierten Fasern der Gruppen III und IV gezählt werden, sind die rezeptiven Membranstrukturen (Deetjen und Speckmann 1994).

Man unterscheidet 3 Typen:

1) Mechanosensible Nozizeptoren

Diese werden nur durch starke mechanische Reize (z.B. Nadelstiche) aktiviert.

2) Hitzeempfindliche Nozizeptoren

Diese Rezeptoren reagieren bei Erhitzung $> 45^{\circ}\text{C}$

Da Gruppe 1 und 2 jeweils nur eine Empfindung vermitteln, werden sie auch monomodale Nozizeptoren genannt.

3) Polymodale Nozizeptoren

Dieser Rezeptortyp reagiert sowohl auf mechanische, thermische und chemische Reize und ist der am häufigsten zu findende Rezeptortyp

(Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Der adäquate Reiz für eine Schmerzempfindung stellt meist nicht die Erregung der Rezeptoren selbst dar (außer bei rein mechanosensiblen Nozizeptoren), sondern vielmehr die Freisetzung körpereigener Substanzen wie H^+ -Ionen, K^+ -Ionen, Acetylcholin, Serotonin, Histamin, Kininen und Prostaglandinen, die bei Gewebeschädigung oder Störung des Gewebestoffwechsels abgegeben werden und zu einer Erregung der Schmerzrezeptoren führen. Schmerzrezeptoren haben keine Impulsfrequenzänderung bei anhaltendem Reiz, zeigen somit kein Adaptationsverhalten. In der subjektiven Sinnesphysiologie kann man den oberflächlichen Schmerz in zwei Arten unterteilen, den ersten und den zweiten Schmerz.

Der erste, helle, rasch eintretende, gut lokalisierbare Schmerz tritt unmittelbar nach Schmerzeinwirkung auf und wird durch Afferenzen der Gruppe 3 vermittelt.

Der zweite, dumpfe, schwer lokalisierbare und dem Reiz überdauernde Schmerz tritt mit einer gewissen Latenz auf und wird durch Afferenzen der Gruppe 4 vermittelt (Deetjen und Speckmann 1994, Schiebler und Schmidt 1991, Schmidt und Thews 1993, Thews et al. 1980).

Tabelle 1 gibt Aufschluss über die physiologische Bedeutung der verschiedenen Fasertypen des peripheren Nervensystems und ihre jeweiligen Aufgaben, Tabelle 2 veranschaulicht dieses bezüglich der kutanen Mechano-, Thermo-, und Nozizeptoren.

Fasertyp E/G	Fasertyp L/H	DM (μm)	LG (m/s)	Funktion
A α	I	15	100	Motorik, Propriozeption
A β	II	8	50	Berührung, Druck
A γ		5	20	Kontrolle des Muskeltonus
A δ	III	<3	15	Oberflächenschmerz und Temperatur (kalt)
B		3	7	Autonomes Nervensystem
C	IV	Marklos-1	1	Tiefenschmerz und Temperatur (warm)

Tabelle 1: Physiologische Bedeutung verschiedener Fasertypen des peripheren Nervensystems. (E/G) = Fasertyp nach Erlanger/ Grasser. (L/H) = Fasertyp nach Lloyd/ Hunt). DM (μm) = Mittlere Faserdurchmesser in μm . LG (m/s) = Mittlere Leitungsgeschwindigkeit in m/s.

	Struktur	AF	Adäquater Reiz	AD	Empfindung
KM	Merkel	II	Statische Hautdeformation	Langsam, SA I	Druck
	Ruffini	II	Hautdeformation Abscherung	Langsam, SA II	Druck, Scherkäfte
	Meissner	II	Vibration	Rasch, RA	Hautkontakt, niederfrequente Vibration
	Haarfollikel	II	Haar- bewegungen	Rasch, RA	Hautkontakt, Berührung
	Pacini	II	Vibration	Sehr schnell, PC	Hochfrequente Vibration
	FN	III	Hautdeformation	Rasch	Hautkontakt, grob
KT	FN	III	15°-35° C	Mittel	Kalt
	FN	IV	30°-45° C	Mittel	Warm
KN	FN	III	Gewebe- schädigung	Langsam	Stechender Schmerz, schnell
	FN	IV	Gewebe- schädigung	Langsam	Brennender Schmerz, langsam

Tabelle 2: Rezeptoren und Empfindungen der Somatosensorik (aus: Deetjen und Speckmann 1994). KM = Kutane Mechanorezeptoren. KT = Kutane Thermorezeptoren. KN = Kutane Nozizeptoren. AF = Afferente Fasergruppe. AD = Adaptationscharakteristik.

1.2 Messverfahren der Reizschwellen einzelner Hautsensoren

Um die einzelnen Reizqualitäten getrennt unterscheiden zu können, und damit der wissenschaftlichen Analyse zugänglich zu machen, sind für jede Modalität Testsysteme entwickelt worden. Im Folgenden werden die gängigen Testverfahren für jede Qualität dargestellt.

1.2.1 Verfahren für Thermozeption

Thermozeption:

Im neurologischen Bereich hat sich für den klinischen Alltag die Untersuchung mittels wassergefüllter Glasröhrchen durchgesetzt. Aber auch Thermoden mit denen eine elektronische Regelung der Temperatur möglich ist, finden hier ihren Einsatzbereich. Es gilt jedoch zu beachten, singulär die Thermosensoren zu reizen und nicht zusätzlich die Schmerzrezeptoren. Bei Hauttemperaturen unter 17° C setzt ein Kälteschmerz, bei Hauttemperaturen über 45° C eine schmerzhafte Hitzeempfindung ein (Schmidt und Thews 1993).

1.2.2 Verfahren für Schmerz

Nozizeption:

Schmerz kann entweder mit einer Nadel (Ghali und Epker 1989), einer Kanüle oder mit einem Tastzirkel untersucht werden. Eine limitierende Kappe kann bei Bedarf über das Instrument gestülpt werden, um tiefere Stichverletzungen zu vermeiden (Lee und Essik 1993).

1.2.3 Verfahren für räumliches Auflösungsvermögen

Zwei-Punkt Diskrimination:

Die Messung der Zweipunktschwelle erfolgt durch simultanes Aufsetzen der Spitzen eines Tastzirkels. Die Spitzen werden mehrmals mit unterschiedlichem Abstand auf die Haut gesetzt. Die Versuchsperson muß blind entscheiden, ob sie 1 oder 2 Punkte wahrgenommen hat. Die Zweipunktschwelle ist der Abstand, bei dem genau 2 Reizpunkte als getrennt wahrgenommen werden.

Aus verschiedenen Untersuchungen wurde gefolgert, daß nicht die Größe der rezeptiven Felder entscheidend ist, sondern die Innervationsdichte, also die Zahl der afferenten Fasern pro cm^2 der Hautfläche. Im Jahre 1977 veröffentlichten Ghellis und Pool eine detaillierte Beschreibung der statischen Zwei- Punkt- Diskrimination im Bereich der Hände und Unterarme. Sie beurteilten diese Technik als gut geeignet für Reinnervationsuntersuchungen. Laut Takasagi 1998 und anderen klinischen Studien (Dellon und Munger 1986, Gelbermann et al. 1983, Ghali und Epker 1989) ist diese Untersuchung für die langsam adaptierenden Merkelzellen geeignet, demgegenüber stehen Untersuchungen von Vallbo, der folgerte, daß die RA-Sensoren (Meissner-Körperchen) die entscheidend beteiligten Sensoren sind (Schmidt und Thews 1993).

1.2.4 Verfahren für Druck

Druckempfindung kann mit Hilfe der Semmes-Weinstein Monofilamente erfasst werden, wie es im Falle dieser Arbeit näher erläutert wird (s.u.). Aber auch Reizgeräte, die eine elektromagnetische Bewegung eines Reizstößels erzeugen, sind in der Lage, zur Druckmessung eingesetzt zu werden.

1.2.5 Verfahren für Vibration

Die Vibrationsempfindungen können mit Hilfe von Stimmgabelversuchen überprüft werden, wobei Stimmgabeln mit 30 und 256 Hz verwendet werden. (Bell-Krotoski 1991, Bell-Krotoski et al. 1993). Aber auch elektromagnetische Vibratoren finden hier ihren Einsatz (Schmidt und Thews 1993).

1.3 Lappendeckungen in der plastischen Chirurgie

1.3.1 Kurzer historischer Überblick

Die Wiederherstellung weitgehend normaler anatomischer und physiologischer Verhältnisse nach iatrogenen Defekten, nach Traumata oder bei angeborenen Erkrankungen ist ein Hauptanliegen plastischer Rekonstruktionen in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Schmelzle 1993). Die Verbesserung der Lebensqualität und die Wiedereingliederung in das tägliche Leben nehmen einen immer größer werdenden Stellenwert ein.

Rekonstruktive Maßnahmen im gesamten Bereich des menschlichen Körpers, speziell aber an den Extremitäten und im Kopf-Halsbereich nehmen entscheidenden Einfluss auf diese Punkte. Neben der plastisch ästhetischen Rekonstruktion ist in den letzten Jahren ein Hauptaugenmerk auf die funktionelle Rekonstruktion gelegt worden (Panchal et al. 1996). Das Wiedererlangen der Hautsensibilität stellt einen wichtigen Punkt in der funktionellen Rekonstruktion dar. Das Verständnis der physiologischen Grundlagen und die Optimierung der notwendigen Operationstechniken wurde besonders durch die hohen Anforderungen in der rekonstruktiven Handchirurgie vorangetrieben (Dellon 1986).

Die Geschichte der plastischen Chirurgie liegt etwa 2000 Jahre zurück und fand ihren Beginn in Indien. Erste Beschreibungen von Wiederherstellungen im Gesichtsbereich sind durch eine Schrift mit dem Namen „Susruta Samhita“ überliefert. Darin wird die Rekonstruktion der Nase durch einen Verschiebelappen aus der Stirn beschrieben. Anlass dazu gab die damalige indische Rechtssprechung. Diese gab betrogenen Ehegatten und enttäuschten Vätern das Recht, der Gattin oder der Tochter die Nase abzuschneiden. Falsche Urteile oder nachträgliche Vergebungen riefen jedoch oft den Wunsch nach Wiederherstellung hervor. Andere, auch heute noch gebräuchliche Methoden der Nasenplastik wurden in Europa von den Brüdern Branca durchgeführt. Die Rekonstruktion erfolgte durch einen Wanderlappen aus dem Oberarm. Ende des 16. Jahrhunderts wurde diese Methode erstmals von dem italienischen Chirurgen Gaspare Tagliacozzi veröffentlicht und illustriert (S. Krupp und M. Allgöwer 1982).

Ein wichtiger arterieller (axialer) Lappen wurde Anfang des 20. Jahrhunderts von Tansini beschrieben. Er verwendete axiale Lappen zur Defektdeckung nach Mastektomien, die jedoch verhältnismäßig häufig distale Nekrosen aufwiesen. Durch seine anatomischen Studien, die die Bedeutung der muskulocutanen Perforatoren über dem M. Latissimus-dorsi aufdeckten, fand der an axillären Gefäßen gestielte muskulocutane Lappen weite Verbreitung in Europa. Durch die Propagierung anderer Operationstechniken geriet diese Methode jedoch vorübergehend in Vergessenheit. Wesentliche Fortschritte der Lappenchirurgie begründeten sich - wenn auch mit wesentlicher zeitlicher Verzögerung für die Chirurgen - durch systematische anatomische Studien. Die Forschungsergebnisse von C. Manchot, veröffentlicht 1889 in „Hautarterien des menschlichen Körpers“, stellte die Basis für J.F. Esser dar, der verschiedene Lappen im Kopf- Halsbereich beschrieb, die auf den gefundenen Gefäßbündeln basierten. Damit prägte er den Begriff des „Insellappens“.

Auch J. Joseph und J.P. Webster beschrieben Lappen, die nach den von Manchot beschriebenen Hautarterien ausgerichtet waren. Dennoch blieben diese Arbeiten lange Zeit klinisch unbeachtet. Neue Impulse zur Optimierung axialer Lappen gingen von den Handchirurgen aus. Durch die Entwicklung mikrochirurgischer Techniken, die 1966 durch H. Bunke etabliert wurden, begann das Zeitalter der Mikrochirurgie.

Das rief erneut ein großes Interesse an neuen Lappen mit axialer Gefäßversorgung hervor. Zur gleichen Zeit wurde an mehreren Zentren mit mikrovaskulären frei transplantierten Lappen gearbeitet, der Begriff „Free Flap“ wurde 1973 durch das Arbeitsteam um O'Brien geprägt.

In den folgenden Jahren bis zur heutigen Zeit erschienen ständig neue Lappen in unzähligen Variationen, die durch die großen Fortschritte im Laufe der Zeit, jetzt eine fundierte Basis im Bereich der chirurgischen Weichteilrekonstruktion darstellen. (Geishauer und Schwarz 1995)

1.3.2 Aktuelle Techniken der Lappenchirurgie

Heutzutage stehen die klassischen Lappentransplantationen zur Verfügung, wenn der Defekt auf Grund des Wundgrundes nicht mit einem reinen Hauttransplantat zu decken ist. Der Vorteil besteht in der guten Farb- und Texturübereinstimmung.

Der Begriff „Lappen“ bezeichnet im allgemeinen einen Gewebeblock, der aus Haut, dem darunter liegenden Subkutangewebe und falls erforderlich weiteren Geweben wie z.B. Muskel oder Knochen besteht und im Gegensatz zum freien Hauttransplantat über eine eigenständige Gefäßversorgung verfügt (Henne-Bruns et al. 2001).

Jede Lappentransplantation sollte individuell geplant werden und komplex die Aspekte des Gefäßstatus des Patienten, des Wundgrundes (Lappenzielgebiet) und die Lappenaufgabe (reine Defektdeckung versus funktionelle Rekonstruktion) berücksichtigen, um so den optimalen Lappen verpflanzen zu können.

Implantationen oder Transplantationen aus körperfremden oder körpereigenen Materialien sind natürlich prinzipiell möglich, wobei körpereigenem Material der Vorzug gilt.

Nach der Etablierung von lokalen und regionale Lappenplastiken, die ggfs. mit freien Knochentransplantaten kombiniert werden konnten, zeigte die Entwicklung des arteriell und venös mikrochirurgisch reanastomosierten Gewebetransvers völlig neue Perspektiven.

Dadurch sind unzählige Variationen und Klassifikationen von Transplantaten möglich (Heiland 2001).

Die Klassifikation von Lappen ist bisher uneinheitlich. Neben der Gewebezusammensetzung können so die Lappen nach dem Ort der Lokalisation der Spenderegion in lokale Lappenplastiken, Nahlappen und Fernlappen unterteilt werden. Entsprechend ihrer Gefäßversorgung werden weiterhin Random-pattern flaps (Lappen mit zufälligem Gefäßmuster) von Axial-pattern flaps (Lappen mit zentraler Gefäßversorgung) unterschieden (Henne-Bruns et al. 2001).

Tabelle 3 und 4 zeigen zwei solcher möglichen Klassifikationen.

Lokale Lappenplastiken	Verschiebeplastik, Schwenklappen, Rotationslappen
Nahlappen	Axiale Insellappen Cross- Lappen
Fernlappen	Cross- Lappen, Rundstiellappen, freie Lappen

Tabelle 3: Lappenklassifikation nach Lokalisation der Spenderstelle

Random-pattern Flaps	Rotationslappen, Schwenklappen, Verschiebelappen, Muffplastiken
Axial-pattern Flaps	Glabellalappen, Leistenlappen, A. supraclvicularis-Lappen, A. dorsalis pedis-Lappen, A. radialis-Lappen

Tabelle 4: Lappenklassifikation nach dem Gefäßmuster

Lappen können entweder lokal transponiert oder frei mit mikrochirurgischem Gefässanschluss auf einen entfernten Defekt verpflanzt werden. Durch die freie Verpflanzung sind die früheren langwierigen Verfahren in multiplen Schritten wie z.B. die Wanderlappen größtenteils ersetzt worden. Dies ermöglicht viele neue Perspektiven. Die zahlreichen Vorteile wie z.B. einzeitiges Vorgehen und verbesserter Durchblutung, schliessen auch die Möglichkeit der sensiblen Rekonstruktion ein, die von wachsendem Interesse in Bezug auf Funktion und Ästhetik ist.

Der Radialislappen als Fasciokutanlappen gilt als besonders sicherer Hautlappen und wird häufig bei Handdefekten mit freiliegenden Sehnen verwendet. Als mikrochirurgisches Transplantat wird er vorwiegend bei Defekten im Kopf-Halsbereich eingesetzt, besonders für umschriebene intraorale Defekte (Soutar und McGregor 1986, Soutar et al. 1983).

Durch den Einschluss entsprechender knöcherner Anteile in die verschiedenen Muskel- oder Hauttransplantate ergeben sich weitere Kombinationsmöglichkeiten.

Osteokutane oder osteomyokutane Transplantate ermöglichen komplexe Rekonstruktionen im Kopf- Halsbereich, wie beispielsweise beim Mundhöhlenerersatz. Zu diesen zählt neben den Leisten- und Fussrückenlappen ebenfalls der Radialislappen.

Insellappen bezeichnen Lappenplastiken, bei denen das gestielte Transplantat mit seiner Hautinsel am Defektort ausgeleitet wird. Zu diesen zählt neben dem TRAM- (transverse rectus abdominis myocutaneous) Lappen, der Latissimus-dorsi Lappen, der gestielt oder frei, eines der am häufigsten verwendeten Transplantate ist. Typische Anwendungsgebiete stellen die Rekonstruktion der weiblichen Brust sowie ausgedehnte Rekonstruktionen im Kopf- Halsbereich dar (Geishauer und Schwarz 1995, Henne-Bruns et al. 2001, Quillen 1979, Quillen et al. 1978).

Die wichtigsten Indikationen im Kopf- Halsbereich lassen sich somit mit einigen überschaubaren Transplantaten abdecken.

Dazu zählen unter anderem der Radialislappen für dünne Weichteildefekte bzw. umschriebene intraorale Defekte und der Muskelus Latissimus-dorsi Lappen für voluminösere Defekte.

Es finden natürlich noch diverse weitere Transplantate bei Rekonstruktionen im Kopf- Halsbereich ihren Einsatz, worauf in dieser Arbeit aber nicht näher eingegangen werden soll.

Aufgrund der vielfältigen Variationsmöglichkeiten ist es möglich, jedem Patienten seinen individuell „optimalen“ Lappen einsetzen zu können, wobei die Prinzipien der funktionellen Rekonstruktion und der ästhetischen Rekonstruktion miteinander kombiniert werden müssen.

Gegenstand klinischer Studien in der Nordwestdeutschen Kieferklinik sind Untersuchungen mit Hilfe von Semmes-Weinstein Monofilamenten, die gestielte und freie mikrochirurgische Latissimus-dorsi Transplantate mit und ohne sensibler Anastomose sowie Radialislappen mit und ohne sensibler Anastomose bezüglich der Reinnervation untersuchen (Heiland 2001, Vesper 2002).

1.4 Re-Innervation nach lappenchirurgischen Eingriffen

1.4.1 Lappenchirurgie und Re-Innervation im Gesichtsbereich

Nach der Etablierung von lokalen Lappenplastiken und des mikrochirurgischen Gewebetransfers liegt ein Hauptaugenmerk auf der detaillierten Wiederherstellung von Funktion und Ästhetik (Schmelzle 1993). Dabei spielt die Resensibilisierung rekonstruierter Gewebeoberflächen eine bedeutende Rolle und bildet die Grundlage vieler Untersuchungen.

Die Notwendigkeit nervaler Anastomosen bei freien Transplantaten zur Wiedererlangung der Hautsensibilität sowie die postoperativen Ergebnisse sind Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Diskussionen (Boyd et al. 1994, Baumann et al. 1996, Vesper et al. 2002, Vriens et al. 1996).

Entsprechende Untersuchungen über gestielte und freie M. Latissimus-dorsi Transplantate und Radialislappen und ihre Resensibilisierung werden mit Hilfe von Semmes-Weinstein Monofilamenten in der Nordwestdeutschen Kieferklinik durchgeführt (Heiland 2001, Vesper 2002).

Häufig jedoch ist die Quantifizierung der Sensibilität in Studien zur Resensibilisierung und der Vergleich mit nicht vorgeschädigten Hautarealen ungenügend.

1.4.2 Bekannte Meßverfahren

Für die Untersuchung der Re-Innervation stehen verschiedene Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Häufig angewendete Untersuchungsmethoden bezüglich der Re-Innervation sind die unter Abschnitt 1.2 zum Teil näher beschriebenen Verfahren. Dazu zählen der Schmerzreiz mit einer Nadel, für die Qualität Nozizeption, die heiß und kalt Untersuchung für die Thermozeption, die Drucktestung mit Hilfe z.B. eines Watteträgers, die Vibrationsempfindung mit Hilfe einer Stimmgabel sowie die Untersuchung des räumlichen Auflösungsempfindung mit Hilfe der Zwei-Punkt Diskrimination. Als grosser Nachteil der meisten dieser Techniken zeigt sich die grosse Abhängigkeit vom Untersucher und der Compliance des Patienten.

Bei allen wahrnehmungsphysiologischen Verfahren können sich mangelnde Kooperationsbereitschaft oder Konzentrationsfähigkeit des Patienten jederzeit negativ auf das Untersuchungsergebniss auswirken (Staudenmeier 1998). Ebenso ist die Quantifizierung der Ergebnisse bezüglich der Sensibilität sowie der Vergleich mit unbeschädigten Hautarealen oftmals unbefriedigend und nicht ausreichend.

1.4.3 Semmes-Weinstein Monofilamente

Eine etablierte, effektive und auch zuverlässige Testmethode für die Untersuchung der Hautsensibilität sind die Semmes-Weinstein Monofilamente, da sie eins der objektivsten Instrumente im Bereich der manuellen Testinstrumente darstellen (Bell-Krotoski 1991, Kumar et al. 1991). Eine detaillierte technische Beschreibung des Testverfahrens befindet sich im Abschnitt 2.2.

Die Semmes-Weinstein Monofilamente gelten seit Jahren als ein objektives, wenn nicht sogar als das objektivste (Bell-Krotoski 1991) und am häufigsten kontrollierteste Testinstrument im Bereich aller manuellen Testinstrumente (Bell-Krotoski et al. 1995). Sie stellen eine optimale Wahl dar, Sensibilität objektiv zu testen (Bell-Krotoski et al. 1995). Ihr weitgefächertes Einsatzgebiet erstreckt sich über die Erhebung normaler Sensibilitäten (Bell 1984, Costas et al. 1994, Posnik et al. 1990, Tairich et al. 1998), im Bereich der Rehabilitation (Voerman et al. 1999), als Screeningmethode für den Neuropathiegrad bei Diabetikern (Kumar et al. 1991); zum postoperativen Monitoring der Nervenregeneration (Levin et al. 1978), sowie zur Diagnose von Nervkompressionssyndromen (Gelberman et al. 1983, King et al. 1997, Szabo et al. 1984). Sie werden in der Literatur als ein glaubwürdiges, effektives und einfach in der Handhabung geltendes Testinstrument beschrieben (Kumar et al. 1991), welches günstig und tragbar ist, und für den Patienten eine akzeptable und schmerzlose Testmethode darstellt (Mayfield und Sugarman 2000). Ebenso finden sie ihren Einsatz auch in Bereichen, wo andere Geräte ungeeignet sind (Kumar et al. 1991, Olmos et al. 1959), bzw. wo auch der Einsatz elektrodiagnostischer Testinstrumente das diagnostische Potential nicht weiter verstärken können (Szabo et al. 1999).

All diesen Dingen liegt allerdings die Notwendigkeit der korrekten Kalibrierung zu Grunde (Bell-Krotoski 1990, Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Bell-Krotoski et al. 1995, Fess 1986, Voerman et al. 1999). Sofern dieser Aspekt berücksichtigt ist, variieren die Filamente relativ gering in ihrer Applikationskraft und geben in dem klinischen Gebrauch kontrollierte, objektive und reproduzierbare Kraftstimulie (Bell-Krotoski und Buford 1997, Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Bell-Krotoski et al. 1995, Fess 1986). Dieses wird unterstützt durch die viskoelastischen Vorteile des Nylons, wodurch die Vibrationen der Untersucherhand absorbiert werden und, bedingt durch den elastischen Modus, eine konstante Kraftabgabe erfolgt (Bell-Krotoski et al. 1993).

Allerdings sollte, bedingt durch die große Abhängigkeit des elastischen Modus von Hitze und Feuchtigkeit, die Untersuchung mit den Filamenten stets unter den gleichen, standardisierten Rahmenbedingungen erfolgen und dokumentiert werden, um exakte und reproduzierbare Ergebnisse zu erzielen und den Vergleich mit anderen Studienergebnissen zu ermöglichen, wie es auch in dieser Studie berücksichtigt wurde. Die hohe Sensitivität dieses Testverfahrens (Bell 1984, Bell-Krotoski 1990), erlaubt es also normale Sensibilitätsschwellen zu testen (Bell 1984), allerdings muss darauf hingewiesen werden, daß keine exakten Schwellenwerte gemessen werden (Bell-Krotoski und Tomanik 1987), sondern viel mehr ein Bereich eingegrenzt wird, in dem sich die Empfindungsschwellen befinden (Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Dellon 2000).

Verschiedene Aspekte bergen große Fehlerquellen bei der Verwendung der Semmes-Weinstein Monofilamente. Variationen in den Endstücken, Variationen des elastischen Modus durch Hitze und Feuchtigkeit, Variationen im Bereich der Filamentenden sowie eine unsachgemäße Handhabung (Levin et al. 1978), sind Aspekte, die durch eine korrekte Kalibrierung der Filamente und eine sachgemäße Handhabung umgangen werden können. Ein weiterer Punkt, der häufig Verwirrung stiftet und die Vergleichbarkeit von Studienergebnissen erschwert, ist die Abhängigkeit vom verwendeten Testset, welche die ausgeübten Druckstimuli der einzelnen Filamente entweder in g/mm^2 , oder als Logarithmus der zehnfachen Kraft in Milligramm angeben (Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Levin et al. 1978, Vriens et al. 1996), was dazu führt, diese Testmethode und die damit erzielten Ergebnisse relativ leicht zu missverstehen (Levin et al. 1978).

Prinzipiell muss man zur Erhebung von Sensibilitäten objektive und wiederholbare Tests voraussetzen (Bowen et al. 1990), um universelle Verwendung zu finden (Robinson et al. 1990), und um somit eine gute Grundlage bezüglich der Sensibilität und ihrer möglichen Veränderungen zu schaffen (Posnik und Grossman 2000). Ebenso sollten die Untersuchungen an reproduzierbaren Testpunkten erfolgen, wie dies in dieser Studie erstmals erfolgte, um statistisch auswertbare und vergleichbare Untersuchungsergebnisse darstellen zu können. Die Verwendung von Standardprotokollen (Robinson et al. 1990), bzw. die Kombination mit anderen Testen (Posnik und Grossman 2000) kann dabei eine große Unterstützung darstellen.

Die Semmes-Weinstein Monofilamente werden auch in Studien aus dem angloamerikanischen Sprachraum eingesetzt, um Störungen von „Druck und Berührung“, als Zeichen einer peripheren sensiblen Neuropathie sowie als pathogenetischen Faktor in der Entstehung des diabetischen Fußsyndroms feststellen, zu können. (Kumar et al. 1991, Olmos et al. 1959). Die Untersuchung Leprakranker mit Monofilamenten hat sich in vielen Entwicklungsländern wie Brasilien und Indien etabliert (Olmos et al. 1959) und wird seit Jahren von der WHO empfohlen.

1.5 Fragestellungen der vorliegenden Arbeit

1.5.1 Stand der Forschung

Zusammenfassend läßt sich der folgende Forschungsstand beschreiben: die verschiedenen Sinnesmodalitäten der Haut sind auf anatomisch-histologischer und physiologischer Ebene bekannt und gut charakterisiert. Testsysteme zur Messung und Quantifizierung der einzelnen Qualitäten sind ebenfalls etabliert worden und dienen der weiteren wissenschaftlichen Erforschung. Des weiteren haben die aktuellen Techniken des Gewebetransfers in der plastischen Gesichtschirurgie zu ästhetisch und funktionell befriedigenden Ergebnissen geführt. Allerdings ist unbekannt, wie sich Sensibilitätsschwellen im Ursprungs- und Zielgebiet der Lappenplastiken verhalten. Nur über eine Quantifizierung der Sensibilitäten beider Areale lassen sich Re-Innervationsvorgänge abbilden und Operationstechniken optimieren.

1.5.2 Ziel der vorliegenden Arbeit

Ziel dieser Studie soll daher die Erhebung von Referenzwerten sein im Bereich von M. Latissimus-dorsi- und Radialislappen- Entnahmestellen sowie der Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich, um Grundlagen zum Vergleich prä- und postoperativer Untersuchungen zu liefern.

Ziele der vorliegenden Studie sind daher:

- (1.) Anwendung eines Meßverfahrens für die Druckempfindlichkeit in lappenchirurgisch relevanten Bereichen.
- (2.) Ermittlung von Druckreferenzwerten, die die Innervation der gesunden Haut in Bereichen wiedergibt, die für Lappentransplantate wichtig sind.
- (3.) Vergleich von Sensibilitätsunterschieden innerhalb eines Transplanationsbereiches.
- (4.) Erstellung einer Grundlage zur weiteren Erforschung der Re-Innervation nach Transplantationen.

2 Material und Methoden

2.2 Beschreibung der Semmes-Weinstein Monofilamente

2.2.1 Historisches

1898 führte VON FREY eine neue Methode zur Untersuchung der Drucksensibilität der menschlichen Haut ein. Dazu verwendete er ein Pferdehaar. Er setzte es mit dem einen Ende auf die Haut auf und verübte einen vertikalen Druck auf das andere Ende, bis das Haar sich krümmte. Die zu untersuchenden Patienten sollten erklären, ob sie den Druck spürten oder nicht. Im weiteren Verlauf der Studien kalibrierte Von Frey diese Haare, von da an bekannt als Von Frey Haare oder Von Frey Filamente, und bestimmte somit die Drucksensibilität bei Patienten. Bei der Kalibrierung variierte er die Haare hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Länge und ihrer verschiedenen Härtegrade. Diese Methode ist bis heute unverändert.

1960 waren es dann erstmals S. Weinstein und J. Semmes, die mit ihrer Arbeitsgruppe diese Methode wieder neu aufgriffen. Sie entwickelten einen Satz von 20 kalibrierten Nylon- Monofilamenten mit unterschiedlichen Durchmessern und Längen und untersuchten damit die Drucksensibilität bei Patienten mit Schädel-Hirn-Verletzungen. Die Nylonfäden wurden in Plastikstäbe gefaßt, was einen relativen Vorteil in der Handhabung gegenüber den doch sehr flexiblen Naturhaaren darstellt. (Levin et al. 1978).

2.2.2 Aufbau der Filamente

Die Semmes-Weinstein Monofilamente bestehen aus Nylonfäden, die in einen Plastikstab gefasst sind. Die Nylonfäden unterscheiden sich in Länge und Durchmesser und haben daher ein unterschiedliches Wirkungsspektrum bezüglich ihrer Krafteinwirkung. Es sind Drücke von 1.1g/mm^2 – $137,3\text{ g/mm}^2$ entsprechend Filament 1-19 applizierbar. Tabelle 5 zeigt die Unterschiede bezüglich Durchmesser, Länge, nominaler Kraft und Druck.

Haarnummer	Durchmesser	Länge	Nominale Kraft	Druck
	In mm	In mm	In g	In g/mm ²
1	0,12	66	0,013	1,1
2	0,12	55	0,018	1,6
3	0,14	46	0,026	1,7
4	0,14	40	0,034	2,3
5	0,17	46	0,064	2,9
6	0,18	46	0,085	3,3
7	0,20	46	0,145	4,5
8	0,25	46	0,320	6,8
9	0,26	43	0,390	7,3
10	0,32	46	1,10	14,1
11	0,35	46	1,70	17,5
12	0,41	46	3,30	25,0
13	0,45	43	5,10	31,6
14	0,52	43	8,30	39,1
15	0,61	43	17,0	57,8
16	0,65	40	24	72,5
17	0,72	40	34	84,4
18	0,81	40	50	96,1
19	1,01	40	110	137,3

Tabelle 5: Herstellerangaben der SENSELab AESTHESIOMETER Semmes-Weinstein Monofilamente bezüglich Durchmesser, Länge, nominaler Kraft und Druck.

(Quelle: SOMEDIC Sales AB, Hörby, Schweden)

2.2.3 Anwendung und Funktion der Filamente

Die Filamente wurden wie vom Hersteller (SOMEDIC Sales AB, Hörby, Schweden) empfohlen und wie in der Literatur beschrieben (Bell-Krotoski et al., 1995, Bell-Krotoski et al., 1993) angewendet. Nach Markierung der Testpunkte brachten sich die Probanden in eine bequeme Position und hielten während der Untersuchung die Augen geschlossen. Die Filamente wurden am Ende des Plastikstabes gehalten und die Nylonfäden senkrecht, in einem Winkel von 90° auf die Hautoberfläche aufgesetzt, um somit einen Druck mit senkrechtem Vektor zu erreichen.

Abbildung 2 zeigt schematisch die Anwendung eines Filamentes.

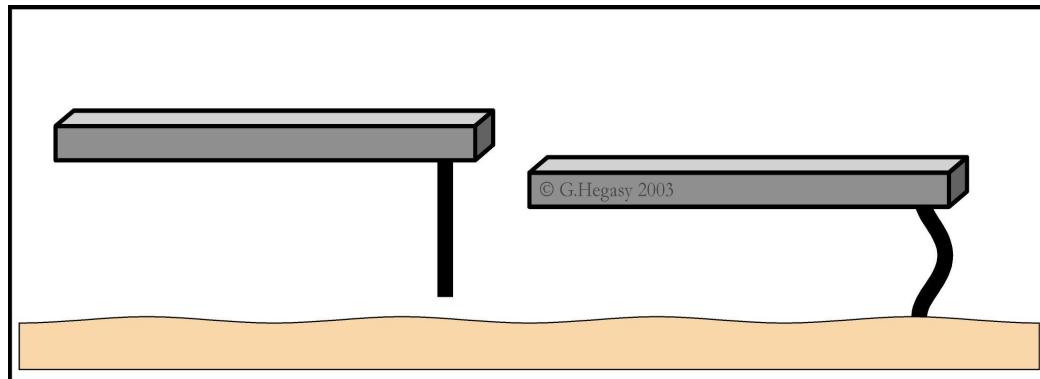


Abbildung 2: Anwendung der Filamente

Der erzeugte Auflagedruck war erreicht, wenn sich das Monofilament bog. Dieser Auflagedruck wurde für 1,5 Sekunden aufrecht erhalten, bis das Filament in der gleichen Geschwindigkeit wie beim Aufsetzen wieder entfernt wurde. Pro Testpunkt wurde jedes Filament 3 mal angewendet. Dasjenige Filament, welches zwei von drei möglichen Empfindungen auslöste, wurde als Empfindungsschwelle gewertet und im Protokoll notiert. Antworten, die den Zeitraum von mehr als drei Sekunden überschritten wurden als negativ gewertet.

Die Untersuchung mit den Monofilamenten erfolgte in aufsteigender Reihenfolge, wobei jede Untersuchung zunächst mit einer Monofilamentstärke beendet wurde, bevor auf die nächst größere Stärke übergangen wurde. Zwischen den Untersuchungen mit den unterschiedlichen Filamentstärken wurde eine Pause von drei Minuten eingehalten, um einen möglichen Gewöhnungseffekt oder eine Rezeptoradaptation auszuschließen, und die Konzentrationsfähigkeit der Probanden zu unterstützen.

2.3 Meßregionen und Meßpunkte

2.3.1 Auswahl der Meßregionen

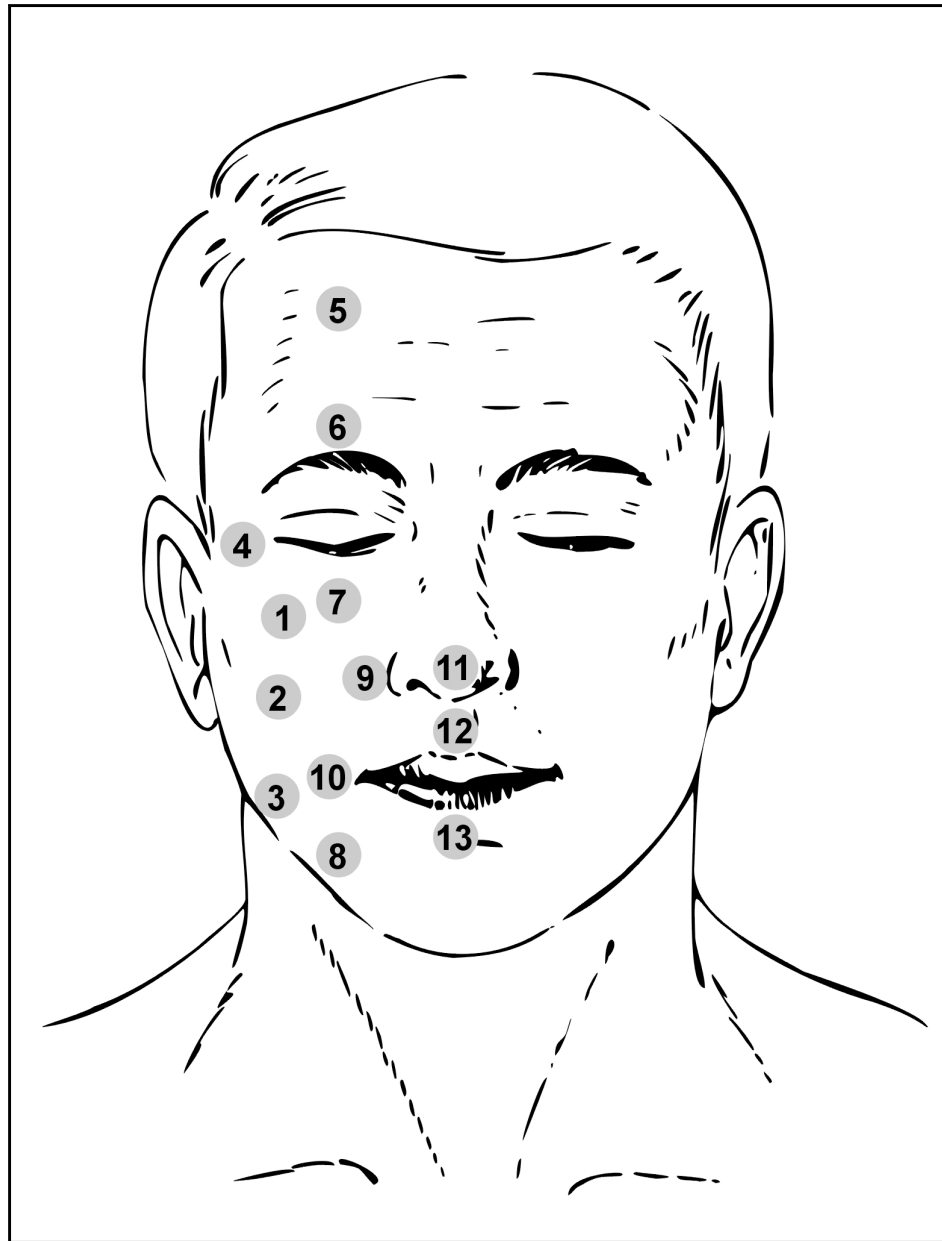
In der vorliegenden Arbeit wurden 4 Regionen hinsichtlich ihrer Sensibilität mit Hilfe von Semmes-Weinstein Monofilamenten untersucht.

Es sind zum einen die potentiellen Entnahmeregionen am Rücken für M. Latissimus-dorsi- Transplantate sowie am Unterarm für Radialislappen. Zum anderen sind es die möglichen Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich, die untersucht wurden.

Insgesamt wurden 40 Testpunkte untersucht, die alle auf der rechten Körperseite lokalisiert waren. Bedingt durch unterschiedliche Behaarungstypen sowie anderen dermatologischen Begebenheiten konnten nicht alle Testpunkte bei allen Probanden untersucht werden.

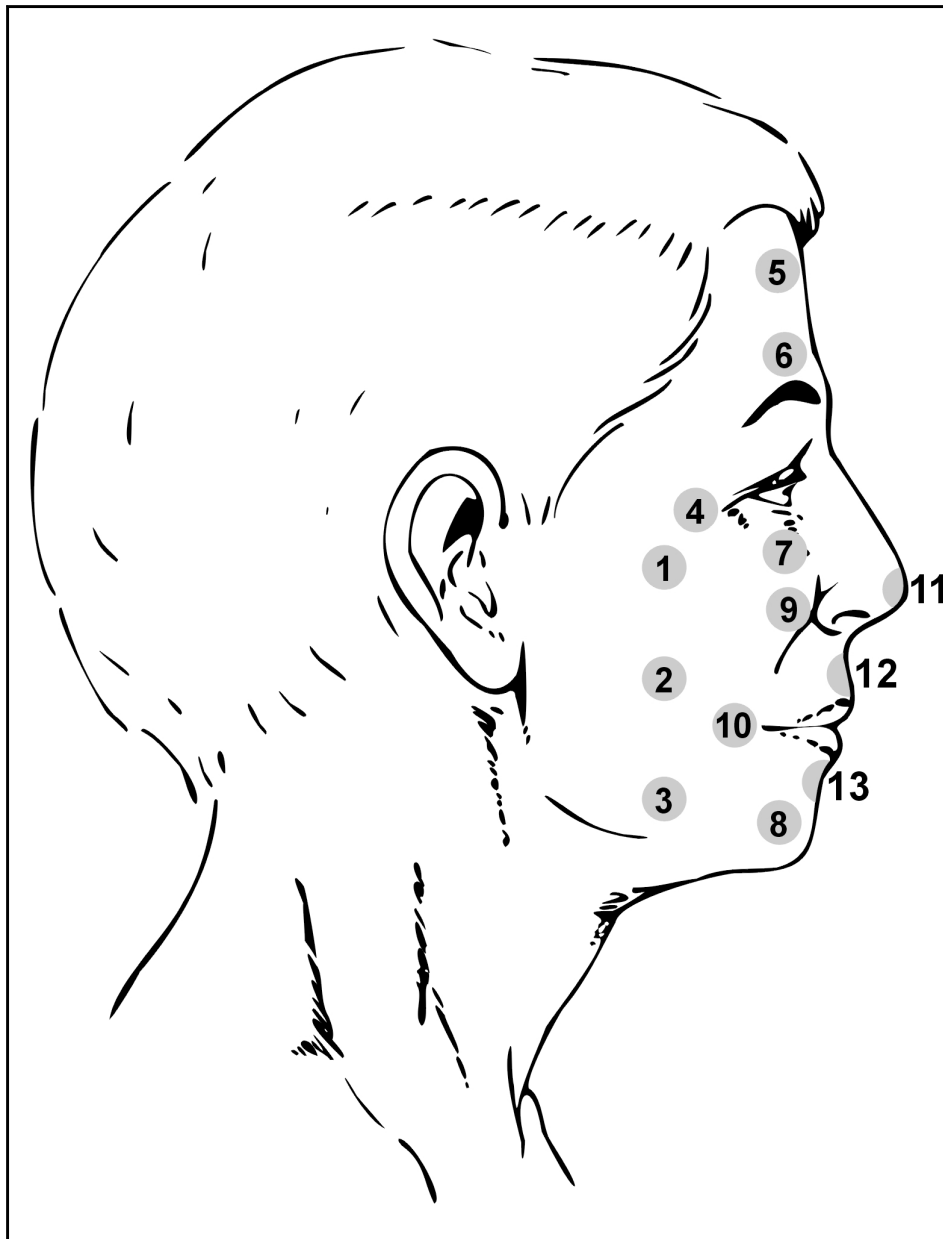
Die folgenden Graphiken zeigen die Testpunkte mit ihrer Lokalisation in den verschiedenen Untersuchungsregionen.

2.1.1 Regionen des Gesichts



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Mitte zwischen P 7 und 1cm vor TA	8	1cm oberhalb UK-Kante, MPL
2	Mitte von P 2 und P 4	9	1cm neben Nasenflügelansatz
3	1cm über UK, senkrechte von P 12	10	1cm neben Mundwinkel
4	1cm neben lateralem Augenwinkel	11	Nasenspitze
5	4cm oberhalb Augenbraue, MPL	12	Mitte Philtrum
6	1cm oberhalb Augenbraue, MPL	13	Mitte Kinnfalte
7	1cm unterhalb Unterlid, MPL		

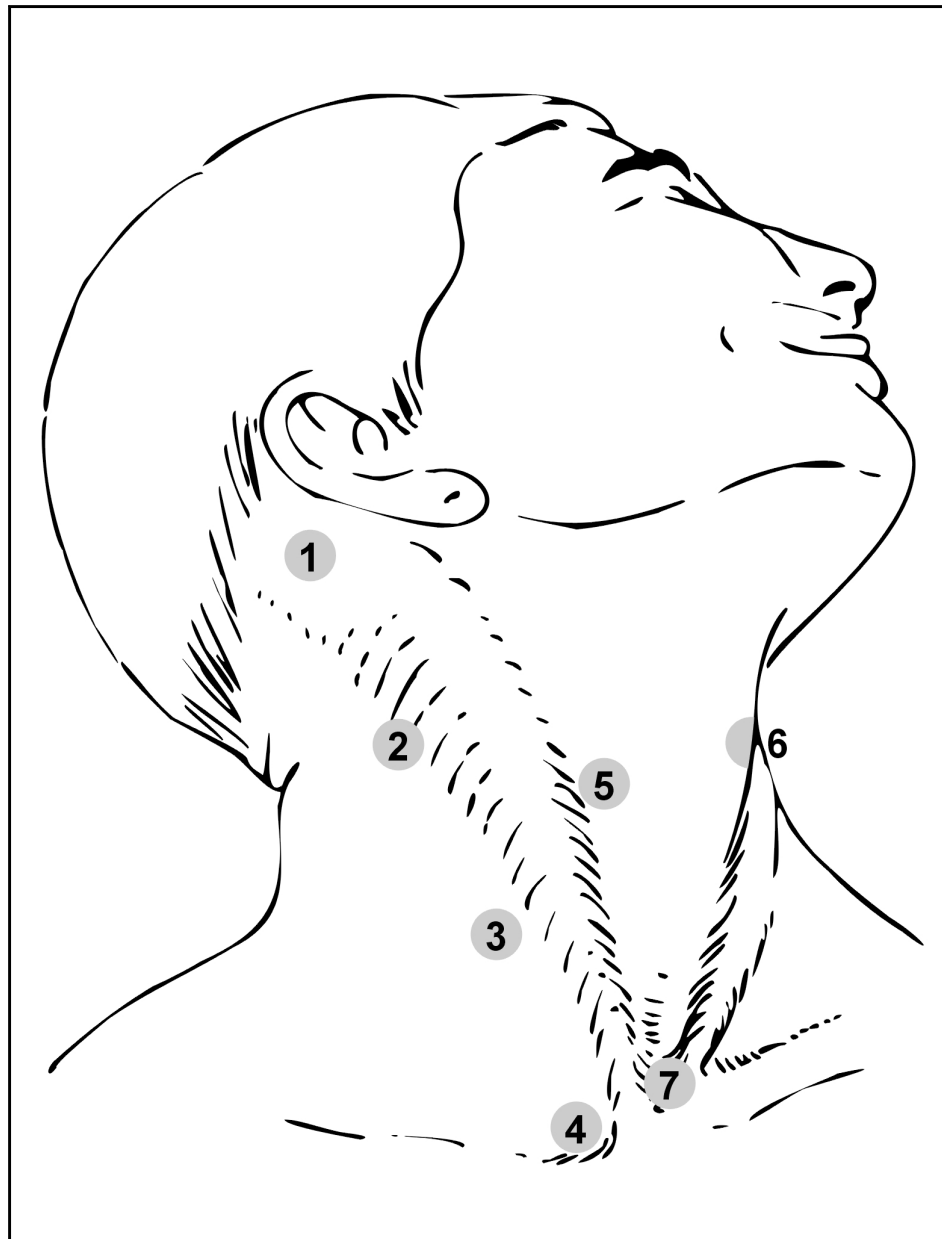
Abb 3, Tab 6: Lokalisation und Koordinaten der Gesichtstestpunkte. MPL= Mediopupillarlinie, UK= Unterkieferkante, TA= Tragusansatz.



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Mitte zwischen P 7 und 1cm vor TA	8	1cm oberhalb UK-Kante, MPL
2	Mitte von P 2 und P 4	9	1cm neben Nasenflügelansatz
3	1cm über UK, senkrechte von P 12	10	1cm neben Mundwinkel
4	1cm neben lateralem Augenwinkel	11	Nasenspitze
5	4cm oberhalb Augenbraue, MPL	12	Mitte Philtrum
6	1cm oberhalb Augenbraue, MPL	13	Mitte Kinnfalte
7	1cm unterhalb Unterlid, MPL		

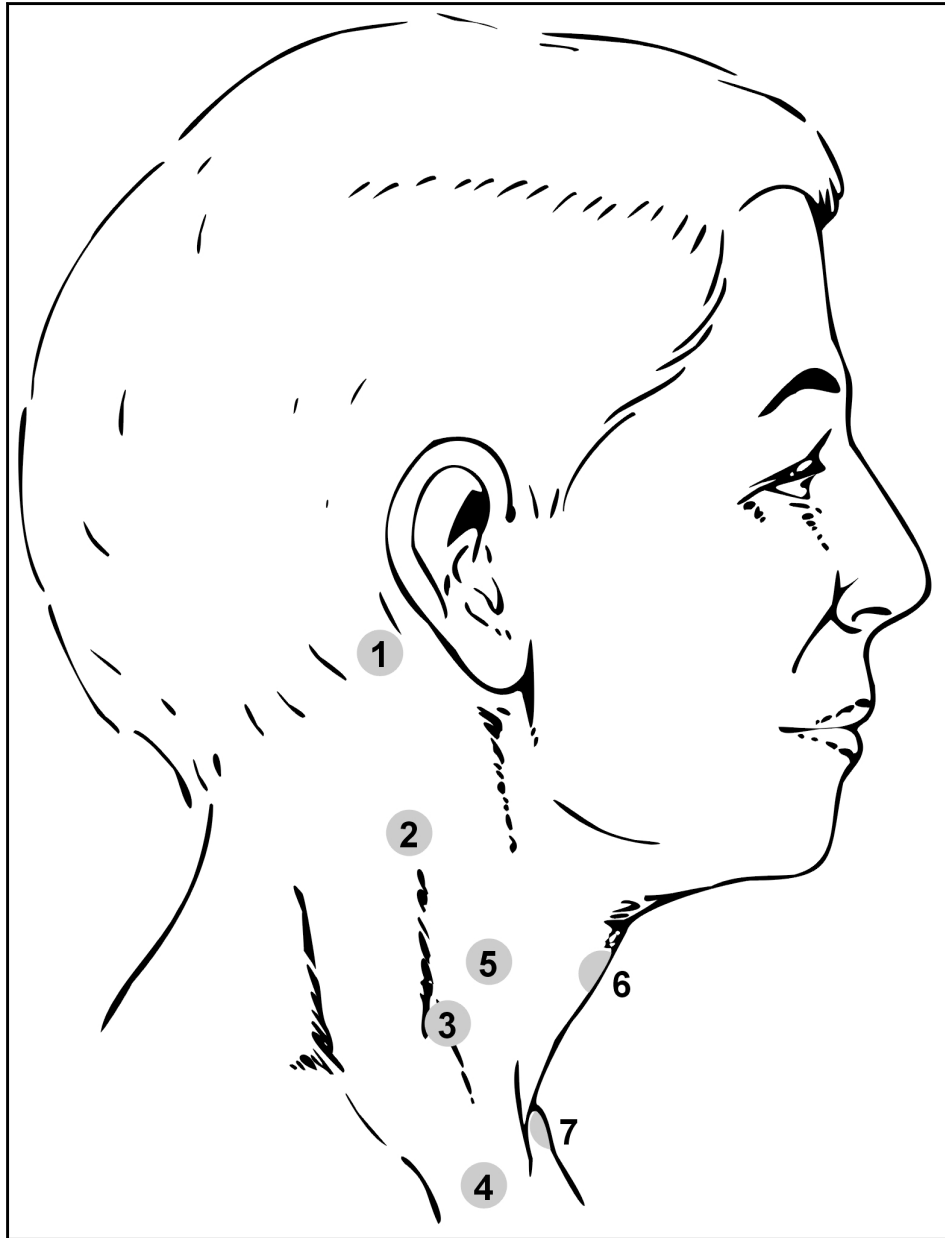
Abb 4, Tab 7: Lokalisation und Kooordinaten der Gesichtstestpunkte. MPL= Mediopupillarlinie, UK= Unterkieferkante, TA= Tragusansatz.

2.1.2 Regionen des Halses



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Mastoid	5	Vorderer SKM-Rand, Höhe P 6
2	1/3 von P 1 und P 4	6	Mitte Adamsapfel
3	2/3 von P 1 und P 4	7	Senkrechte von P 6 zum Sternum
4	Sternal hinterer SKM-Ansatz		

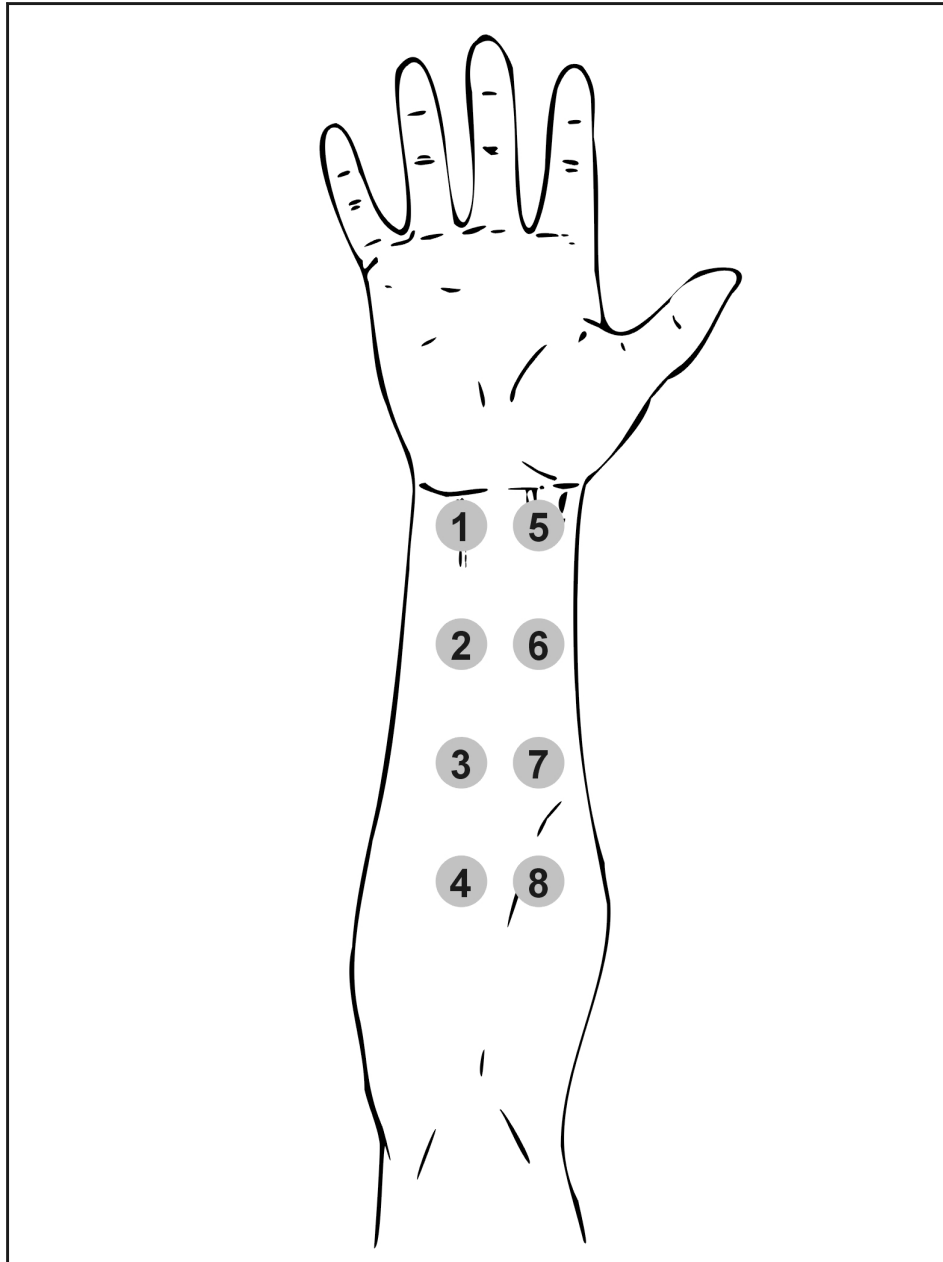
Abb 5, Tab 8: Lokalisation und Koordinaten der Halstestpunkte. SKM= M. sternokleidomastoideus.



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Mastoid	5	Vorderer SKM-Rand, Höhe P 6
2	1/3 von P 1 und P 4	6	Mitte Adamsapfel
3	2/3 von P 1 und P 4	7	Senkrechte von P 6 zum Sternum
4	Sternal hinterer SKM-Ansatz		

Abb 6, Tab 9: Lokalisation und Koordinaten der Halstestpunkte. SKM= M. sternokleidomastoideus.

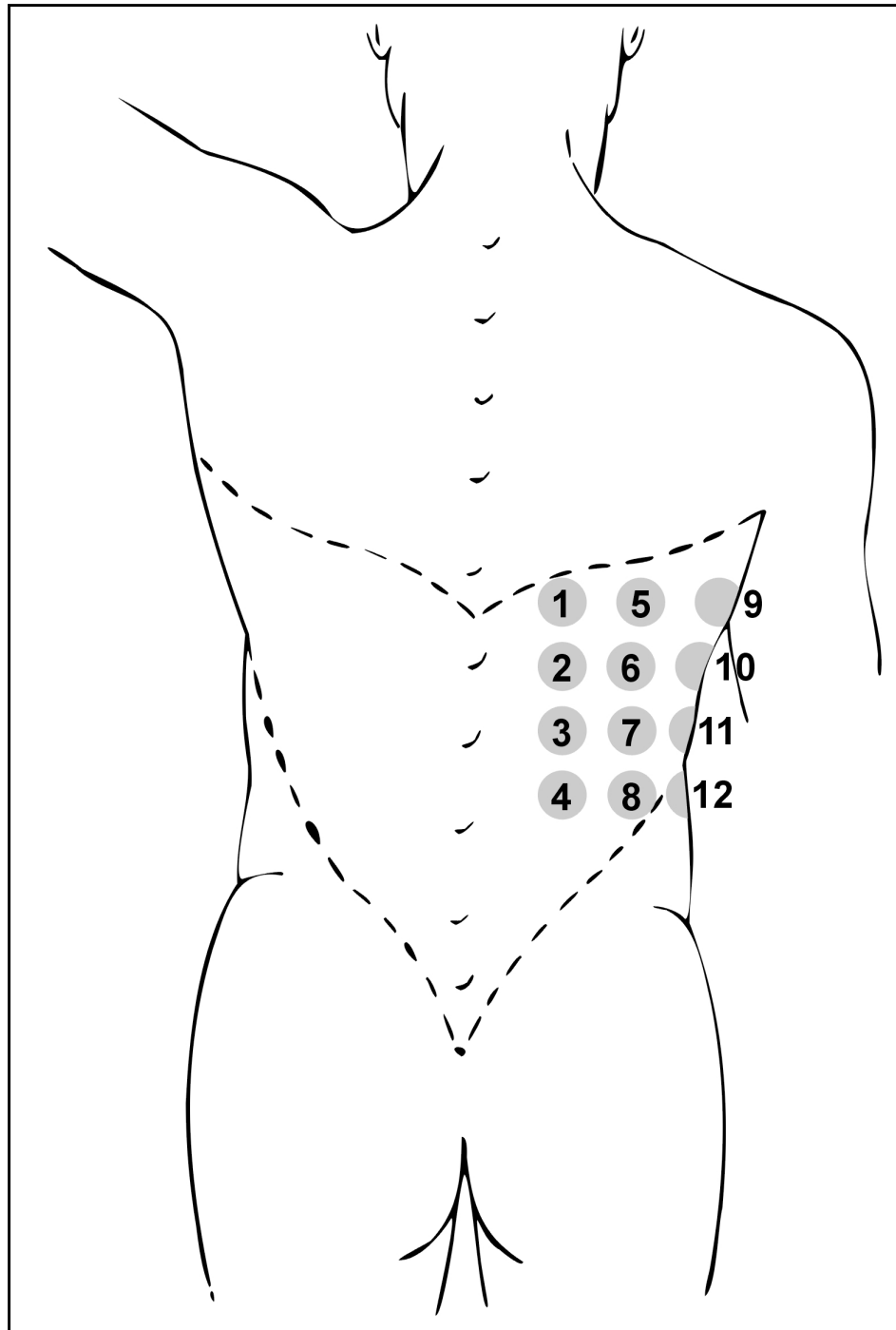
2.1.3 Regionen des Armes



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Handfalte Ulnarsehne	8	Handfalte Radialissehne
2	Senkrechte von P 1-5cm	9	Senkrechte von P 5 -5cm
3	Senkrechte von P 1-10cm	10	Senkrechte von P 5 -10cm
4	Senkrechte von P 1-15cm	11	Senkrechte von P 5 -15cm

Abb 7, Tab 10: Lokalisation und Koordinaten der Armtestpunkte.

2.1.4 Regionen des Rückens



Punkt	Lokalisation	Punkt	Lokalisation
1	Unterrand Scapula	7	Senkrechte von P 5 –10cm
2	Senkrechte von P 1 –5cm	8	Senkrechte von P 5 –15cm
3	Senkrechte von P 1 –10cm	9	hintere Axillarlinie Höhe P 1
4	Senkrechte von P 1 –15cm	10	Senkrechte von P 9 –5cm
5	Hälfte von P 1- P 9	11	Senkrechte von P 9 –10cm
6	Senkrechte von P 5 –5cm	12	Senkrechte von P 9 –15cm

Abb 8, Tab 11: Lokalisation und Koordinaten der Rückentestpunkten

2.4 Probanden und Auswertungsverfahren

2.4.1 Auswahl des Kollektivs

Das Kollektiv dieser Studie besteht aus 55 Probanden. Es handelt sich um 25 Frauen und 30 Männer im Alter von 20-33 Jahren (Minimum: 20,6 Jahre, Maximum 33,3 Jahre). Das mittlere Lebensalter beträgt 26,8 Jahre (bei Frauen Ø 26,8 Jahre, bei Männern Ø 26,9 Jahre).

Bei der Auswahl der Probanden wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- 1.) Probanden mit einem Lebensalter unter 20 und über 35 Jahren nahmen nicht an dieser Studie teil.
- 2.) Alle zu untersuchenden Personen sind Rechtshänder.
- 3.) Probanden mit systemischen Hauterkrankungen wie beispielsweise Neurodermitis und/oder Psoriasis wurden ausgeschlossen. Ebenso wurden Probanden mit andern systemischen Erkrankungen, wie etwa Diabetes mellitus und/oder Gicht, die Einfluss auf die Sensibilität haben, nicht in den Versuch mit einbezogen.
- 4.) Unabhängige periphere sensible Neuropathien entzündlicher, exogen-toxischer (Narben) oder infektiös hyperergischer Ursache stellten ein Ausschlusskriterium dar, ebenso wie anderweitig bedingte Schädigungen des peripheren Nervensystems (wie Läsionen durch ein Trauma, Plexusparesen, spinalen Wurzelkompressionen oder Polyradikulopathien) und Erkrankungen des Zentralnervensystems.
- 5.) Desweiteren wurden Probanden mit starker Körperbehaarung im Untersuchungsgebiet nicht in die Studie einbezogen.

Die Prüfung erfolgte anhand der anamnestischen Angaben der Probanden im nachfolgenden Fragebogen sowie der Befunde der internistisch/neurologischen Untersuchung.

Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie (MKG) Nordwestdeutsche Kieferklinik	
Gesundheitsfragebogen	
Datum: _____	
Name: _____	Vorname: _____
Strasse: _____	Wohnort: _____
Geburtstag: _____	Geburtsort: _____
Telefon: _____	Hausarzt: _____
Dieser Fragebogen unterliegt der ärztlichen Schweigepflicht. Lesen Sie ihn bitte aufmerksam durch und füllen Sie ihn vollständig aus. Bei Fragen und/oder Unklarheiten halten Sie bitte Rücksprache mit dem untersuchenden Mitarbeiter.	
JA NEIN	
Sind Sie z.Zt. in allgemeinärztlicher Behandlung?	
Wenn ja, weshalb? _____	
Haben oder hatten Sie Erkrankungen in folgenden Bereichen?	
Herz (Infarkt, Herzmuskelentzündung, Operationen)	
Kreislauf (Durchblutungsstörung, Thrombose, Embolie, Schlaganfall)	
Leber (Hepatitis, Gelbsucht)	
Bewegungsapparat (Rheuma)	
Zentralnervensystem	
Vegetatives Nervensystem (Kopfschmerzen, Migräne)	
Stoffwechsel (Zuckerkrankheit, Gicht)	
Schilddrüse (Über-/Unterfunktion)	
Röteln, Mumps, Masern, Scharlach	

Abbildung 9: Gesundheitsfragebogen. Erste Seite des Gesundheitsfragebogens, der den Probanden zur Unterschrift vorgelegt wurde.

JA NEIN

Haben oder hatten Sie Erkrankungen in folgenden Bereichen?

Hauterkrankungen (Neurodermitis, Schuppenflechte, Herpes, Gürtelrose)

Gesicht (Kieferhöhlenentzündung, Kiefergelenksbeschwerden)

Mangelerkrankungen (z.B. Vitaminmangel)

Haben Sie eine andere, hier nicht aufgeführte Erkrankung?

Wenn ja, welche: _____

Nehmen Sie regelmäßig Medikamente zu sich?

Wenn ja, welche: _____

Sind Sie allergisch gegen bestimmte Medikamente oder andere Stoffe?

Wenn ja, gegen welche? _____

Besitzen Sie einen Allergiepass?

Rauchen Sie?

Wenn ja: _____ Zigaretten/Tag

Nehmen Sie regelmäßig Alkohol oder andere Drogen zu sich?

Wenn ja, wieviel? _____ Menge/Tag

Sind Sie schwanger?

Haben Sie sonstige Erkrankungen?

Wenn ja, welche?

Wurden Sie schon einmal operiert?

Wenn ja, welche Operationen wurden durchgeführt?

Abbildung 10: Gesundheitsfragebogen. Zweite Seite des Gesundheitsfragebogens, der den Probanden zur Unterschrift vorgelegt wurde.

Anamnesebogen			
			Datum: _____
Name: _____	Vorname: _____		
Geburtstag: _____	Geschlecht: _____		
Grösse: _____ cm	Gewicht: _____ kg	unverändert: _____	
		Zunahme: _____	
		Abnahme: _____	
Allgemeinzustand: _____			
Haut: _____		Lymphknoten: _____	
Dyspnoe: _____			
Ödeme: _____			
Ikterus: _____			
Cyanose: _____			
Kopf/Hals			
Augen: _____			
Ohren: _____			
Hals: _____			
Schilddrüse: _____			
NAP: V1: _____			
V2: _____			
V3: _____			
Sensibilität: _____			
Facialisprfg.: _____			
Intraoraler Befund:			

Hauttyp:	1	(immer Erythem, keine Bräunung)	
	2	(immer Erythem, manchmal Bräunung)	
	3	(manchmal Erythem, immer Bräunung)	
	4	(kein Erythem, immer Bräunung)	
	5	(dunkelhäutige Rasse)	
	6	(schwarze Rasse)	

Abbildung 11: Anamnesebogen

2.4.2 Aufklärung und Einverständnis

Alle Probanden gaben nach einer ausführlichen Aufklärung ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an dieser Untersuchung.

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, daß meine persönlichen Daten im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit verwendet bzw. gespeichert werden. Einer anonymisierten Veröffentlichung stimme ich zu.

Ich bin über die Untersuchung und die Tatsache, daß alle Unterlagen der ärztlichen Schweigepflicht unterliegen, aufgeklärt worden.

Zu ggf. erforderlichen weiteren Untersuchungen erkläre ich mich bereit.

Unterschrift des Probanden: _____ Hamburg, den _____

Unterschrift des Untersuchenden: _____

Abbildung 12: Einverständniserklärung der Probanden

2.4.3 Durchführung

Alle Untersuchungen wurden unter den gleichen standardisierten Bedingungen von einer Person, in dem Zeitraum von November 1999 bis Mai 2000, durchgeführt. Nach ausführlicher Aufklärung und eingehender körperlicher Untersuchung nahmen die Probanden in halbliegender Position Platz. Sie wurden aufgefordert, sich in eine bequeme Lage zu bringen und sich zu entspannen. Dabei sollten die Augen geschlossen werden. Temperatur und Luftfeuchtigkeit wurden so konstant wie möglich eingehalten, um eventuelle Unterschiede in der Applikationskraft zu vermeiden. Störende Lärm- und wechselnde Lichtquellen wurden ausgeschlossen.

Die 40 Testpunkte waren alle auf der rechten Körperseite lokalisiert:

13 facial

7 cervical

8 radial

12 dorsal

Nach Markierung der einzelnen Testpunkte mit Kajalstift wurde mit der Untersuchung, laut Anweisung vom Hersteller und wie in der Literatur beschrieben, begonnen. Die Probanden hatten bei der Untersuchung die Augen geschlossen. Der durch das Monofilament erzeugte Auflagedruck war erreicht, wenn das Monofilament sich bog. Er wurde jeweils für eineinhalb Sekunden aufrechterhalten. Die Monofilamente wurden bei den Untersuchungspersonen einzeln im Winkel von 90° auf die Hautoberfläche aufgesetzt um somit einen Druck mit senkrechtem Vektor zu erzeugen. Dann wurde das Filament mit der selben Geschwindigkeit wie beim Aufsetzen wieder entfernt. Auf diese Weise konnten Drücke von 1,1 g/mm²-137,3 g/mm², entsprechend den Filamenten 1-19, erzeugt werden. Abbildung 2 unter Abschnitt 2. 3. 2 zeigt schematisch die Anwendung eines Filamentes.

Die Filamente wurden pro Testpunkt jeweils dreimal angewendet. Die Probanden wurden angehalten, mit JA zu antworten, wenn sie einen Druck verspürten. Antworten, die den Zeitraum von 3 Sekunden überschritten wurden als negativ gewertet. Zwei gleiche Aussagen bestimmten das Ergebnis, welches dann im Protokollbogen festgehalten wurde. Die Untersuchung mit den Monofilamenten erfolgte in aufsteigender Reihenfolge, wobei jede Untersuchung zunächst mit einer Monofilamentstärke beendet wurde, bevor auf die nächst größere Stärke übergangen wurde. Zwischen den Untersuchungen mit den unterschiedlichen Filamentstärken wurde eine Pause von 3 Minuten eingehalten, um einen möglichen Gewöhnungseffekt oder eine Rezeptoradaptation auszuschließen und die Konzentrationsfähigkeit der Probanden zu unterstützen. Bei drei positiven Ergebnissen wurde die Untersuchung an dem jeweiligen Testpunkt beendet.

Aufgrund unterschiedlicher Behaarungstypen, sowie anderen dermatologischen Begebenheiten, konnten nicht alle Testpunkte bei allen Probanden untersucht werden

3 Ergebnisse

3.1 Probandenkollektiv

3.1.1 Probandenkollektiv

Altersverteilung:

Das Kollektiv dieser Studie bestand aus 55 gesunden Probanden. Es setzte sich aus 25 Frauen und 30 Männern im Alter von 20-33 Jahren zusammen. Das mittlere Lebensalter betrug 26,8 Jahre, wobei das Durchschnittsalter bei den Frauen 26,8 Jahre, bei den Männern 26,9 Jahre betrug. Da die Ein- und Ausschlußkriterien für diese Studie unter Abschnitt 2.4.1 bereits näher erläutert worden sind, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

Abbildung 13 zeigt graphisch die Altersverteilung bei den Frauen.

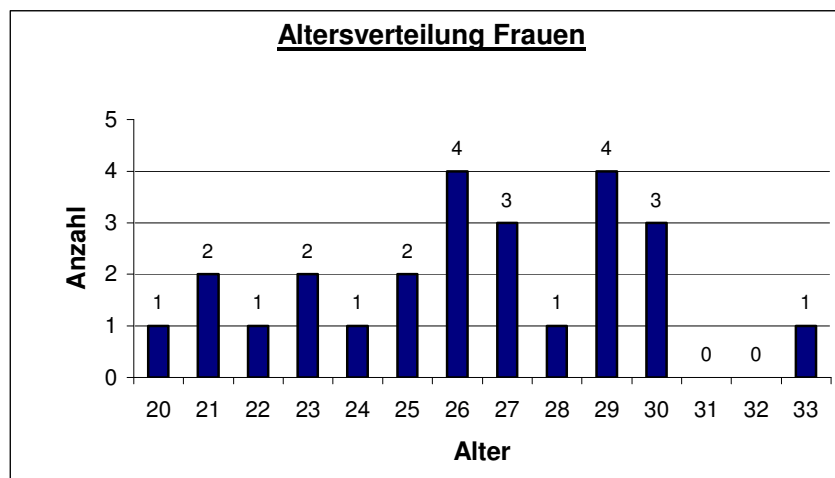


Abbildung 13: Altersverteilung der Frauen

Abbildung 14 zeigt graphisch die Altersverteilung bei den Männern

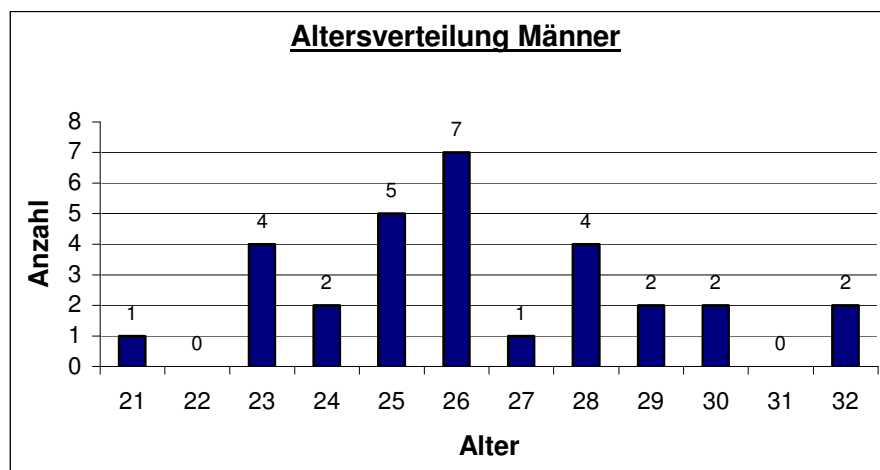


Abbildung 14: Altersverteilung der Männer

Der Hauptanteil von 27 Probanden, somit > als 50%, waren im Alter von 25-28 Jahren, 13 Probanden im Alter von 21-24 Jahren (6 Frauen und 7 Männer) waren jünger, 14 Probanden im Alter von 26-32 (8 Frauen und 6 Männer) waren älter.

Nikotinanamnese:

Insgesamt befanden sich 26 Raucher (11 Frauen und 15 Männer) unter den Probanden, wobei 21 von ihnen bis zu 10 Zigaretten pro Tag konsumierten, der Rest konsumierte mehr als 10 Zigaretten pro Tag.

Hauttypverteilung:

Bei der Verteilung des Hauttyps fällt auf, daß es sich bei 39 Personen der Untersuchten um Probanden mit Hauttyp 3 handelte, das heißt, daß die Haut manchmal zum Erythem neigt, aber immer bräunt. 13 Probanden hatten Hauttyp 2 (immer Erythem, manchmal Bräunung) und nur bei 2 Personen handelte es sich um Hauttyp 4 (kein Erythem, immer Bräunung).

Abbildung 15 und 16 stellen die Hauttypverteilung graphisch dar, jeweils für Frauen und Männer getrennt, die Werte sind in Prozent angegeben.

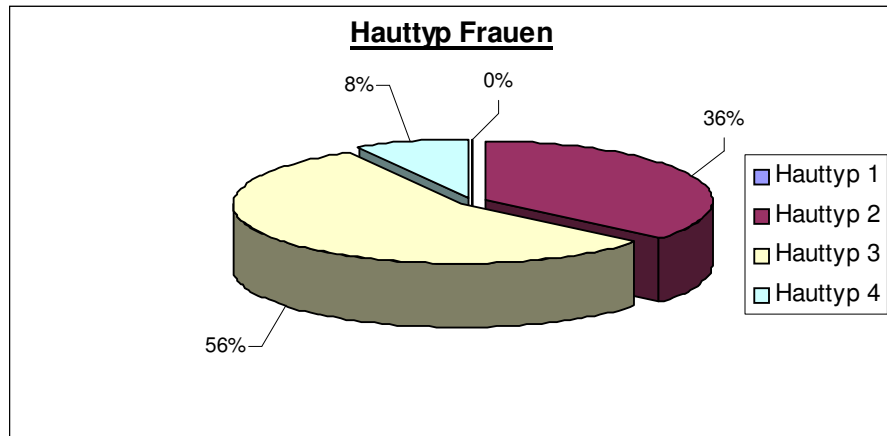


Abbildung 15: Hauttypverteilung der Frauen

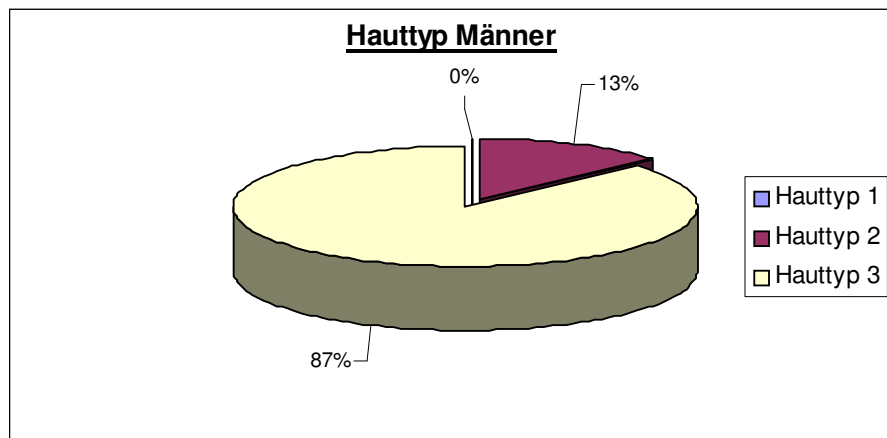


Abbildung 16: Hauttypverteilung der Männer

3.1.2 Testpunkte

In dieser Studie wurden insgesamt 40 Testpunkte in 4 unterschiedlichen Körperregionen untersucht. Alle Testpunkte waren auf der rechten Körperseite lokalisiert. Bei den Regionen handelte es sich um das Gesicht, den Hals, den Unterarm und den Rücken. Dies sind zum einen die potentiellen Entnahmeregionen für M. Latissimus-dorsi- und Radialis- Transplantate, zum anderen die möglichen Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich.

Die Punkteverteilung war wie folgt lokalisiert:

13 Testpunkte im Gesicht,

7 Testpunkte am Hals,

8 Testpunkte am Unterarm

12 Testpunkte am Rücken

Die exakte Beschreibung der Testpunkte mit ihrer Lokalisation und graphischer Darstellung findet sich unter Abschnitt 2.3.

3.1.3 Testpunktausfall

Bedingt durch unterschiedliche Behaarungstypen sowie anderen dermatologischen Begebenheiten, konnten nicht alle Testpunkte bei allen Probanden untersucht werden. Abbildung 16 zeigt die Anzahl und Lokalisation der Meßausfälle bei dem weiblichen Probandenkollektiv

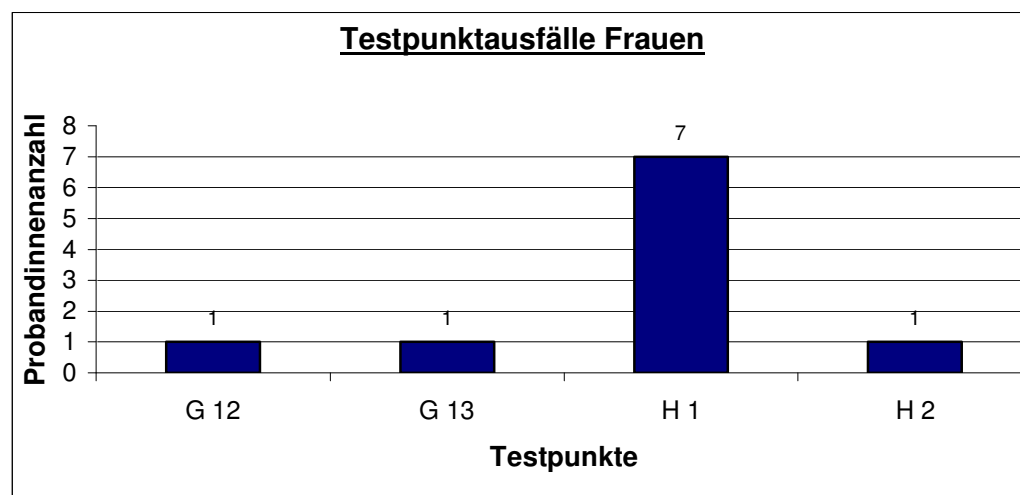


Abbildung 16: Testpunktausfälle bei den Frauen

Abbildung 17 zeigt die Anzahl und Lokalisation der Meßausfälle bei dem männlichen Probandenkollektiv

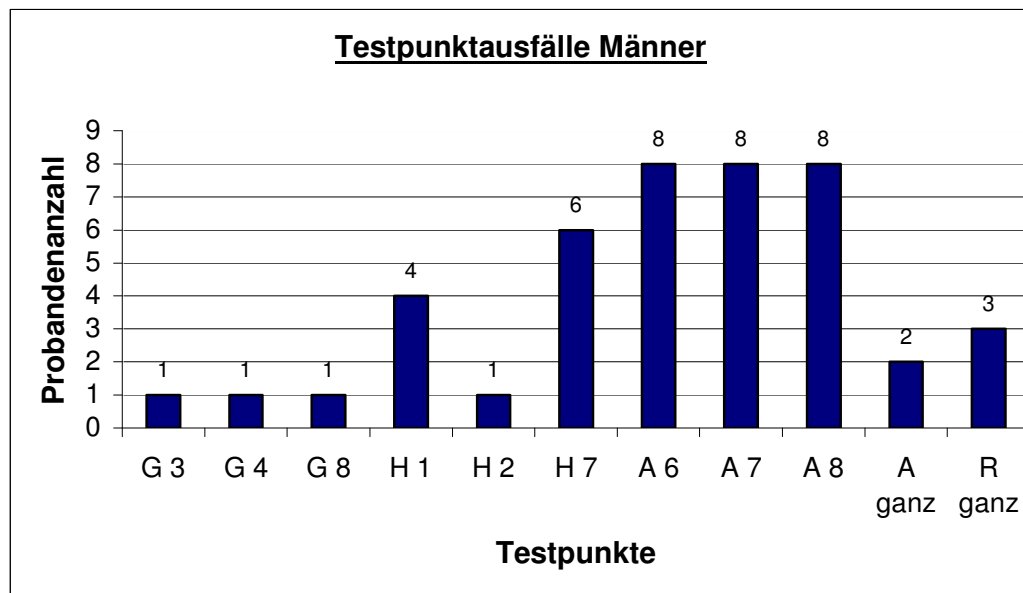


Abbildung 17: Testpunktausfälle bei den Männern

Insgesamt kam es bei 28 der 40 Testpunkte zu einmaligen oder mehrmaligen Meßausfällen, welche sich unter 22 Probanden aufteilten. Bei diesen 22 Probanden handelte es sich um 8 Frauen und 14 Männer.

Die Graphiken lassen erkennen, dass es bei den 8 Frauen an den Testpunkten: Gesicht Nr. 12 und 13 sowie an den Halstestpunkten Nr. 1 und 7 zu Meßausfällen kam.

Bei den 14 Männern handelte es sich im Gesicht um die Testpunkte Nr. 3, 4 und 8 sowie um die Halstestpunkte Nr. 1, 2 und 7. Rücken- und Armregion waren bei einigen männlichen Probanden teilweise gar nicht meßbar. Die Graphiken zeigen die Häufigkeit der Meßausfälle, die zwischen einem Ausfall und bis zu 12 maligem Ausfall wie z.B. am Halstestpunkt Nr. 7 rangieren.

3.2 Empfindungsschwellen

Die folgenden Abbildungen zeigen die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an den einzelnen Testpunkten in den vier verschiedenen Untersuchungsregionen für alle Probanden sowie für Männer und Frauen getrennt und sollen im weiteren erläutert werden.

3.2.1 Gesichtsregion

3.2.1.1 Empfindungsschwellen der Gesichtsregion nach Filamenten

Abbildung 18 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 in der Gesichtsregion für das gesamte Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

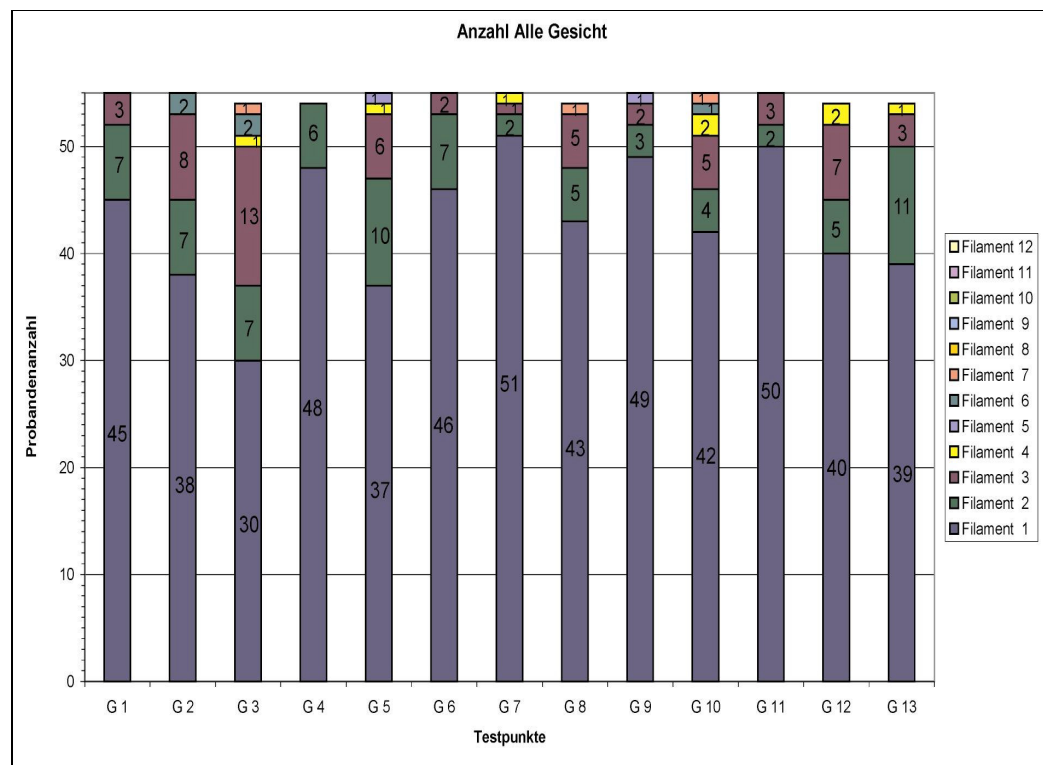


Abbildung 18: Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass die Empfindungsschwelle bei dem 1. Filament an den 13 Testpunkten zwischen 30 (Punkt Nr. 3) und 51 (Punkt Nr. 7) Probanden lag, was prozentual gesehen Werten zwischen 56% (Punkt Nr. 3) bis 93% (Punkt Nr. 7) entspricht. An Punkt Nr. 4 lag die Schwelle für 6 Probanden beim 2. Filament, an den Punkten Nr. 1, 6 und 11 lag sie für je 3, 2 und 3 Probanden beim 3. Filament. An den restlichen 9 der 13 Testpunkte lag die Empfindungsschwelle auch bei höheren Filamenten. An 6 Punkten (Punkt Nr. 2, 5, 7, 10, 12 und 13) verspürten insgesamt 8 Probanden das 4. Filament, für je einen Untersuchten lag die Empfindungsschwelle an den Punkten Nr. 5 und 9 beim 5. Filament. Für die Punkte Nr. 2, 3, 8 und 10 konnten noch höhere Schwellenwerte ermittelt werden. Für je 2 (Punkt Nr. 2, 3), bzw einen (Punkt Nr. 10) Probanden lag die Empfindungsschwelle bei dem 6. Filament, an drei Testpunkten (Punkt Nr. 3, 8 und 10) für je einen Probanden bei dem 7. Filament.

Unterteilt man die Abbildung nach Männern und Frauen getrennt, so zeigte sich folgende graphische Darstellung der Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion. Abbildung 19 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 in der Gesichtsregion für das weibliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen wieder.

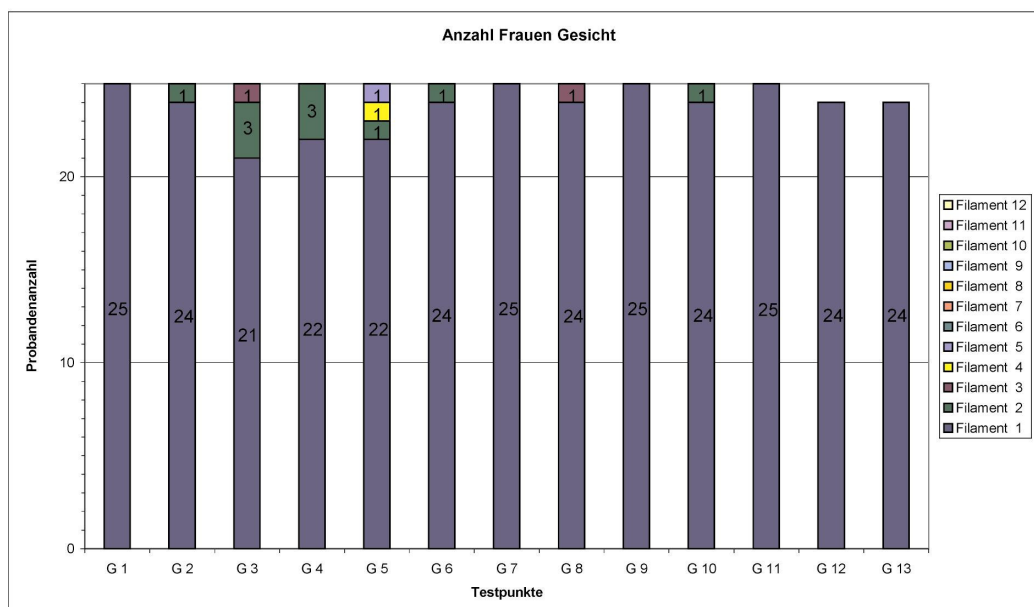


Abbildung 19: Empfindungsschwellen 1-12 in der Gesichtsregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen für die Filamente wieder.

Man erkennt deutlich, dass an 6 der 13 Gesichtstestpunkte (Punkt Nr. 1, 7, 9, 11, 12 und 13) für 25 bzw. 24 (bedingt durch Messausfälle) Frauen die Empfindungsschwelle bei dem 1. Filament lag. Für 21 bis zu 24 Probandinnen lag sie an den restlichen Punkten bei dem 1. Filament. Für je eine Probandin lag sie an drei Punkten (Punkt Nr. 2, 6 und 10) und für 3 Probandinnen an Punkt Nr. 4 beim 2. Filament. An den Punkten Nr. 3 und 8 lag für je eine Probandin die Schwelle bei dem 3. Filament. Nur am Testpunkt Nr. 5 wurden noch höhere Schwellenwerte ermittelt. Für je eine Probandin lag die Empfindungsschwelle bei dem 4., bzw. bei dem 5. Filament.

Abbildung 20 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 in der Gesichtsregion für das männliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

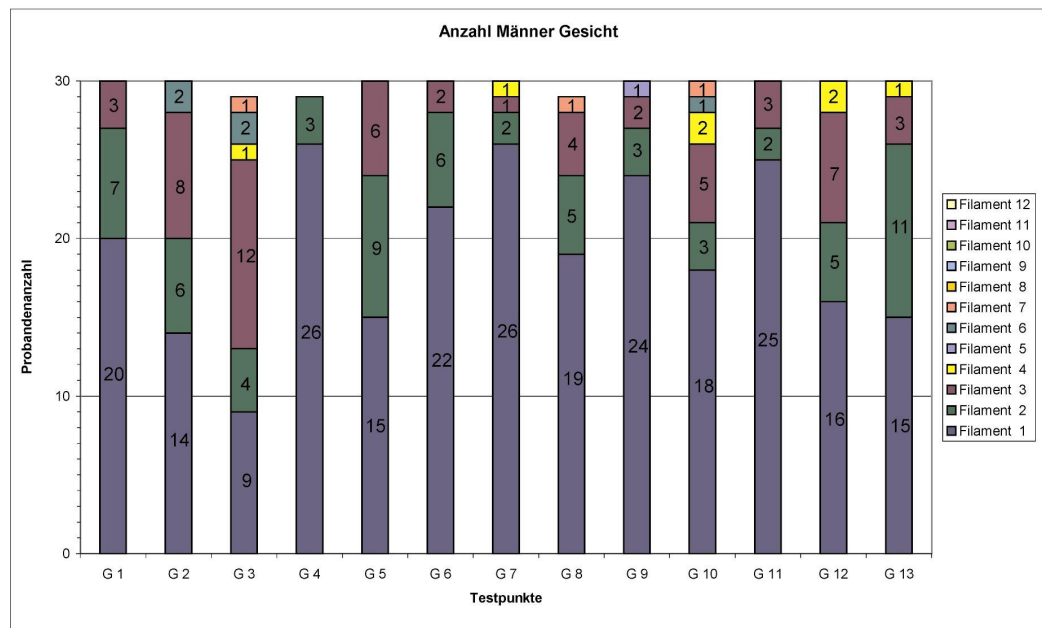


Abbildung 20: Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Die Empfindungsschwelle für das 1. Filament lag zwischen 9 (an Punkt Nr. 3) und 26 (an Punkt Nr. 7) Probanden, was prozentual gesehen Werten von 60% bzw. über 60% entspricht. An Punkt Nr. 4 lag der höchste Schwellenwert für 3 Probanden bei dem 2. Filament, an vier Punkten (Punkt Nr. 1, 5, 6 und 11) für insgesamt 14 Probanden beim 3. Filament. An den restlichen Testpunkten wurden auch höhere Schwellenwerte ermittelt. Sie lagen für 7 Probanden an 5 verschiedenen Punkten beim 4. Filament, an Punkt Nr. 9 für einen Mann beim 5. Filament. An den Gesichtstestpunkten Nr. 2 und 3 lag für je zwei Probanden, am Punkt Nr. 10 für einen Probanden, die Empfindungsschwelle beim 6. Filament. Beim 7. Filament lag an drei Testpunkten (Punkt Nr. 3, 8 und 10) für je einen Probanden die Schwelle der Empfindung. Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenanzahl erreicht.

3.2.1.2 Empfindungsschwellen der Gesichtsregion nach 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile

Folgende grafische Darstellung ergibt sich nach Errechnung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die 4 verschiedenen Untersuchungsregionen. Abbildung 21 stellt die Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion für alle Probanden dar.

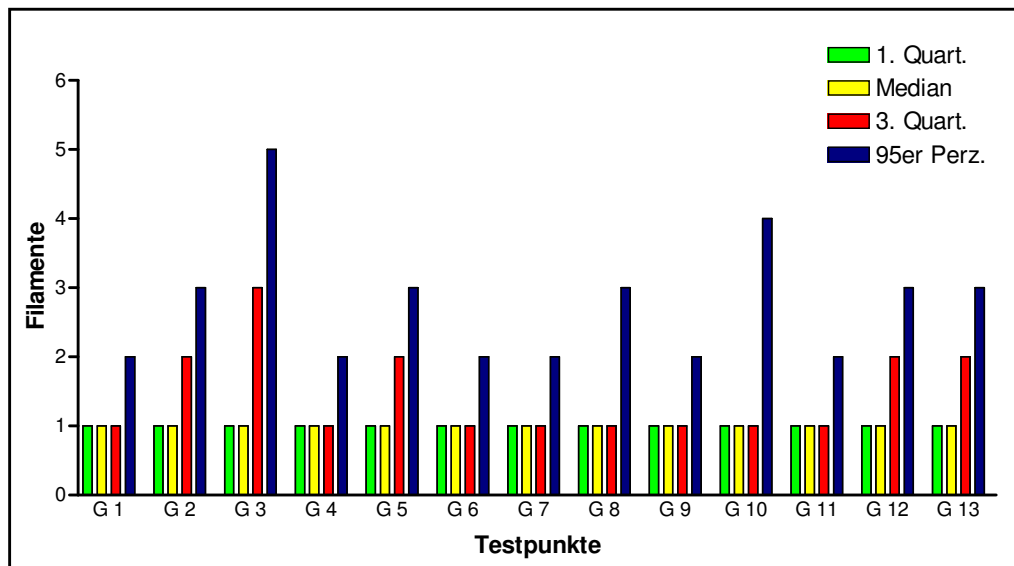


Abbildung 21: Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Es zeigte sich, dass die 1. Quartile und der Median bei allen 13 Testpunkten in der Gesichtsregion das 1. Filament nicht überschritten. Bei 8 der 13 Punkte entsprach auch die 3. Quartile dem 1. Filament. An den Punkten Nr. 2, 5, 12 und 13 entsprach die 3. Quartile dem 2. Filament, an dem Gesichtspunkt Nr. 3 dem 3. Filament. Die 95er Perzentile lag bei 6 Punkten (Punkt Nr. 1, 4, 6, 7, 9, und 11) bei dem 2. Filament und bei 5 Punkten (Punkt Nr. 2, 5, 8, 12 und 13) bei dem 3. Filament. An dem Testpunkt Nr. 10 lag sie bei dem 4. , an dem Testpunkt Nr. 3 bei dem 5. Filament.

Bei der graphischen Darstellung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für Männer und Frauen getrennt zeigen sich folgende Empfindungsschwellen für die Gesichtsregion.

Abbildung 22 stellt die Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei den Frauen dar.

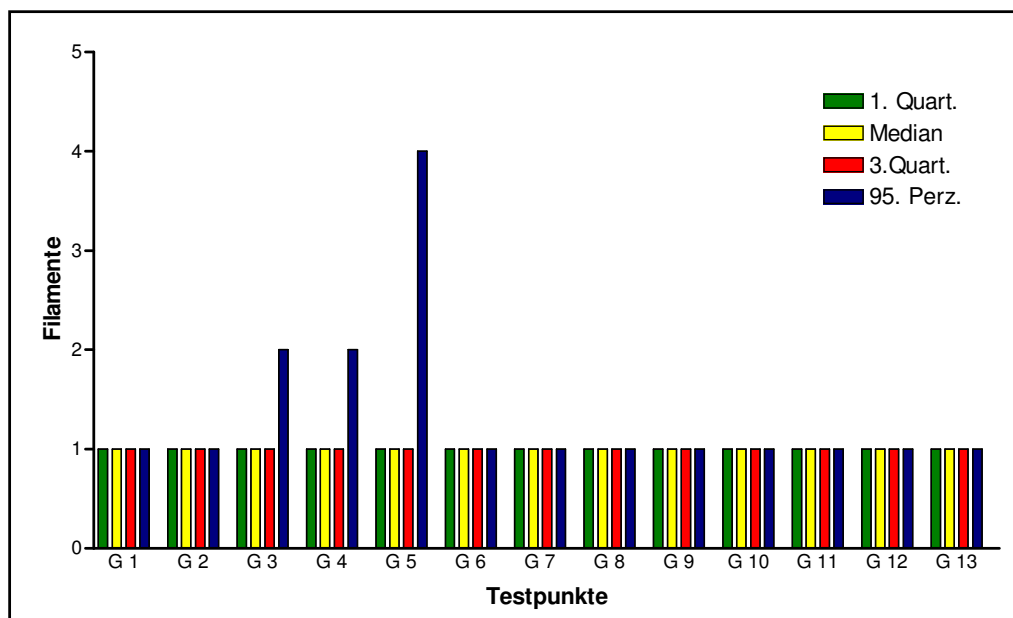


Abbildung 22: Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Es zeigte sich, dass bei allen 13 Testpunkten in der Gesichtsregion die 1. Quartile, der Median und die 3. Quartile bei dem 1. Filament lagen. Das traf auch größtenteils für die 95er Perzentile zu. Nur an zwei der 13 Testpunkte wurden höhere Schwellenwerte ermittelt. An zwei Testpunkten (Punkt Nr. 3 und 4) lag die 95er Perzentile bei dem 2. Filament, am Testpunkt Nr. 5 bei dem 4. Filament.

Abbildung 23 stellt die Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei den Männern dar.

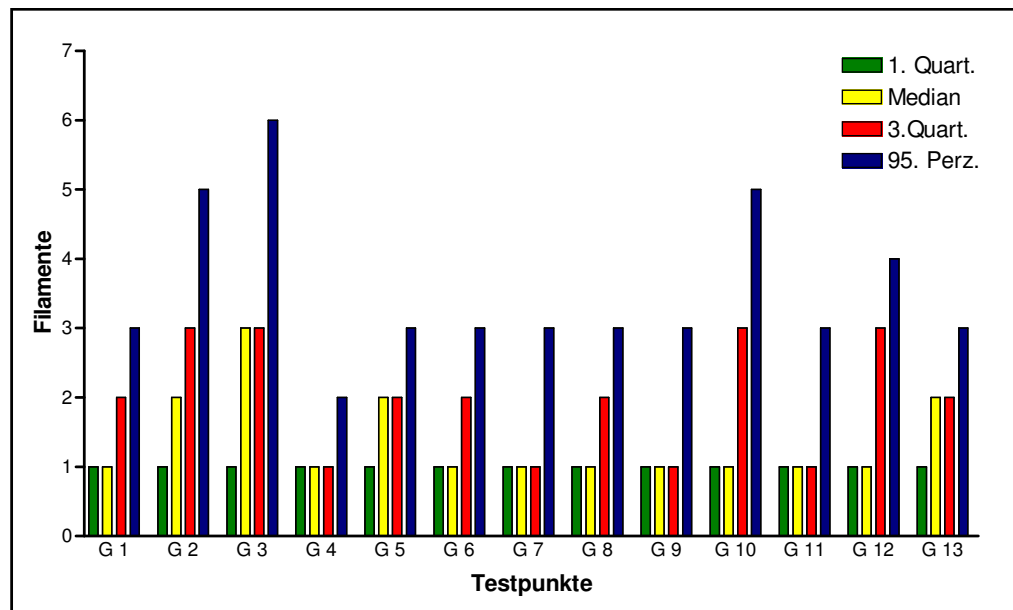


Abbildung 23: Empfindungsschwellen in der Gesichtsregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Bei den Männern lag die 1. Quartile an den 13 Gesichtstestpunkten bei dem 1. Filament. Bei 9 Punkten traf dies ebenfalls für den Median zu. An den Punkten Nr. 2, 5 und 13 lag er bei dem 2. , am Testpunkt Nr. 3 beim 3. Filament. Die 3. Quartile lag an vier Punkten (Punkt Nr. 4, 7, 9 und 11) bei dem 1. Filament, an fünf der 13 Testpunkten (Punkt Nr. 1, 5, 6, 8, und 13) bei dem 2. Filament. An den restlichen Testpunkten (Punkt Nr. 2, 3, 10 und 12) lag die Empfindungsschwelle bei dem 3. Filament. Die 95er Perzentile lag an einem Testpunkt (Punkt Nr. 4) bei dem 2. Filament und an 8 der 13 Testpunkte (Punkt Nr. 1, 5, 6, 7, 8, 9, 11 und 13) bei dem 3. Filament. An zwei Punkten (Punkt Nr. 2 und 10) lag die 95er Perzentile bei dem 5. Filament, Den höchsten Wert findet man an Testpunkt Nr.3, an dem die 95er Perzentile bei dem 6. Filament lag.

3.2.2 Halsregion

3.2.2.1 Empfindungsschwellen der Halsregion nach Filamenten

Abbildung 24 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Halsregion für das gesamte Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

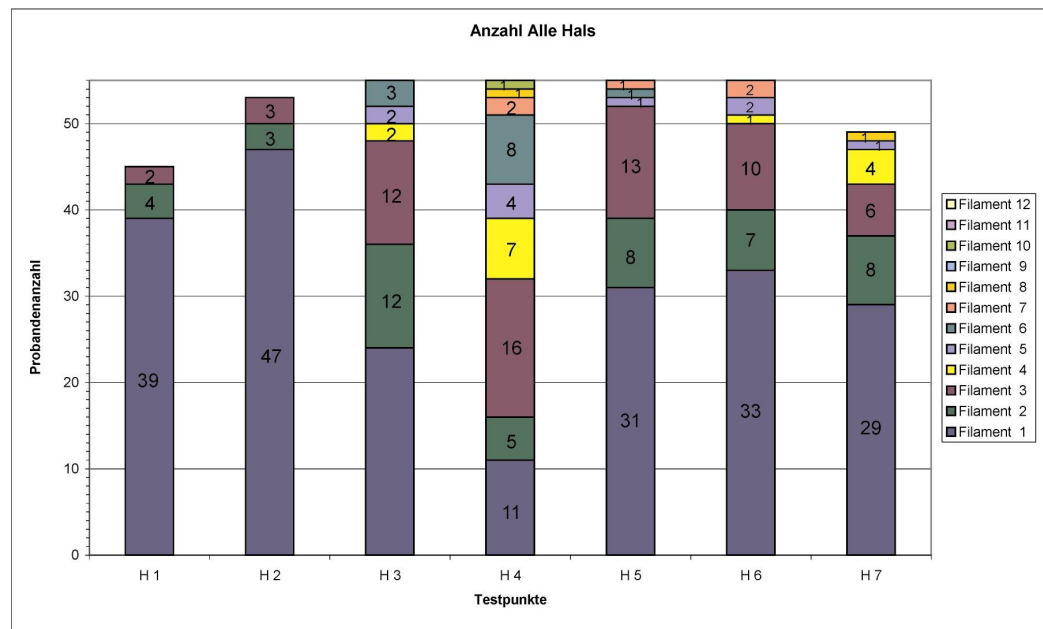


Abbildung 24: Empfindungsschwellen in der Halsregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass für wenigstens 9 (Punkt Nr. 4) und höchstens 47 (Punkt Nr. 2) Probanden die Empfindungsschwelle beim 1. Filament lag. Für 3 bis 12 Probanden lag die Schwelle beim 2. Filament, für 2 bis 16 Probanden traf dies für das 3. Filament an den 7 verschiedenen Testpunkten zu. An den Testpunkten Nr. 3 bis 7 wurden auch höhere Filamentstärken zur Schwellenermittlung benötigt. Für insgesamt 14 Probanden lag die Empfindungsschwelle an vier Punkten (Punkt Nr. 3, 4, 6 und 7) bei dem 4. Filament, bei insgesamt 10 Probanden an den Punkten Nr. 3 bis 7 bei dem 5. Filament. An je drei Testpunkten (Punkt Nr. 3, 4 und 5) lag für insgesamt 12 Untersuchte die Schwelle beim 6. Filament, an drei weiteren Testpunkten (Punkt Nr. 4, 5 und 6) für je 2, bzw. 1 Probanden bei der 7. Filamentstärke. An 2 der 7 Testpunkte (Punkt Nr. 4 und 7) lag für je einen Probanden die Empfindungsschwelle beim 8. Filament, an Punkt Nr. 4 sogar für einen Probanden bei dem 10. Filament.

Unterteilt man die Abbildung nach Männern und Frauen getrennt, so zeigt sich folgende graphische Darstellung der Empfindungsschwellen an der Halsregion.

Abbildung 25 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Halsregion für das weibliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen wieder.

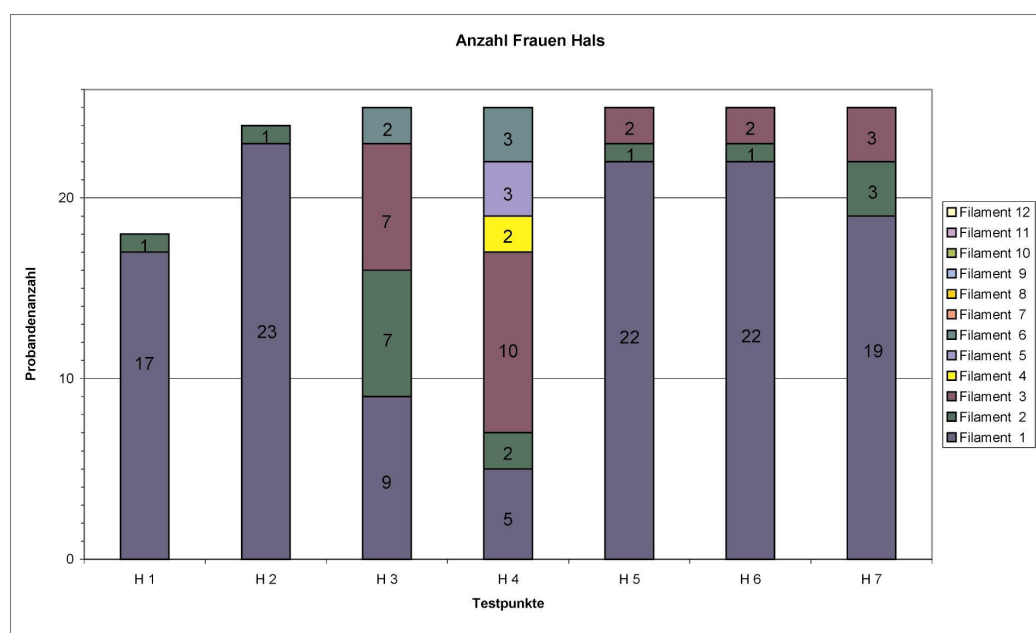


Abbildung 25: Empfindungsschwellen in der Halsregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass für 5 (Punkt Nr. 4) bis zu 23 Probandinnen (Punkt Nr. 2) die Empfindungsschwelle beim 1. Filament lag. Für insgesamt 13 Frauen an den sieben verschiedenen Testpunkten lag sie beim 2. Filament und für insgesamt 24 Probandinnen an den Punkten Nr. 3 bis 7 beim 3. Filament. An den Testpunkten Nr. 3 und 4 wurden auch höhere Filamentstärken zur Schwellenermittlung benötigt. An Punkt Nr. 4 lag die Empfindungsschwelle für 2 Probandinnen bei dem 4. Filament und für 3 Probandinnen bei dem 5. Filament. Für je 2 (Punkt Nr. 3), bzw. je 3 Probandinnen (Punkt Nr. 4) lag die Schwelle der Empfindung bei dem 6. Filament. Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandinnenanzahl erreicht.

Abbildung 26 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Halsregion für das männliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

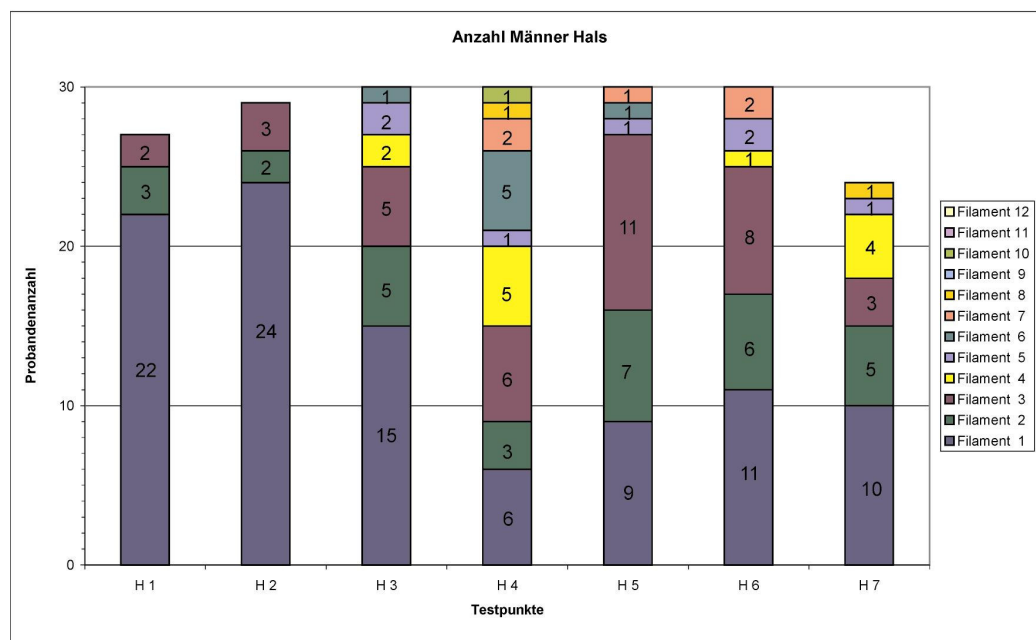


Abbildung 26: Empfindungsschwellen n der Halsregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass für 6 (Punkt Nr. 4) bis zu 24 Männern (Punkt Nr. 2) die Empfindungsschwelle bei dem 1. Filament lag. In insgesamt 31 Fällen an den 7 verschiedenen Testpunkten lag sie bei dem 2. Filament, in insgesamt 38 Fällen beim 3. Filament. An den Halstestpunkten Nr. 4 bis 7 liessen sich auch höhere Schwellen ermitteln. An vier Testpunkten (Punkt Nr. 3, 4, 6 und 7) lag sie für je 1 bis zu 5 Probanden beim 4. Filament, für je 1 bis 2 Probanden beim 5. Filament. An drei Testpunkten (Punkt Nr. 3, 4 und 5) lag die Schwelle für je 1, bzw. 5 bei dem 6. Filament, an weiteren drei Punkten (Punkt Nr. 4, 5 und 6) für je 1, bzw. 2 Probanden bei dem 7. Filament. Bei dem 8. Filament lag bei je einem Mann die Schwelle an den Punkten Nr. 4 und 7, am Testpunkt Nr. 4 für ebenfalls einen Probanden beim 10. Filament.

Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenzahl erreicht.

3.2.2.2 Empfindungsschwellen der Halsregion nach 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile

Folgende grafische Darstellung ergibt sich nach Errechnung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Halsregion. Abbildung 27 stellt die Empfindungsschwellen in der Halsregion für alle Probanden dar.

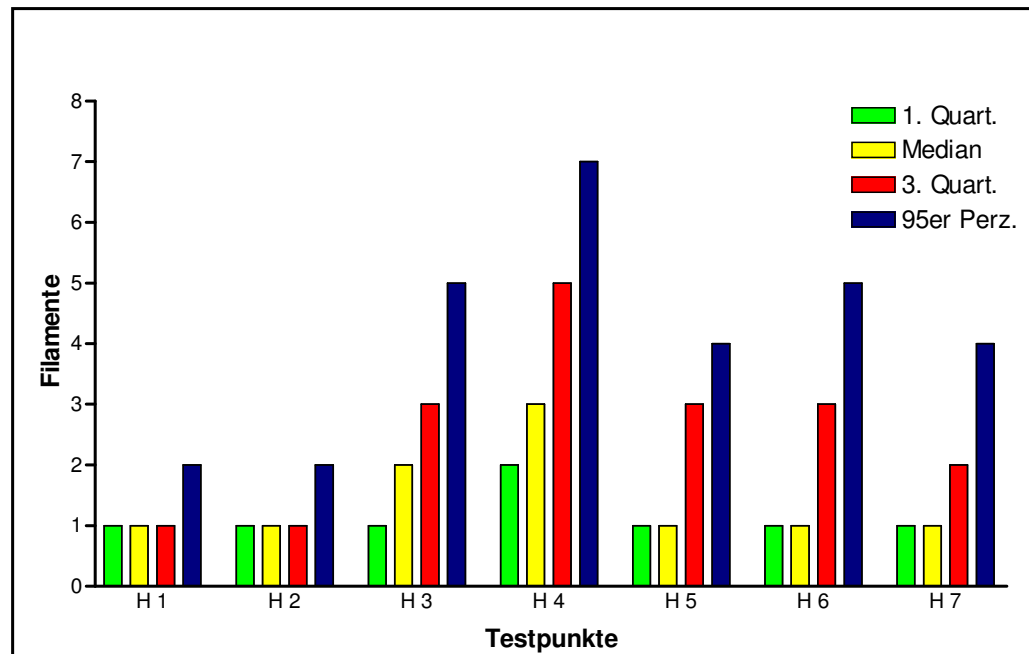


Abbildung 27: Empfindungsschwellen in der Halsregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Am Hals lag die 1. Quartile bei allen untersuchten Probanden an 6 der 7 Testpunkte bei dem 1. Filament, am Punkt Nr. 4 bei dem 2. Filament. An den ersten beiden und letzten beiden Testpunkten entspricht der Median ebenfalls dem 1. Filament, am Testpunkt Nr.3 dem 2. und am Testpunkt Nr. 4 dem 3. Filament. Die 3. Quartile lag auch an den ersten beiden Testpunkten bei dem 1. Filament und am Testpunkt Nr. 7 beim 2. Filament. An drei Punkten (Punkt Nr. 3, 5 und 6) lag die 3. Quartile bei dem 3. Filament, an Testpunkt Nr. 4 bei dem 5. Filament. Die 95er Perzentile lag an den ersten beiden Testpunkten der Halsregion bei dem 2. Filament und an den Punkten Nr. 5 und 7 auf Höhe des 4. Filamentes. An den Testpunkten Nr. 3 und 6 lag die 95er Perzentile bei dem 5. , am Punkt Nr. 4 bei dem 7. Filament.

Bei der graphischen Darstellung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für Männer und Frauen getrennt zeigen sich folgende Empfindungsschwellen für die Halsregion.

Abbildung 28 stellt die Empfindungsschwellen an der Halsregion bei den Frauen dar.

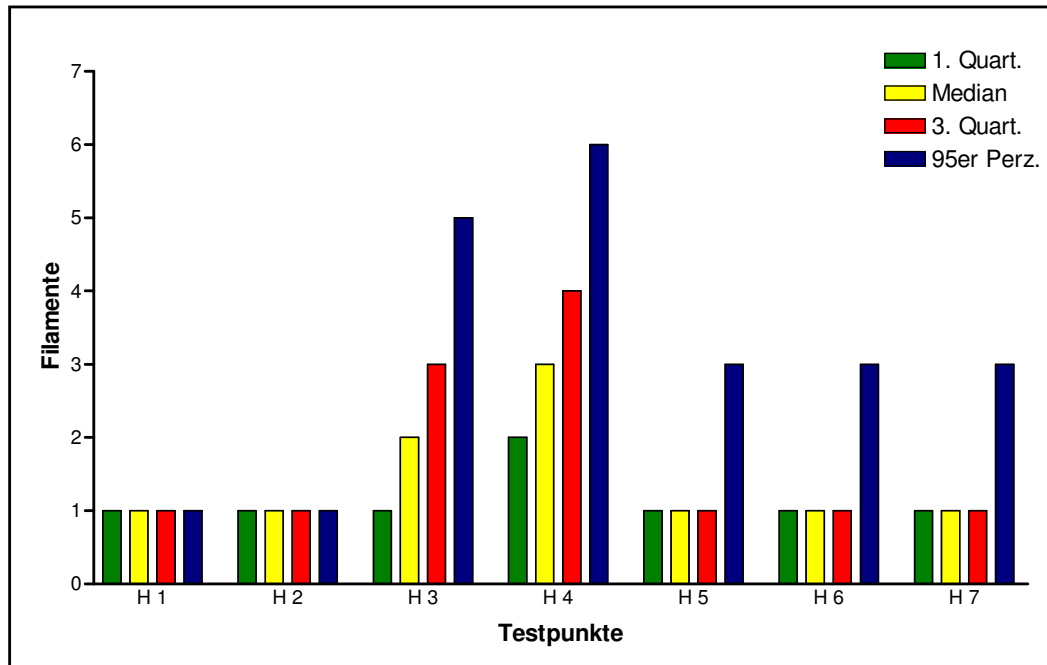


Abbildung 28: Empfindungsschwellen in der Halsregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Die 1. Quartile lag, außer an Punkt Nr. 4, an dem sie auf Höhe des 2. Filamentes lag, bei dem 1. Filament. Der Median lag an 5 der 7 Halstestpunkte (Punkt Nr. 1, 2, 5, 6 und 7) beim 1. Filament, an einem Punkt (Punkt Nr. 3) beim 2. , an einem weiteren Testpunkt (Punkt Nr. 4) beim 3. Filament. Die 3. Quartile lag ebenfalls an 5 von 7 Testpunkten (1, 2, 5, 6 und 7) bei dem 1. Filament, an Punkt Nr. 3 beim 3. und am Testpunkt Nr. 4 beim 4. Filament. Nur an den ersten beiden Testpunkten lag die 95er Perzentile beim 1. Filament. An drei Testpunkten (Punkt Nr. 5, 6, und 7) lag die Empfindungsschwelle beim 3. Filament, an einem Halstestpunkt (Punkt Nr. 3) beim 5. Filament. Den höchsten Wert erreicht sie am Testpunkt Nr. 4 und lag dort beim 6. Filament.

Abbildung 29 stellt die Empfindungsschwellen an der Halsregion bei den Männern dar.

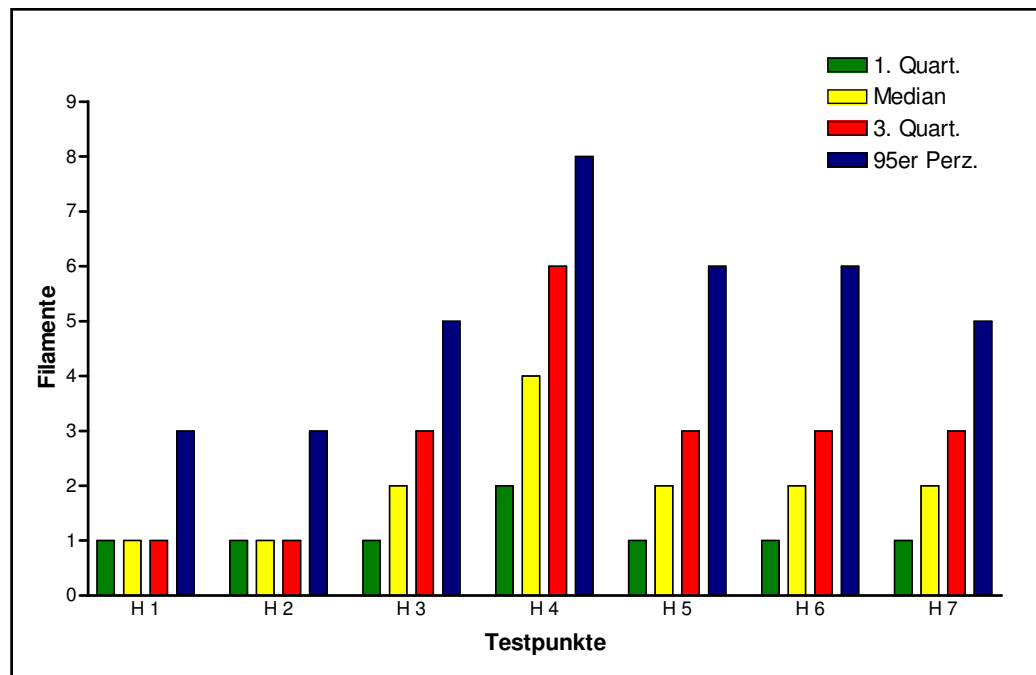


Abbildung 29: Empfindungsschwellen in der Halsregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Die 1. Quartile lag, wie bei den Frauen, außer am Testpunkt Nr. 4, an dem sie bei dem 2. Filament lag, bei dem 1. Filament. An den ersten beiden Testpunkten lag der Median ebenfalls bei dem 1. Filament, an den Punkten Nr. 3, 5, 6 und 7 bei dem 2. Filament. Am Testpunkt Nr. 4 lag der Median auf Höhe des 4. Filamentes. Auch die 3. Quartile lag an den ersten beiden Testpunkten bei dem 1. Filament. An vier der sieben Testpunkte (Punkt Nr. 3, 5, 6 und 7) lag sie bei dem 3. Filament und an dem Testpunkt Nr. 4 auf der Höhe des 5. Filamentes. Die 95er Perzentile lag an je zwei Punkten bei dem 3. Filament (Punkt Nr. 1 und 2), bzw. bei dem 5. Filament (Punkt Nr. 3 und 7). An zwei Testpunkten (Punkt Nr. 5 und 6) lag die 95er Perzentile bei dem 6. Filament und erreichte ihren höchsten Wert am Testpunkt Nr. 4, an dem sie bei dem 8. Filament lag.

3.2.3 Armregion

3.2.3.1 Empfindungsschwellen der Armregion nach Filamenten

Abbildung 30 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Armregion für das gesamte Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

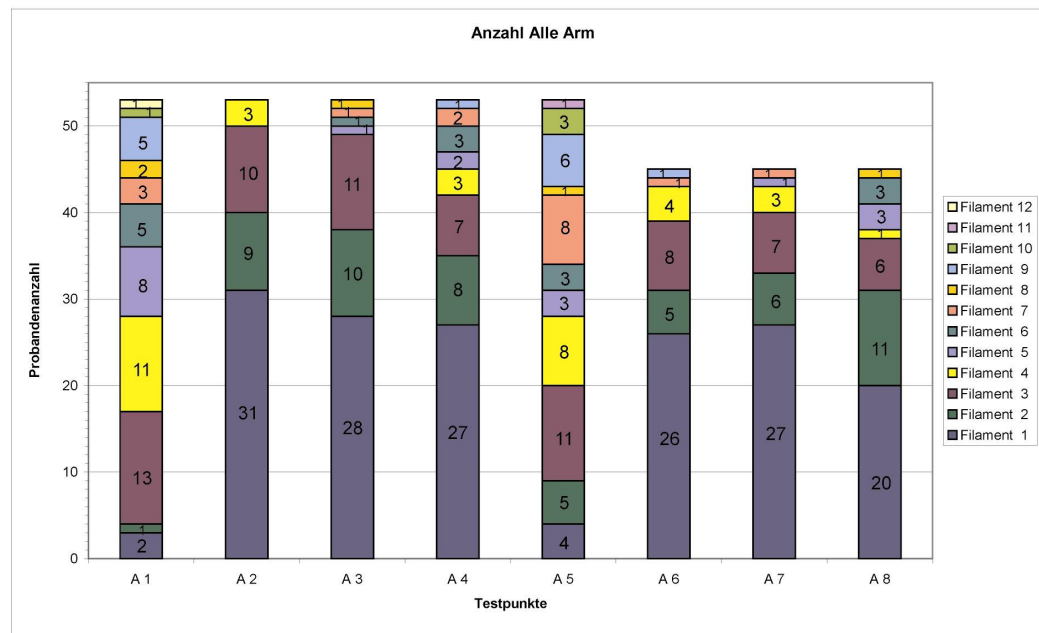


Abbildung 30: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass die Empfindungsschwelle für 20 (Punkt Nr.8) bis zu 31 Probanden (Punkt Nr. 2) an sechs der acht Armtestpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 1. Filament lag. Das traf an dem Testpunkt Nr. 1 für 3, bzw. am Punkt Nr. 5 für 4 Probanden zu. An den 8 Testpunkten lag für insgesamt 55 Probanden die Empfindungsschwelle bei dem 2., und in insgesamt 73 Fällen beim 3. Filament. Zwischen einem und bis zu 11 der Untersuchten empfanden das 4. Filament als Schwelle der Empfindung an den verschiedenen Testpunkten.

An sechs Punkten (Punkten Nr. 1, 3, 4, 5, 7 und 8) handelte es sich insgesamt um 18 Probanden, für die das 5. Filament die Empfindungsschwelle darstellte.

Bei einem bis zu 5 Probanden an den Punkten Nr. 1, 3, 4, 5 und 8 lag die Empfindungsschwelle beim 6. Filament, beim 7. Filament traf dies in insgesamt 16 Fällen an 6 verschiedenen Punkten zu. Die Schwelle der Empfindung lag an den Punkten Nr. 3, 5 und 8 bei je einem Proband, am Punkt Nr. 1 bei 2 Probanden bei dem 8. Filament, bei insgesamt 11 Probanden an vier Punkten (Punkt Nr. 1, 4, 5 und 6) beim 9. Filament. An den beiden Armtestpunkten Nr. 1 und 5 wurden auch noch höhere Filamentstärken zur Schwellenermittlung benötigt. Für einen (Punkt Nr.1), bzw. 3 Probanden (Punkt Nr. 5), lag die Schwelle der Empfindung bei dem 10. Filament, an Punkt Nr. 5 für eine Person bei dem 11. Filament und ebenfalls für eine Person beim 12. Filament am Testpunkt Nr. 1.

Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenzahl erreicht.

Unterteilt man die Abbildung nach Männern und Frauen getrennt, so zeigt sich folgende graphische Darstellung der Empfindungsschwellen an der Armregion.

Abbildung 31 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Armregion für das weibliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen wieder.

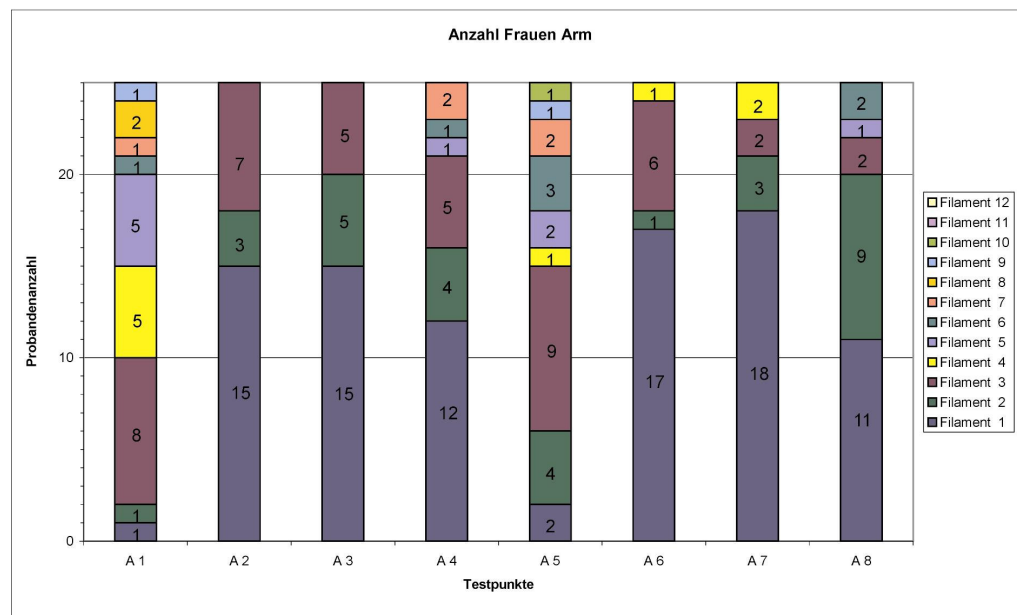


Abbildung 31: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass für 11 bis zu 18 Probandinnen die Empfindungsschwelle an sechs der acht Armtestpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 1. Filament lag. An zwei Punkten (Punkt Nr. 1 und 5) traf dies nur für 1, bzw. 2 Frauen zu. In insgesamt 30 Fällen lag die Empfindungsschwelle an den 8 verschiedenen Testpunkten bei dem 2. Filament, bei weiteren 44 Fällen beim 3. Filament. An vier Punkten (Punkt Nr. 1, 5, 6 und 7) lag die Schwelle der Empfindung für eine bis zu fünf Probandinnen bei dem 4. Filament und an weiteren vier Punkten (Punkt Nr. 1, 4, 5 und 8) für insgesamt 9 Probandinnen bei dem 5. Filament. An 4 der 8 Testpunkte wurden für einige Probandinnen auch höhere Schwellen ermittelt.

Für insgesamt 7 Frauen lag die Schwelle an vier der acht Testpunkte (Punkt Nr. 1, 4, 5 und 8) beim 6. Filament. An Testpunkt Nr. 1 lag für eine Probandin und an den beiden Punkten Nr. 4 und 5 für je 2 Probandinnen die Empfindungsschwelle bei dem 7. Filament. Die höchsten Schwellenwerte wurden an den Punkten Nr. 1 und 5 erreicht. Am Testpunkt Nr. 1 lag die Empfindungsschwelle für zwei Probandinnen bei dem 8. Filament, an den Punkten Nr. 1 und 5 für je 1 Probandin bei dem 9. Filament. Der höchste Wert findet sich an Testpunkt Nr. 5 an dem für eine Probandin die Schwelle der Empfindung bei dem 10. Filament lag. Bei den weiblichen Testpersonen kam an der Armregion zu keinen Meßausfällen.

Abbildung 32 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Armregion für das männliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

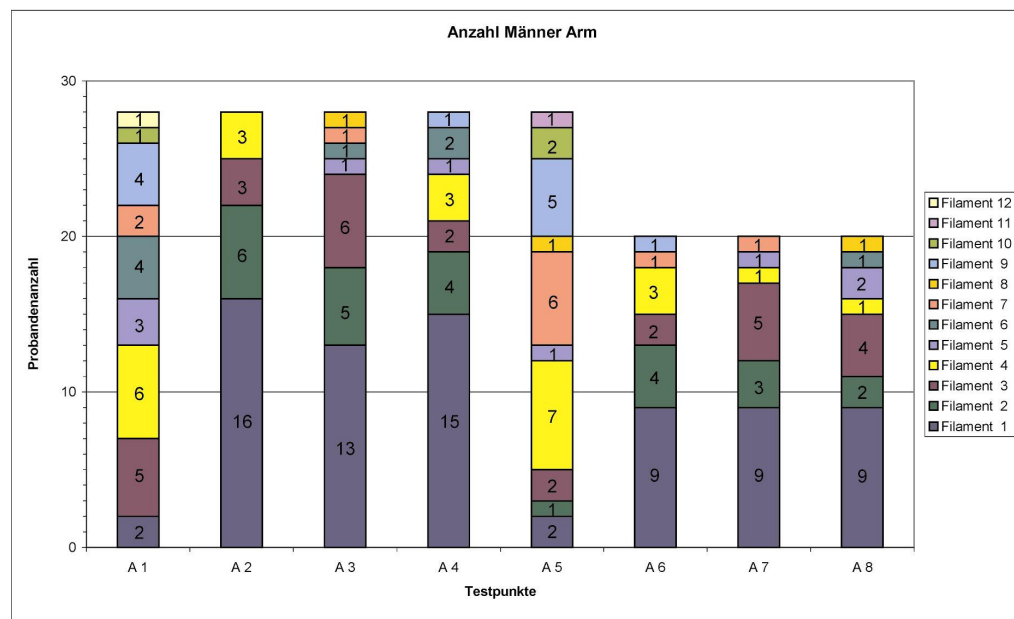


Abbildung 32: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass an sechs der acht Armtestpunkte Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 7 und 8) für 9 bis zu 16 Probanden die Empfindungsschwelle bei dem 1. Filament lag. An den beiden Punkten Nr. 1 und 5 traf dies nur für je 2 Probanden zu. Für insgesamt 25 Probanden lag die Schwelle an den 8 Armtestpunkten bei dem 2. Filament, für weitere 29 bei dem 3. Filament. An 7 der 8 Testpunkte (Punkt Nr. 1, 2, 4, 5, 6, 7 und 8) lag für insgesamt 24 Männer die Schwelle der Empfindung bei dem 4. Filament, an 6 Testpunkten für insgesamt 9 beim 5. Filament. An einigen Punkten wurden auch wesentlich höhere Filamentstärken benötigt um die Schwelle der Empfindung zu ermitteln. Bei insgesamt 6 Probanden lag die Schwelle bei dem 6. Filament (Punkt Nr. 1, 3, 4 und 8) und für 11 der männlichen Probanden beim 7. Filament (Punkt Nr. 1, 3, 5, 6 und 7). Für je einen Mann lag die Schwelle an drei Testpunkten (Punkt Nr. 3, 5 und 8) beim 8. Filament, für insgesamt 11 Probanden an vier Testpunkten (Punkt Nr. 1, 4, 5 und 6) beim 9. Filament.

An den 2 Punkten (Punkt Nr. 1 und 5) gab es die höchsten Schwellenwerte zu ermitteln. Für 1, bzw. 2 Männer lag sie bei der 10. Filamentstärke, für je einen Probanden beim 11. (Punkt Nr. 5), bzw. beim 12. Filament (Punkt Nr. 1).

Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenzahl erreicht.

3.2.3.2 Empfindungsschwellen der Armregion nach 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile

Folgende grafische Darstellung ergibt sich nach Errechnung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Armregion. Abbildung 33 stellt die Empfindungsschwellen in der Armregion für alle Probanden dar.

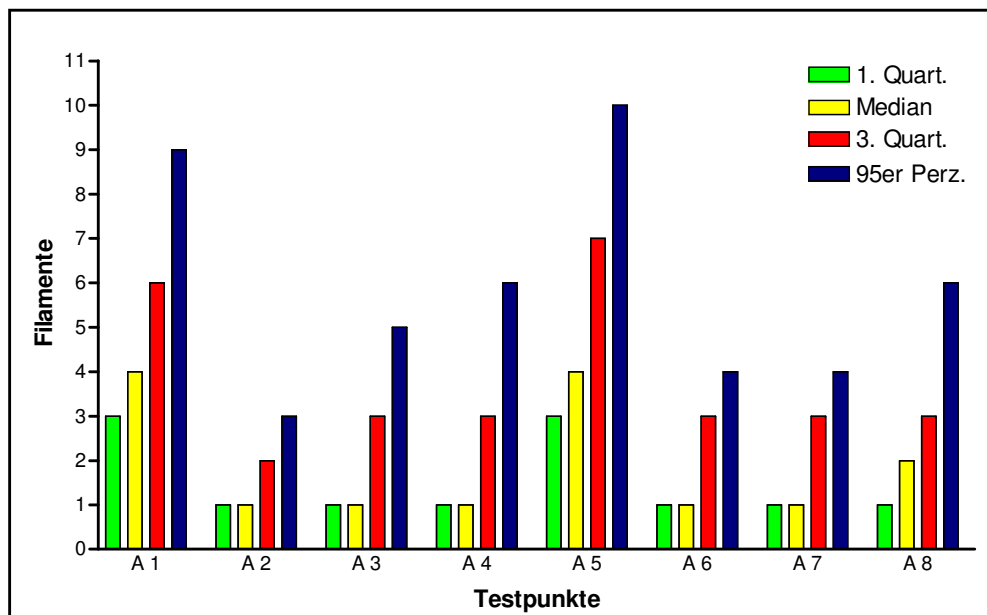


Abbildung 33: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

An 6 der 8 Armtestpunkte lag die 1. Quartile bei allen Untersuchten bei dem 1. Filament, an den Testpunkten Nr. 1 und 5 lag sie bei dem 3. Filament. Der Median lag an 5 der 8 Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6 und 7) ebenfalls beim 1. Filament. Am Punkt Nr. 8 lag der Median bei dem 2. Filament und an den beiden Punkten Nr. 1 und 5 bei dem 4. Filament. Die 3. Quartile lag an einem Testpunkt (Punkt Nr. 2) bei dem 2. Filament und an 5 der 7 Testpunkte (Punkt Nr. 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 3. Filament. Die höchsten Werte erreichte sie an den Punkten Nr. 1 und 5, bei denen sie bei dem 6. (Punkt Nr.1), bzw. 7 Filament (Punkt Nr. 5) lag. Die 95er Perzentile lag bei weitaus höheren Filamentstärken. Am Testpunkt Nr. 2 lag die 95er Perzentile bei dem 3. Filament, an zwei Punkten (Punkt Nr. 6 und 7) beim 4., und am Testpunkt Nr. 4 bei dem 7. Filament. Die höchsten Werte erreicht sie an den Punkten Nr. 1 und 5. an denen sie bei dem 9. (Punkt Nr. 1), bzw. 10. Filament (Punkt Nr. 5) lag.

Abbildung 34 stellt die Empfindungsschwellen der Armregion bei den Frauen dar.

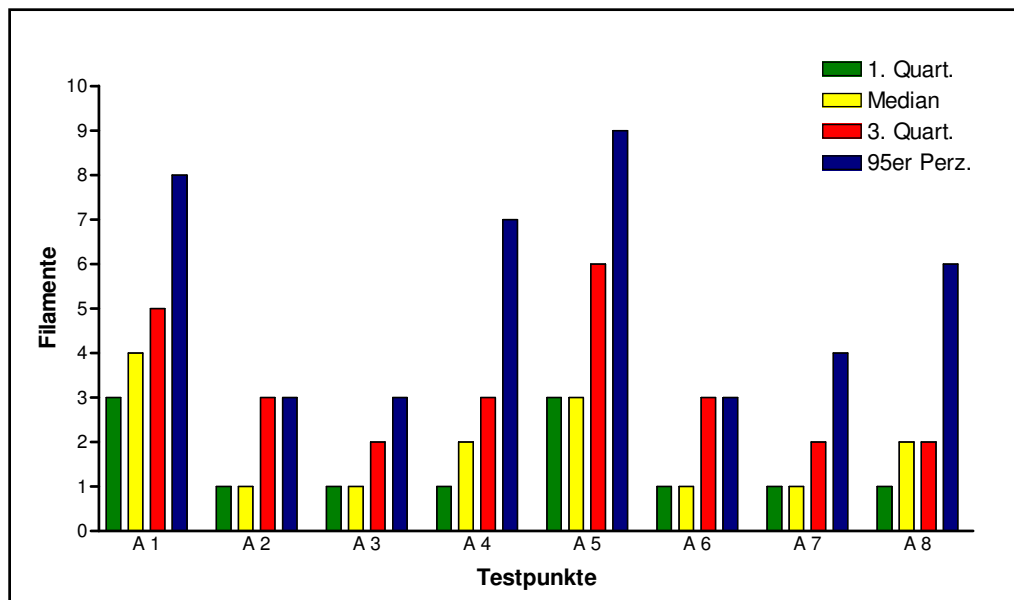


Abbildung 34: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Bei dem weiblichen Probandenkollektiv lag die 1. Quartile an 6 der 8 Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 1. Filament, an den Punkten Nr. 1 und 5 jeweils bei dem 3. Filament. Der Median lag an vier Punkten (Punkt Nr. 2, 3, 6 und 7) ebenfalls bei dem 1. Filament, an den Testpunkten Nr. 4 und 8 beim 2. Filament. Er erreichte seine höchsten Werte an den zwei Punkten Nr. 1 und 5, an denen er, bei dem 3. Filament (Punkt Nr. 5), bzw. bei dem 4. Filament (Punkt Nr. 1) lag. Die 3. Quartile lag an 3 Testpunkten (Punkt Nr. 3, 7 und 8) bei dem 2. Filament, an weiteren 3 Punkten (Punkt Nr. 2, 4 und 6) bei dem 3. Filament. Auch sie erreichte ihre höchsten Werte an den Testpunkten Nr. 1 und 5, an denen sie bei dem 5. (Punkt Nr. 1), bzw. 6. Filament (Punkt Nr. 5) lag. Die 95er Perzentile erreichte auch weitaus höhere Filamentstärken. An 3 Testpunkten (Punkt Nr. 2, 3 und 6) lag die 95er Perzentile bei dem 3. Filament, am Punkt Nr. 7 bei dem 4. Filament. Am Testpunkt Nr. 8 lag sie bei dem 6. Filament, am Testpunkt Nr. 4 bei dem 7. Filament. Auch die 95er Perzentile erreichte an den Testpunkten Nr. 1 und 5 ihre höchsten Werte, bei denen sie bei dem 8. (Punkt Nr. 1), bzw. 9 Filament (Punkt Nr. 5) lag

Abbildung 35 stellt die Empfindungsschwellen der Armregion bei den Männern dar.

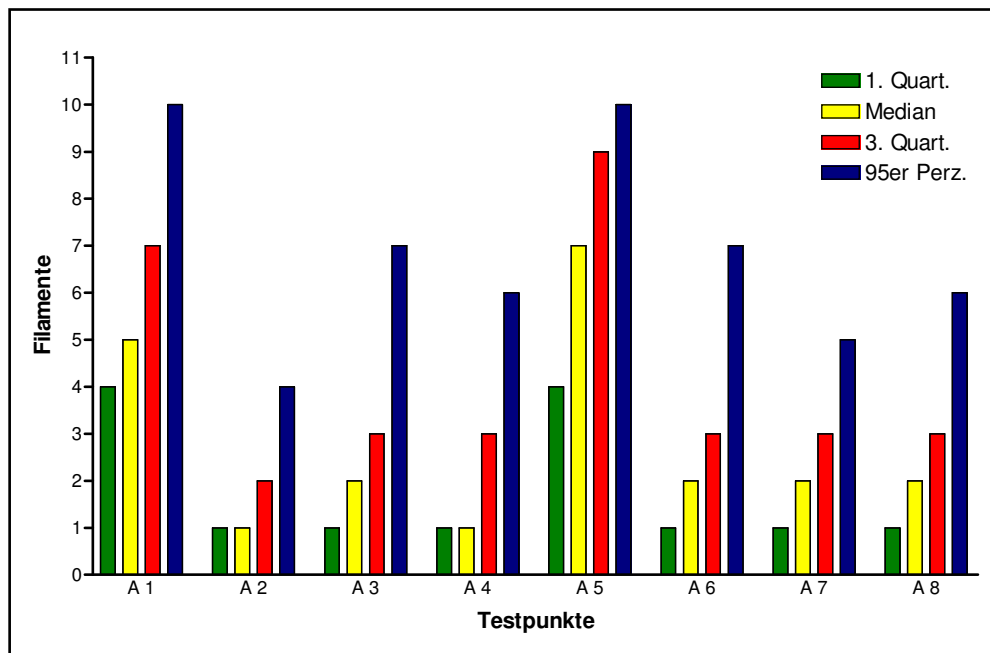


Abbildung 35: Empfindungsschwellen in der Armregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Bei den männlichen Probandenkollektiv lag die 1. Quartile an 6 der 8 Armtestpunkte (Punkt Nr 2, 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 1. Filament, an den Punkten Nr. 1 und 5 je bei dem 4. Filament. Der Median lag an den beiden Testpunkten Nr. 2 und 4 bei dem 1. Filament, an vier Punkten (Punkt Nr. 3, 6, 7 und 8) bei dem 2. Filament. Seine höchsten Werte erreichte der Median an den Testpunkten Nr. 1 und 5. Am Punkt Nr. 1 lag er bei dem 5., an Punkt Nr. 5 bei dem 7. Filament. Die 3. Quartile lag an dem Testpunkt Nr. 2 bei dem 2. Filament, an 5 weiteren Punkten (Punkt Nr. 3, 4, 6, 7 und 8) bei dem 3. Filament. Auch die 3. Quartile erreichte an den Testpunkten Nr. 1 und 5 ihre höchsten Werte, an welchen sie bei dem 7. Filament (Punkt Nr. 1), bzw. beim 9. Filament (Punkt Nr. 5) lag. Die 95er Perzentile lag an je einem Punkt bei dem 4. (Punkt Nr. 4), bzw. bei dem 5. Filament (Punkt Nr. 7). An je 2 Testpunkten lag sie bei dem 6. (Punkt Nr. 4 und 8), bzw. bei dem 7. Filament (Punkt Nr. 3 und 6). Auch die 95er Perzentile erreichte ihre höchsten Werte an den Testpunkten Nr. 1 und 5, an denen sie je bei dem 10. Filament lag

3.2.4 Rückenregion

3.2.4.1 Empfindungsschwellen der Rückenregion nach Filamenten

Abbildung 36 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Rückenregion für das gesamte Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

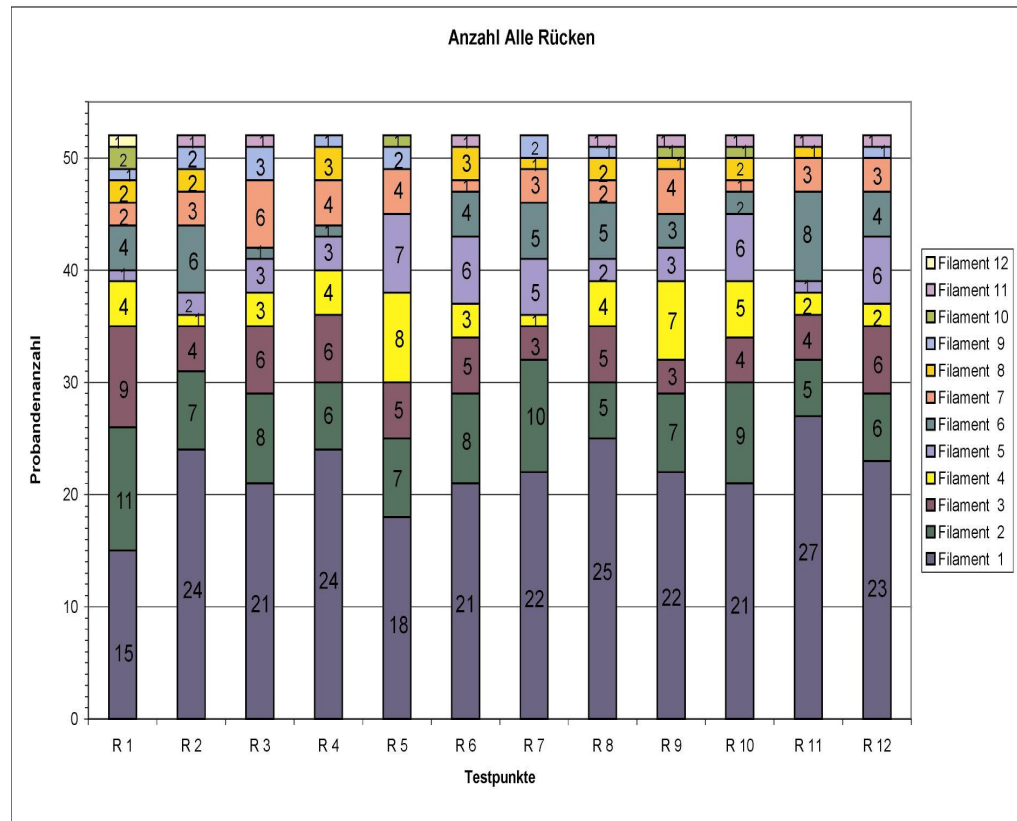


Abbildung 36: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass die Empfindungsschwelle beim 1. Filament bei Anzahlen von 15 bis zu 27 Probanden an den 12 verschiedenen Testpunkten lag. Beim 2. Filament traf dies in insgesamt 89 Fällen an den 12 Rückentestpunkten zu. In insgesamt 60 Fällen lag die Empfindungsschwelle bei dem 3. Filament, in 45 Fällen beim 4. Filament. Zwischen je 1 bis zu 7 Probanden verspürten das 5. Filament, beim 6. Filament waren es Anzahlen von 1 bis 8 Probanden in insgesamt 43 Fällen.

In 36 Fällen lag die Empfindungsschwelle bei dem 7., in 17 Fällen beim 8. Filament.

An 8 der 12 Testpunkte lag die Schwelle in 13 Fällen bei dem 9. Filament. Höhere Filamentstärken zur Ermittlung der Empfindungsschwelle wurden an 10 der 12 Testpunkte benötigt. Für 2, bzw. je einen Probanden lag die Schwelle an vier Punkten (Punkt Nr. 1, 5, 9 und 10) bei dem 10. Filament, für je einen Probanden an acht der zwölf Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 6, 8, 9, 10, 11 und 12) bei dem 11. Filament. Am ersten Testpunkt lag für einen Probanden die Schwelle der Empfindung erst beim 12. Filament.

Bedingt durch Messausfälle wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenzahl erreicht.

Unterteilt man die Abbildung nach Männern und Frauen getrennt, so zeigt sich folgende graphische Darstellung der Empfindungsschwellen der Rückenregion.

Abbildung 37 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Rückenregion für das weibliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen wieder.

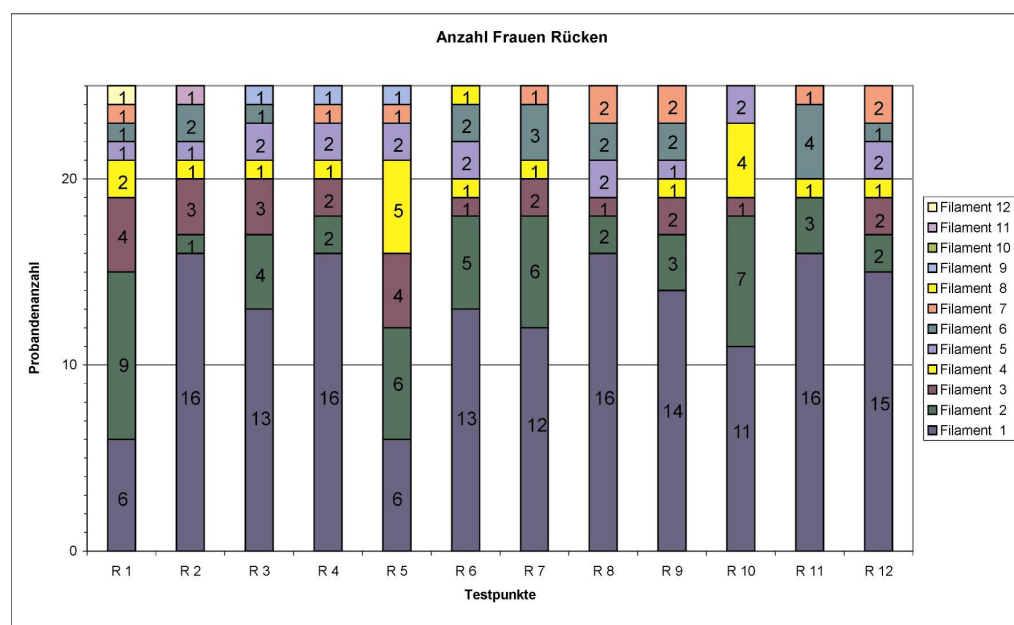


Abbildung 37: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandinnenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass für wenigstens 6 bis höchstens 16 Probandinnen an den 12 Rückentestpunkten die Empfindungsschwelle bei dem 1. Filament lag, beim 2. Filament variieren die Anzahlen zwischen einer und 7 Probandinnen. An 11 der 12 Testpunkte lag in insgesamt 25 Fällen die Schwelle beim 3. Filament, in 19 Fällen bei der 4. Filamentstärke. Außer an den Punkten Nr. 7 und 11 lag die Schwelle der Empfindung bei je einer, bzw. je 2 Probandinnen bei dem 5. Filament. In insgesamt 18 Fällen an neun der zwölf Testpunkte (Punkt Nr. 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11 und 12) lag die Schwelle der Frauen beim 6. Filament, an acht Punkten (Punkt Nr. 1, 4, 5, 7, 8, 9, 11 und 12) für je 1 bis 2 der Untersuchten beim 7. Filament. An 3 der 12 Rückentestpunkte wurden höhere Filamentstärken zur Schwellermittlung verwendet. An Punkt Nr. 6 lag für eine Probandin die Schwelle beim 8. Filament, an Punkt Nr. 2 für 1 Frau beim 11. Filament sowie ebenfalls für eine der Probandinnen an Punkt Nr. 1 bei dem 12. Filament.

Bei den weiblichen Probanden kam es zu keinen Meßausfällen in der Rückenregion. Abbildung 38 zeigt die Empfindungsschwellen für die Filamente 1-12 an der Rückenregion für das männliche Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen wieder.

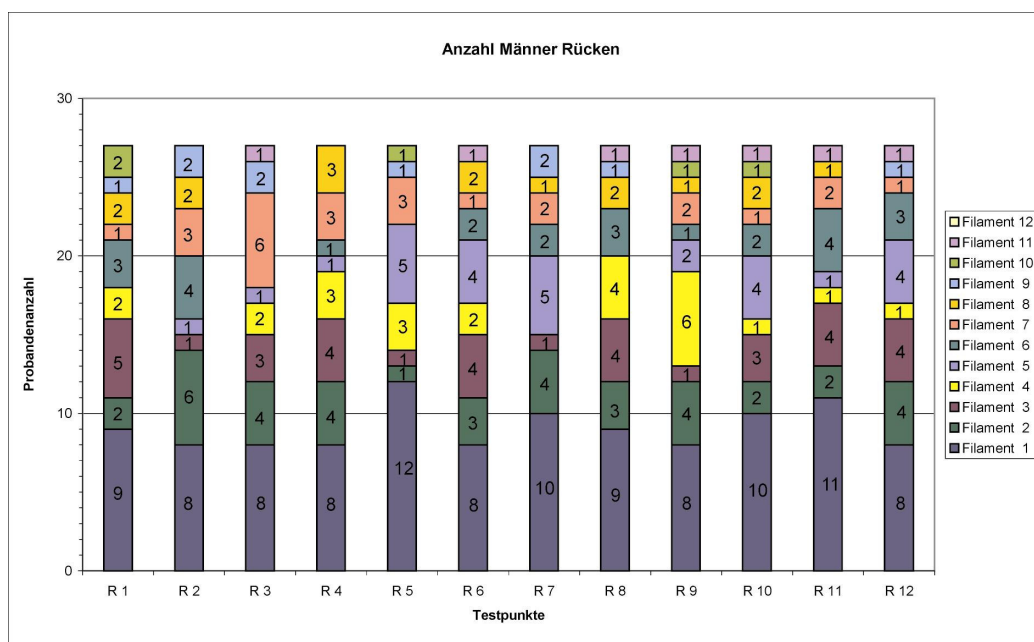


Abbildung 38: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Die Werte geben die jeweiligen Probandenanzahlen für die Filamente 1-12 wieder.

Es zeigte sich, dass die Empfindungsschwelle an den 12 Rückentestpunkten für 8 bis zu 12 Probanden bei dem 1. Filament lag. Beim 2. Filament rangierte die Anzahl von 1 bis zu 6 Probanden, beim 3. Filament zwischen 1 bis 5 Probanden. In insgesamt 25 Fällen lag die Schwelle an 10 der 12 Testpunkte beim 4. Filament sowie in 28 Fällen beim 5. Filament. Für 1 bis zu 4 Männer lag die Schwelle der Empfindung an insgesamt 10 Punkten bei dem 6. Filament, beim 7. Filament waren Anzahlen von 1 bis 6 Männern an 11 der 12 Punkte zu verzeichnen.

Für je 1, 2, bzw. 3 Männer lag die Empfindungsschwelle an neun der zwölf Testpunkte (Punkt Nr. 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 und 11) bei dem 8. Filament, an sieben Punkten (Punkt Nr. 1, 2, 3, 5, 7, 8 und 12) für je 1 bis 2 Männer beim 9. Filament. An 9 der 12 Rückentestpunkte wurden auch höhere Filamentstärken zur Schwellenermittlung benötigt.

An Punkt Nr. 1 lag die Schwelle für 2, an drei weiteren Testpunkten (Punkt Nr. 5, 9 und 10) für je einen Probanden beim 10. Filament. An sieben Testpunkten (Punkt Nr. 3, 6, 8, 9, 10, 11 und 12) an der Rückenregion lag die Empfindungsschwelle für je einen männlichen Probanden bei dem 11. Filament.

Aufgrund von Messausfällen wurde nicht an allen Testpunkten die komplette Probandenzahl erreicht.

3.2.4.2 Empfindungsschwellen der Rückenregion nach 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile

Folgende grafische Darstellung ergibt sich nach Errechnung von 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Rückenregion. Abbildung 39 stellt die Empfindungsschwellen in der Rückenregion für alle Probanden dar.

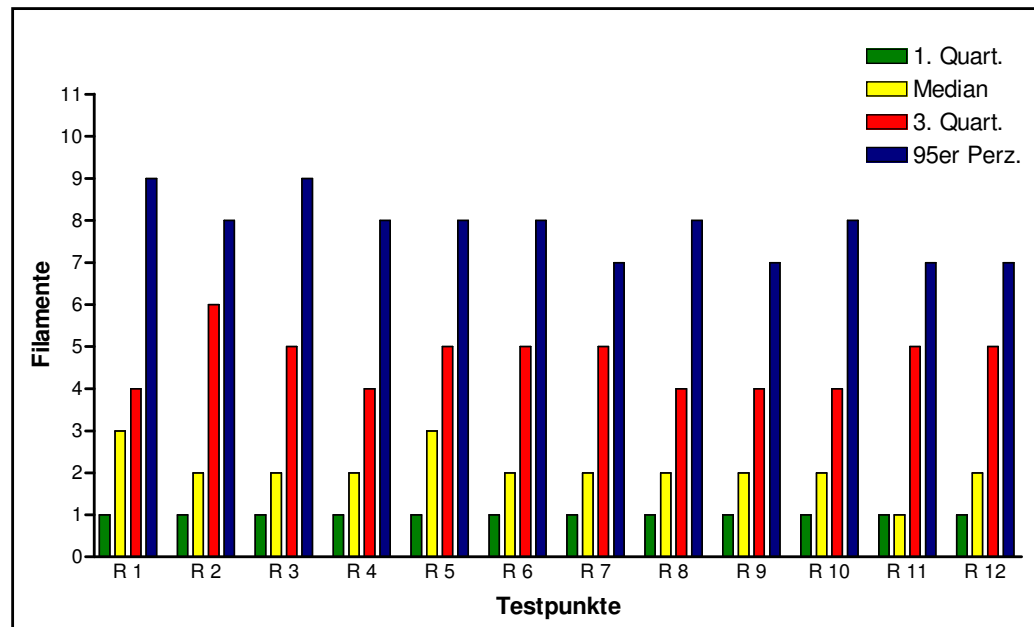


Abbildung 39: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem gesamten Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

An den Rückentestpunkten lag die 1. Quartile bei allen Probanden bei dem 1. Filament. Der Median lag an 10 der 12 Testpunkte bei dem 2. Filament, an den Punkten Nr. 1 und 5 lag er bei dem 3. Filament. An 5 Testpunkten (Punkt Nr. 1, 4, 8, 9 und 10) lag die 3. Quartile bei dem 4. Filament, an 6 Testpunkten (Punkt Nr. 3, 5, 6, 7, 11 und 12) lag sie bei dem 5. Filament. Den höchsten Wert erreichte die 3. Quartile an dem Testpunkt Nr. 2, an dem sie bei dem 6. Filament liegt. Auch am Rücken lag die 95er Perzentile wesentlich höher, an vier Testpunkten (Punkt Nr. 7, 9, 11 und 12) lag sie bei dem 7. Filament, an sechs Testpunkten (Punkt Nr. 2, 4, 5, 6, 8 und 10) bei dem 8. Filament. Die höchsten Werte erreichte die 95er Perzentile an den Punkten Nr. 1 und 3 bei denen sie bei dem 9. Filament lag.

Abbildung 40 stellt die Empfindungsschwellen der Rückenregion bei den Frauen dar.

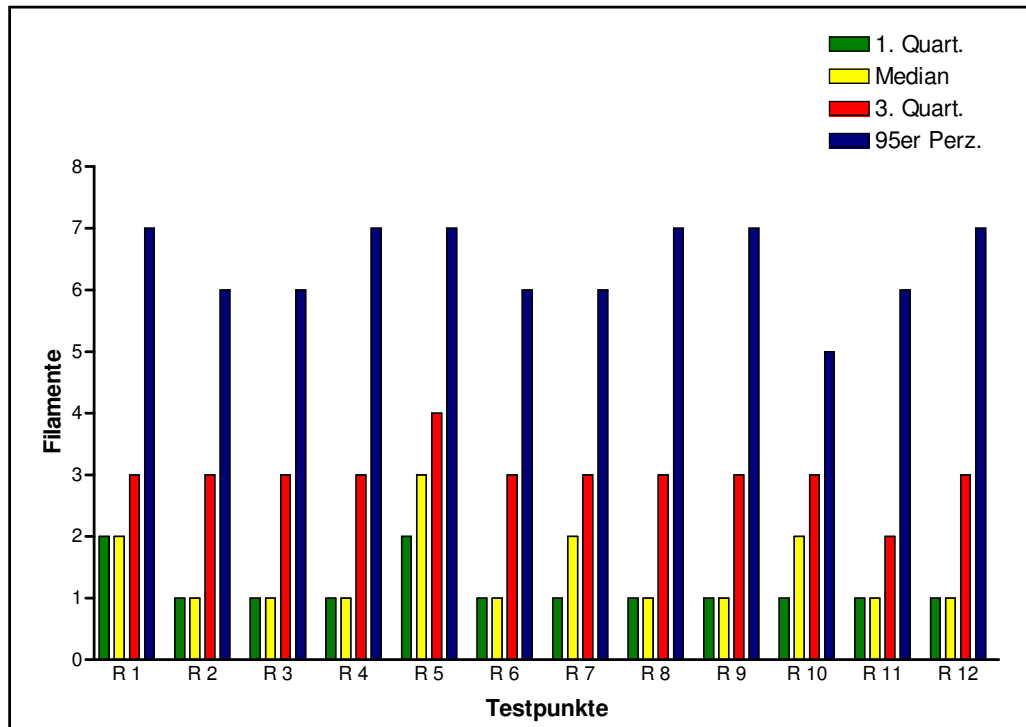


Abbildung 40: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem weiblichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Bei den Frauen lag 1. Quartile an 10 der 12 Testpunkte bei dem 1. Filament, an zwei Punkten (Punkt Nr. 1 und 5) bei dem 2. Filament. Der Median lag an acht der zwölf Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 8, 9, 11 und 12) ebenfalls beim 1. Filament. An drei Testpunkten (Punkt Nr. 1, 7 und 10) liegt der Median bei dem 2. Filament, an dem Testpunkt Nr. 5 beim 3. Filament. Der niedrigste Wert der 3. Quartile fand sich am Testpunkt Nr. 11, an den sie bei dem 2. Filament lag, den höchsten Wert an Punkt Nr. 5, an den sie bei dem 4. Filament lag. An den restlichen Punkten lag die 3. Quartile bei dem 3. Filament. Auch an der Rückenregion zeigte die 95er Perzentile die höchsten Werte. An einem Testpunkt (Punkt Nr. 10) lag die 95er Perzentile bei dem 5. Filament, an fünf Testpunkten (Punkt Nr. 2, 3, 6, 7, und 11) bei dem 6. Filament. An den restlichen Testpunkten lag die 95er Perzentile bei dem 7. Filament.

Abbildung 41 stellt die Empfindungsschwellen der Rückenregion bei den Männern dar.

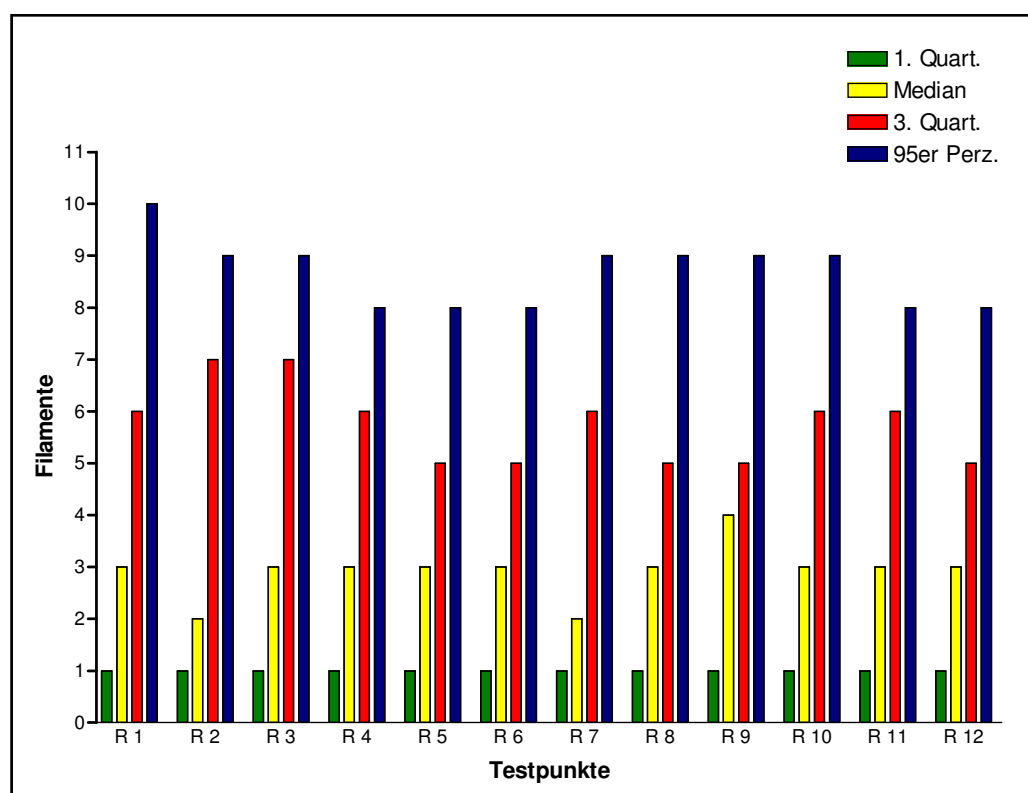


Abbildung 41: Empfindungsschwellen in der Rückenregion bei dem männlichen Probandenkollektiv. Dargestellt sind 1. Quartile, Median, 3. Quartile und 95er Perzentile für die Filamente 1-12

Bei den Männern lag die 1. Quartile bei allen Rückentestpunkten bei dem 1. Filament. Der Median lag an 2 Punkten (Punkt Nr. 2 und 7) bei dem 2. Filament, an 9 der 12 Testpunkte bei dem 3. Filament. Den höchsten Wert erreichte der Median an Testpunkt Nr. 9, an dem er bei dem 4. Filament lag. Die 3. Quartile und die 95er Perzentile erreichten auch bei den Männern wesentlich höhere Werte. An fünf der zwölf Testpunkte (Punkt Nr. 5, 6, 8, 9 und 12) lag die 3. Quartile bei dem 5. Filament, an fünf weiteren Testpunkten (Punkt Nr. 1, 4, 7, 10 und 11) lag sie bei dem 6. Filament. Die höchsten Werte erreichte die 3. Quartile an den Punkten Nr. 2 und 3, an denen sie bei dem 7. Filament lag. Die 95er Perzentile lag an fünf Punkten (Punkt Nr. 4, 5, 6, 11 und 12) bei dem 8. Filament und an weiteren fünf Punkten (Punkt Nr. 2, 3, 7, 8, 9 und 10) bei dem 9. Filament. Den höchsten Wert erreichte die 95er Perzentile am Testpunkt Nr. 1, an dem sie bei dem 10. Filament lag.

4 Diskussion

4.1 Empfindungsschwellen in lappenchirurgisch relevanten Bereichen

4.1.1 Einleitung

Im Laufe der letzten Jahrzehnte hat sich eine bedeutende Entwicklung im Bereich der Lappentransplantationschirurgie vollzogen. Bei frühen Techniken der lappenchirurgischen Defektdeckung im Gesichtsbereich lag der Hauptaspekt auf der reinen Rekonstruktion. Durch die Entwicklung von einer Vielzahl von Transplantat-Variationen sowie einer Optimierung der Operationstechniken stellt die reine Defektdeckung für den erfahrenen Chirurgen heutzutage meist das geringere Problem dar. Weiterhin ist gegenwärtig auch ein ästhetisch befriedigendes Ergebnis für den Patienten erreichbar, welches einen bedeutenden Aspekt in der sozialen Rehabilitation darstellt. Nachdem eine Rekonstruktion auch unter ästhetischen Gesichtspunkten möglich erscheint, steht nun die funktionelle Rekonstruktion immer mehr im Vordergrund. Dabei ist die Herstellung einer adäquaten Hautsensibilität im rekonstruierten Areal einer der Hauptaspekte. Um auch vom funktionellen Standpunkt aus ein befriedigendes postoperatives Ergebnis, für den Patienten wie auch für den Operateur, zu erzielen, muss der Grad der Resensibilisierung transplanteder Geweboberflächen quantifiziert werden können.

4.1.2 Studienziel und Studiendesign

Ziel dieser vorliegenden Studie war die Erhebung von Referenzwerten von Empfindungsschwellen im Bereich der lappenchirurgisch relevanten Entnahmeregionen am Rücken- und Unterarmbereich von M. Latissimus-dorsi- und Radialislappen-Entnahmestellen sowie der Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich. Dem zugrunde lag die Überlegung, erstmals ein Referenzsystem zu schaffen, welches den systematischen Vergleich von prä- und postoperativen Untersuchungen bezüglich der Reinnervation von Lappentransplantaten zulässt. Dazu wurden 55 Probanden an insgesamt 40 Testpunkten in 4 verschiedenen lappenchirurgisch relevanten Körperregionen mit Hilfe der Semmes-Weinstein Monofilamente bezüglich ihrer Sensibilität untersucht.

Im Unterschied zu der bisher veröffentlichten Literatur wurden erstmals anhand genau definierter Testpunkte die Empfindungsschwellen ermittelt. Während frühere Publikationen entweder nur grosse Untersuchungsbereiche definieren oder aber anhand von Zeichnungen die Lokalisationen der Testpunkte andeuten (Costas et al. 1994, Posnik et al. 1990, Tairych et al. 1998), wurden in der vorliegenden Studie für die Definition der Testpunkte erstmals anatomische und daher reproduzierbare Ausgangspunkte gewählt.

Die Untersuchungsregionen sind zum einen die potenziellen Entnahmeregionen für M. Latissimus-dorsi- und Radialis Transplantate am Rücken und am Unterarm, sowie deren mögliche Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich. Von den 40 Testpunkten befanden sich 13 im Gesicht, 7 am Hals, 8 am Unterarm und 12 am Rücken. Bei dem Probandenkollektiv handelte es sich um 25 Frauen und 30 Männer in einem durchschnittlichen Lebensalter von 26,8 Jahren.

4.1.3 Studienauswertung und Ergebnisse

Die Studie wurde ausgewertet anhand der Sensibilitätsschwellen, wobei für die Diskussion der Median gewählt wurde. Da die vorliegende Studie als Kollektiv-Deskription angelegt wurde, sind vom untersuchten Probandenkollektiv keine statistischen Vorhersagen über die Grundgesamtheit möglich.

Die Auswertung der Ergebnisse lieferte in keiner Testregion einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Sensibilitätsschwellen und dem Lebensalter der Probanden. Ebenfalls konnte kein Zusammenhang mit dem Hauttyp der Probanden beobachtet werden. Auch die Auswertung der Alkohol- und Nikotinanamnese der Probanden lieferte keine signifikante Abhängigkeit zur Empfindungsschwelle. Diese Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen (Heiland 2001, Tairich et al. 1998).

In der vorliegenden Studie wiesen die weiblichen Probanden in allen Testregionen wesentlich niedrigere Sensibilitätsschwellen als die männlichen Probanden auf. Dieses Ergebnis zeigte sich zwar in allen 4 Untersuchungsregionen, am deutlichsten aber in der Gesichtsregion. Dieser Aspekt ist mit den Untersuchungsergebnissen von Weinstein vergleichbar (Weinstein 1993).

Einen entscheidenden Einfluss auf die Auswertbarkeit der entsprechenden Untersuchungsregion hatte der Behaarungszustand der Haut. Es war an einigen Testregionen teilweise keine Untersuchung möglich, da auf Grund des Behaarungszustandes einiger Probanden durch Haarkontakt bereits eine Empfindung hervorgerufen wurde, bevor das Filament die Hautoberfläche überhaupt berührte.

Diese Punkte wurden daher als Ausfälle gewertet. Dies erklärt auch die vermehrten Meßausfälle beim männlichen Probandenkollektiv, was sich besonders an der Arm- und Rückenregion zeigt. Die Meßausfälle in den vier Untersuchungsregionen begründeten sich in dieser Studie im Wesentlichen auf den Behaarungszustand der Probanden und zeigen ein Problem, welches bisher nicht in der Literatur diskutiert wurde. Dieser Aspekt muss in Zukunft bei weiteren Untersuchungen berücksichtigt und dokumentiert werden.

Die Ergebnisse der Einzelregionen sollen im folgenden näher erläutert und unter dem Aspekt einer neuro-anatomischen Zuordnung diskutiert werden. Um die in diesem Kollektiv erzielten Untersuchungsergebnisse graphisch übersichtlich darzustellen, werden im folgenden die Mediane der Empfindungsschwellen den jeweiligen Untersuchungspunkt zugeordnet. Dabei wird der Median der Empfindungsschwelle entsprechend dem jeweiligen Filament als Farbabstufung des Testpunktes kodiert. Somit lassen sich anhand der folgenden Abbildungen die Bereiche niedriger und höherer Sensibilitäten in den untersuchten Regionen erfassen, um den Versuch einer neuro-anatomischen Zuordnung der Ergebnisse zu ermöglichen.

4.1.4 Lappenchirurgische Entnahmestellen: Radialis und Latissimus-dorsi

Abbildung 42 zeigt die Sensibilitätsbereiche in der Arm- und Rückenregion bezogen auf das gesamte Probandenkollektiv.

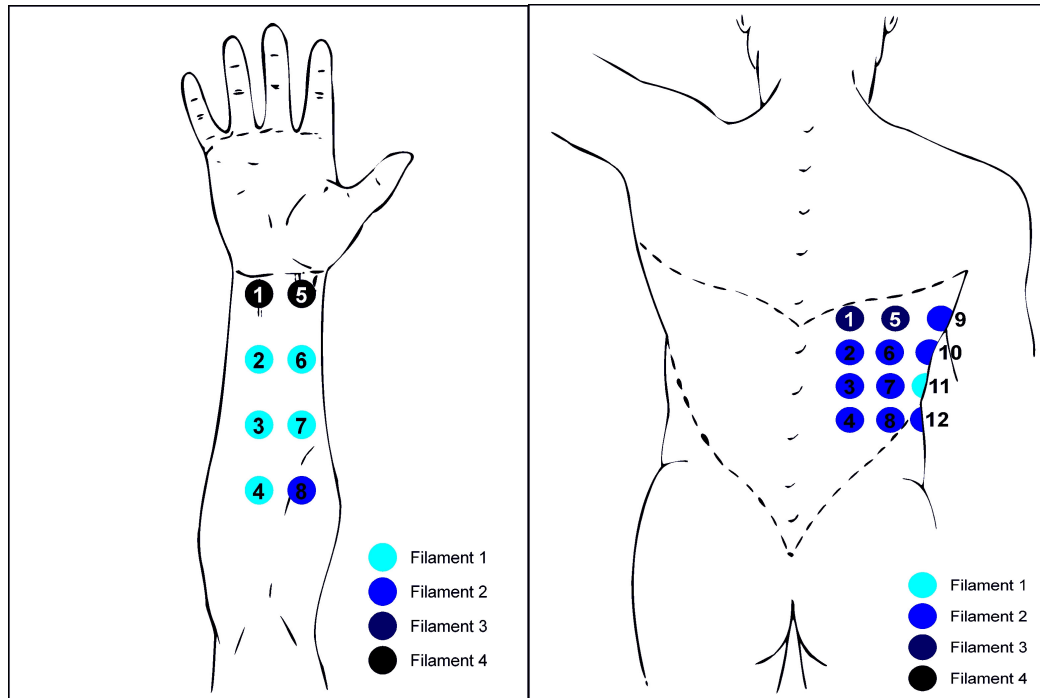


Abbildung 42: Median der Empfindungsschwellen der Arm- und Rückenregion beim gesamten Probandenkollektiv: Dargestellt sind die untersuchten Testpunkte und der zugehörige Median der Empfindungsschwelle anhand einer Farbkodierung für das jeweilige Filament (siehe Legende).

Folgende Schwellenwerte zeigen sich an der Unterarmregion. An 5 der 8 Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6 und 7) liegt der Median, bezogen auf das gesamte Probandenkollektiv, beim 1. Filament, am Testpunkt Nr. 8 liegt er bei dem 2. Filament. Der Median erreicht seine höchsten Werte an den Punkten Nr. 1 und 5, an denen er jeweils bei dem 4. Filament liegt.

Am Unterarm findet sich mit drei Ausnahmen eine gleichmässig hohe Sensibilität. Auffällig ist, dass die Sensibilität im Bereich radial-proximal (Punkt Nr. 8) etwas, und distal/carpal, sowohl radial, als auch ulnar (Punkt Nr. 1 und 5) wesentlich geringer ist als im sonstigen Untersuchungsgebiet, obwohl die dazwischen liegende Region eine gleichmässig hohe Sensibilität aufweist. Der distal/carpale Bereich ist also sowohl radial, als auch ulnar wesentlich geringer sensibel als die sonstige Untersuchungsregion.

Beim Versuch einer neuro-anatomischen Zuordnung stellt diese Region am Arm ein Sonderfall dar, da hier die Grenzbereiche verschiedener Innervationsgebiete liegen: Palmar grenzt dieser Bereich an die Innervationsgebiete des N. medianus und des N. ulnaris. Der distale Unterarm wird von den Endästen des N. cutaneus antebrachii lateralis (aus dem N. musculocutaneus) und dem N. cutaneus antebrachii medialis (aus dem Fasciculus medialis) sensibel innerviert. Es handelt sich also um einen Innervationsbereich, welches im Endgebiet der sensiblen Innervation verschiedener Nerven liegt. Unter der Vorstellung, dass es sich hierbei nicht um eine Überlappung, sondern vielmehr um ein geringer innerviertes Endgebiet verschiedener sensibler Nerven handelt, lässt sich das experimentelle Ergebnis deuten.

Die etwas geringere Sensibilität im Bereich radial-proximal (Punkt Nr. 8) im Unterschied zum umgebenden Untersuchungsgebiet ist durch eine nervale Struktur nicht zu erklären. Der gesamte proximale Unterarmbereich wird radial durch den Nervus cutaneus antebrachii lateralis versorgt. Eine neuro-anatomische Zuordnung dieses Ergebnisses ist daher nicht möglich.

In der Rückenregion liegt der Median der Empfindungsschwellen, bezogen auf das gesamte Probandenkollektiv, am Testpunkt Nr. 11 bei dem 1. Filament. An weiteren 9 der 12 Testpunkte (Punkt Nr. 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 und 12) liegt der Median bei dem 2. Filament. An den Testpunkten Nr. 1 und 5 liegt er bei dem 3. Filament, so dass sich hier die niedrigste Empfindungsschwelle innerhalb der Rückenregion zeigte.

Es fällt auf, dass im untersuchten Kollektiv die höchste Sensibilität am Punkt Nr. 11 und damit im unteren Bereich der hinteren Axillarlinie liegt. Die geringste Sensibilität liegt hingegen an den Punkten Nr. 1 und Nr. 5, was dem Unterrand der Skapula entspricht, wobei diese Punkte auch anhand dieses anatomischen Bezuges definiert wurden. Die restliche Testregion wies eine einheitliche Sensibilität auf. Somit findet sich am Skapula-Unterrand eine geringe Sensibilität, im unteren Bereich der hinteren Axillarlinie eine höhere Sensibilität, wohingegen im sonstigen Ausbreitungsbereich des M. Latissimus-dorsi einheitliche Sensibilitäten zu finden sind.

Da die Thoraxwand segmental innerviert wird (Rami cutanei mediales et laterales, Nn. spinales), ist diese unterschiedliche Verteilung nicht anhand nervaler Strukturen zu erklären. Möglicherweise ist die gefundene geringere Sensibilität in diesem Bereich unter funktionellen Gesichtspunkten sinnvoll, da die Haut über dem unteren Skapularand bei Armbewegungen einer mechanischen Belastung ausgesetzt ist, die aber keine relevanten Informationen für die Armbewegung liefert.

4.1.5 Lappenchirurgische Empfangsstellen: Hals- und Gesichtsregion

Abbildung 43 zeigt die Sensibilitätsbereiche in der Hals- und Gesichtsregion bezogen auf das gesamte Probandenkollektiv.

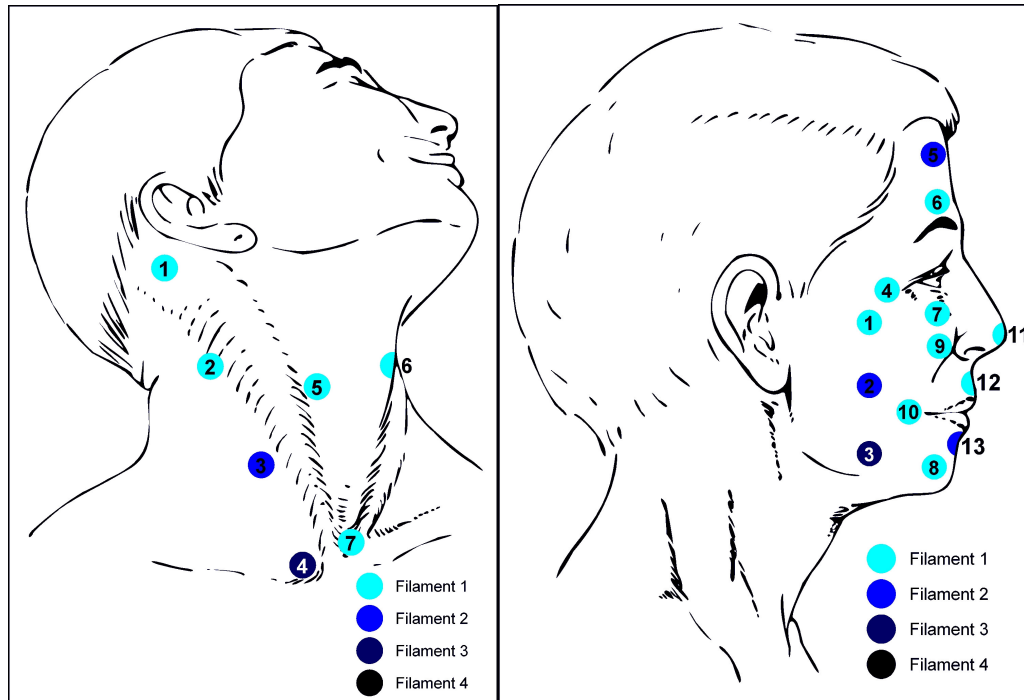


Abbildung 43: Median der Empfindungsschwellen der Hals- und Gesichtsregion beim gesamten Probandenkollektiv: Dargestellt sind die untersuchten Testpunkte und der zugehörige Median der Empfindungsschwelle anhand einer Farbkodierung für das jeweilige Filament (siehe Legende).

An der Halsregion liegt der Median an 5 der 7 Testpunkte (Punkt Nr. 1, 2, 5, 6 und 7) bei dem 1. Filament. Am Punkt Nr. 3 liegt er bei dem 2. Filament und erreicht den höchsten Wert am Testpunkt Nr. 4, an dem er bei dem 3. Filament liegt.

Es fällt auf, dass sich an der Halsregion, bis auf zwei Ausnahmen, eine relativ gleichmässig hohe Sensibilität im Untersuchungsgebiet findet. An Punkt Nr. 3 der Untersuchungsregion, welcher im distalen Drittel des hinteren Sternocleidomastoideusrandes lokalisiert ist, findet sich eine etwas geringere, und am Punkt Nr. 4, welcher dem Bereich des sternalen Ansatzes des M. Sternocleidomastoideus oberhalb des Sternoclaviculagelenkes entspricht, findet sich eine wesentlich geringere Sensibilität. Der gesamte Untersuchungsbereich wird durch die Radix sensoria des Plexus cervicalis innerviert, die am Punktum nervosum an der Mitte des hinteren M. Sternocleidomastoideusrandes in die Haut eintritt.

Die beiden benachbarten Regionen geringerer Sensibilität liegen im Bereich des Innervationsgebietes der Nn. supraclaviculares. Die restliche Untersuchungsregion mit gleichmässig hoher Sensibilität wird jedoch durch den N. transversus colli und den N. auricularis magnus sensibel versorgt. Möglicherweise ist hierin der Grund für die geringere Sensibilität im Bereich des proximalen Sternokleidomastoideusansatzes zu sehen, die bei der vorliegenden Untersuchung gefunden wurde.

Bei dem weiblichen Probandenkollektiv liegt der Median an allen 13 Testpunkten im Gesichtsbereich bei dem 1. Filament. Es zeigt sich also, dass bei den Probandinnen eine konstant hohe Sensibilität im gesamten Untersuchungsgebiet in der Gesichtsregion vorliegt. Dieses Ergebnis ist in der Literatur bereits beschrieben worden (Costas et al. 1994). Die gleichmässig hohe Sensibilität führte als statistischer Effekt dazu, dass auch in der Auswertung des Gesamtkollektivs keine Unterschiede im Median mehr beobachtet werden konnten. Daher werden im Folgenden nur die Ergebnisse für das männliche Kollektiv erläutert, da hier eindeutige Unterschiede im Median gefunden wurden.

Man erkennt, dass der Median im Gesichtsbereich, bezogen auf das männliche Probandenkollektiv, an 9 der 13 Testpunkte (Punkt Nr. 1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 und 12) bei dem 1. Filament liegt. An 3 der restlichen 4 Punkte (Punkt Nr. 2, 5 und 13) liegt der Median bei dem 2. Filament. Der höchste Wert wurde am Testpunkt Nr. 3 gefunden, an dem er bei dem 3. Filament liegt. In der Gesichtsregion findet sich mit vier Ausnahmen eine gleichmässig hohe Sensibilität. Auffällig ist, dass die Sensibilität im supraorbitalen Stirnbereich (Punkt Nr. 5), im ventro/lateralen Wangenbereich (Punkt Nr. 2) und in der Regio mentalis in der Mitte der Kinnfalte (Punkt Nr. 13) etwas, und im latero/caudalen Wangenbereich, oberhalb der Unterkieferkante (Punkt Nr. 3) wesentlich geringer ist als im sonstigen Untersuchungsgebiet, obwohl die dazwischen liegende Region eine gleichmässig hohe Sensibilität aufweist.

Die sensible Innervation von der Gesichtsregion erfolgt fast komplett durch den 5. Hirnnerven, den N. trigeminus. Dieser Hirnnerv teilt sich in seine drei Äste N. ophtalmicus, maxillaris und mandibularis auf. Die Grenzen zwischen drei Trigeminusästen sind einerseits die Lidspalte, andererseits die Mundspalte. Die etwas geringere Sensibilität im supraorbitalen Stirnbereich (Punkt Nr. 5), liegt im Innervationsgebiet des 1. Trigeminusastes, des N. ophtalmicus, der mit seinen Ausläufern als N. frontalis die Stirnhaut sensibel innerviert.

Die Regio mentalis in der Mitte der Kinnfalte (Punkt Nr. 13), und der ventro/laterale Wangenbereich (Punkt Nr. 2), die eine geringere Sensibilität aufweisen, sowie der latero/kaudale Wangenbereich, oberhalb der Unterkieferkante (Punkt Nr. 3), der eine wesentlich geringere Sensibilität aufweist, liegen im Innervationsgebiet des 3. Trigeminusastes, dem N. mandibularis, der mit seinen Verästelungen als N. buccalis die Wangenhaut, bzw. als N. mentalis den Kinnbereich sensibel innerviert.

Die Testpunkte im Innervationsgebiet des 2. Trigeminusastes, dem N. maxillaris, weisen alle eine einheitliche Sensibilität auf. Obwohl sich also den Unterschieden in den einzelnen Sensibilitätsgebieten nervale Strukturen zuordnen lassen, ist hiermit jedoch keine neuro-anatomische Begründung nachgewiesen.

Über den Ursprung der Resensibilisierung bestehen diverse Theorien und sind Grundlage zahlreicher Untersuchungen, die versuchen herauszufinden, ob die Resensibilisierung eher von peripher nach zentral ausgeht, oder aber den umgekehrten Weg einschlägt und was die entscheidenden Gründe dafür sein mögen (Hermanson et al. 1987, Vriens et al. 1996). Es stellt sich weiterhin die Frage, ob sich der Grad der Resensibilisierung transplantierten Gewebe prinzipiell dem des Ursprungsgebietes, d.h. der eigentlichen Sensibilität der Entnahmestelle, gleicht, oder aber sich der Sensibilität der Empfangsregion annähert.

Die kognitiven Fähigkeiten der Patienten, wie auch die möglichen Veränderungen der Repräsentation im somatosensorischen Kortex scheinen eine wesentliche Rolle im Rahmen der Resensibilisierung zu spielen (Posnik et al. 1990, Rosèn et al. 1994). In wie weit eine konstante sensible Stimulation der transplantierten Gewebeoberflächen Einfluss, auch bezüglich kortikaler Veränderungen hat, mögen weitere Untersuchungen zeigen (Dellon et al. 1972, Petrosino et al. 1982).

Die meisten klinischen Untersuchungen, die sich mit postoperativer Reinnervation beschäftigen, zeigen prinzipiell, ob eine Resensibilisierung statt findet oder nicht, in welchen Bereichen sich diese befindet und welche Fortschritte in einem gewissen Zeitraum zu verzeichnen sind (Blomqvist et al. 1998, Delay et al. 2000, Dellon et al. 1972, Vriens et al. 1995, Waylett-Rendall 1989).

Eine Quantifizierung über den Grad der Resensibilisierung ist aber nur durch den Vergleich mit nicht vorgeschädigten Arealen möglich, welches in den meisten klinischen Studien häufig ungenügend ist.

Nur über eine Quantifizierung der Sensibilitäten im Ursprungs- und Zielgebiet der Lappenplastiken, wie sie in der vorliegenden Studie erstmals durchgeführt wurde, lassen sich Re-Innervationsvorgänge abbilden und Operationstechniken optimieren.

4.1.6 Ausblick

Mit dieser Studie ist es erstmals gelungen, Referenzwerte von Empfindungsschwellen im Bereich von M. Latissimus-dorsi - und Radialislappen- Entnahmestellen sowie der Empfangsregionen im Kopf- Halsbereich zu erheben, um ein Referenzsystem zu schaffen, welches den systematischen Vergleich von prä- und postoperativen Untersuchungen bezüglich der Reinnervation von Lappentransplantaten zulässt. Nur über eine Quantifizierung der Sensibilitäten im Ursprungs- und Zielgebiet der Lappenplastiken lassen sich Re-Innervationsvorgänge abbilden und Operationstechniken optimieren

Dazu wurden, im Unterschied zu der bisher veröffentlichten Literatur, erstmals anhand genau definierter anatomischer und daher reproduzierbare Testpunkte die Empfindungsschwellen ermittelt (Costas et al. 1994, Posnik et al. 1990, Tairich et al. 1998).

Da allerdings die vorliegende Studie als Kollektiv-Deskription angelegt wurde, so dass vom untersuchten Probandenkollektiv keine statistischen Aussagen über die Grundgesamtheit möglich sind, sollten auf der Grundlage dieser Arbeit weitere Studien folgen, um eine universelle Verwendung der Ergebnisse zu finden und eine gute Grundlage bezüglich der Sensibilität und ihrer möglichen Veränderungen zu schaffen.

Auf den Aspekt der korrekten Kalibrierung der Filamente sowie einer sachgemässen Handhabung bei der Verwendung der Semmes-Weinstein Monofilamente sei hier nochmals ausdrücklich hingewiesen. Anhand der Literatur wird deutlich, welcher Stellenwert die korrekte Kalibrierung der Monofilamente einnimmt, um mögliche Fehlerquellen auszuschliessen und um einheitliche und reproduzierbare Ergebnisse erheben zu können (Bell-Krotoski 1990, Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Bell-Krotoski et al. 1995, Fees 1986, Voerman et al. 1999).

Um in Zukunft universelle Verwendung zu finden, sollte eine Kongruenz der angegebenen Einheiten (g/mm^2 , oder Logarithmus der zehnfachen Kraft in Milligramm) angestrebt werden, um eine Vergleichbarkeit von Studienergebnissen, auch auf internationaler Ebene, zu ermöglichen (Bell-Krotoski und Tomanik 1987, Levin et al. 1978, Posnik und Grossman, 2000, Robinson et al. 1990, Vriens et al. 1996).

Die Problematik der erhältlichen Filamenten, die Empfindungsschwellen der sensibelsten Areale nicht weiter differenzieren zu können, welches auch in dieser Studie, deutlich an den Untersuchungsergebnissen in der Gesichtsregion bei den Frauen, erkennbar wird, erfordert gegebenenfalls eine Modifikation der möglichen Einsatzbereiche der Semmes-Weinstein Monofilamente, bzw. bedarf der Kombination mit weiteren Testmethoden zur Evaluation normaler Sensibilitäten, um das diagnostische Potenzial dieses Untersuchungsverfahrens weiter zu verstärken (Posnik und Grossman, 2000, Robinson et al. 1990) .

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte sind die Semmes-Weinstein Monofilamente als eine objektive und effektive Untersuchungsmethode anzusehen, um im klinischen Gebrauch zuverlässige Aussagen über Sensibilitäten und ihre Veränderungen im prä- und postoperativen Bereich erheben zu können. Unter den Aspekt der funktionellen Rekonstruktion fällt auch die Frage der postoperativen Resensibilisierung, die Gegenstand zukünftiger Studien sein sollte. Nur durch weitere Erforschung der Resensibilisierungsprozesse in der Lappenchirurgie lassen sich Operationstechniken optimieren, um für den Patienten wie auch für den Operateur ein funktionell befriedigendes Resultat erzielen zu können.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Semmes-Weinstein Monofilamente erstmals zur Messung von Sensibilitätsschwellen in lappenchirurgisch relevanten Entnahme- und Empfangsregionen etabliert. Dazu wurden 55 Probanden an insgesamt 40 Testpunkten in 4 verschiedenen Körperregionen mit Hilfe der Semmes-Weinstein Monofilamente bezüglich ihrer Empfindungsschwellen untersucht und als Kollektiv-Deskription anhand des Medians ausgewertet. Im Unterschied zur bisher veröffentlichten Literatur wurden erstmals anatomisch festgelegte und somit reproduzierbare Testpunkte definiert.

Ziel der vorliegenden Studie war die Erhebung von Referenzwerten für Empfindungsschwellen in den Bereichen der Entnahmeregionen von M. Latissimus-dorsi- und Radialis-Lappen sowie der Empfangsregionen im Kopf-Halsbereich. Innerhalb aller untersuchten Regionen konnten einzelne Bereiche niedriger und höherer Sensibilitäten nachgewiesen werden. Generell konnte gezeigt werden, dass weibliche Probanden insgesamt niedrigere Empfindungsschwellen aufweisen als männliche. Weiterhin konnten im Probandenkollektiv folgende hohe Empfindungsschwellen nachgewiesen werden: 1. in der Unterarmregion distal/carpal radial und ulnar, 2. im Halsbereich am dorsalen Hinterrand des proximalen Ansatzes des M. sternokleidomastoideus, sowie 3. im Gesicht am latero-kaudalen Wangenbereich oberhalb der Unterkieferkante. Eine neuro-anatomisch Zuordnung der gefundenen unterschiedlichen Empfindungsschwellen gelang nur teilweise. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Semmes-Weinstein Monofilamente zur Abstufung der Empfindungsschwellen im Gesichtsbereich nur bedingt tauglich sind.

Somit konnte in der vorliegenden Arbeit erstmals die Grundlage für ein Referenzsystem normaler Hautsensibilitätsschwellen geschaffen werden. Diese Arbeit liefert die Voraussetzung für spätere Untersuchungen und den systematischen Vergleich von prä- und postoperativen Untersuchungen bezüglich von Reinnervationsprozessen bei Lappentransplantaten, um somit eine wissenschaftlich fundierte Basis zur Operationsoptimierung zu schaffen.

6 Literaturverzeichnis

- **Baumann, I., Greschnoik, A., Bootz, F., Kaiserling, E.** (1996) Frei transplantierte, mikrovaskulär reanastomosierte Unterarmklappen zur Rekonstruktion in Mundhöhle und Oropharynx.
HNO, 44, 616- 623
- **Bell, J.A.** (1984) Light touch- deep pressure testing using Semmes-Weinstein monofilaments.
In J.M. Hunter et al. (Eds), Rehabilitation of the hand, 2.nd Ed., St. Louis: Mosby, 399- 406
- **Bell- Krotoski, J.A.** (1991) Advances in Sensibility Evaluation.
Hand Clinics, Vol. 7, No. 3, 527- 546
- **Bell- Krotoski, J.A.,** (1990) „Pocket Filaments“ and Specifications for the Semmes-Weinstein Monofilaments.
J. Hand. Therapy, January- March, 26- 31
- **Bell- Krotoski, J.A., Buford, W.L.** (1997) The Force/ Time Relationship of Clinically Used Sensory Testing Instruments.
J. Hand. Therapy, October- December, 297- 309
- **Bell- Krotoski, J.A., Ewing Fess, E., Figarola, J.H., Hiltz, D.** (1995) Threshold Detection and Semmes- Weinstein Monofilaments.
J. Hand. Therapy, April- June, 155- 162
- **Bell- Krotoski, J.A., Tomancik, E.** (1987) The repeatability of testing with Semmes-Weinstein monofilaments.
J. Hand Surg., Vol. 12 A, No. 1, 155- 161
- **Bell- Krotoski, J.A., Weinstein, S., Weinstein, C.** (1993) Testing Sensibility, Including Touch-Pressure, Two-point Discrimination, Point Localization, and Vibration.
J. Hand. Therapy, April- June, 114- 123
- **Blomqvist, J.E., Alberinus, P., Isakson, S.** (1998) Sensibility following Sagittal Split Osteotomy in the Mandible: a prospective clinical study
Plast. Reconstr. Surg., 102, 325- 333
- **Bowen, V.L., Griener, J.S., Jones, S.V., Discusser: Flowers, K.** (1990) Threshold of Sensation: Inter-rater Reliability and Establishment of Normal Using the Semmes-Weinstein Monofilament.
J. Hand. Therapy, January- March, 36- 37
- **Boyd, B., Mulholland, S., Gullane, P., Irish, J., Kelly, L., Rotstein, L., Brown, D.** (1994) Reinnervated lateral antebrachial cutaneous neurosome flaps in oral reconstruction: are we making sense?.
Plast. Reconstr. Surg., 93, 1350- 1359
- **Costas, P.D., Heatly, G., Seckel, B.R.** (1994) Normal sensation of the human face and neck.
Plast. Reconstr. Surg., 93, 1141- 1145
- **Deetjen, P., Speckmann, E.-J.** (1994) Physiologie.
Urban & Schwarzenberg, 2. Auflage, 43- 61
- **Dalay, E., Jorquera, F., Lucas, R., Lopez, R.** (2000) Sensitivity of breasts reconstructed with the autologous Latissimus Dorsi Flap
Plast. Reconstr. Surg., 106, 302- 308

- **Dellon, A.L.** (1986) Sensory recovery in replanted digits and transplanted toes: a review.
J. Reconstr. Microsurg., 2, 123- 129
- **Dellon, A.L.** (2000) Sensitivity of breasts reconstructed with the autologous latissimus dorsi flap. Discussion.
Plast. Reconstr. Surg., 106, 310- 312
- **Dellon, A.L., Curtis, R.M., Edgerton, M.T.** (1972) Evaluating recovery of Sensation in the hand following nerve injury
Hopkins Med. J., 130, 236- 243
- **Dellon, E.S., Crone, S., Mouery, R., Dellon, A.L.** (1993) Comparisson of the Semmes-Weinstein monofilaments with the Pressure-Specifying Sensory Device.
Restorative Neurology and Neuroscience, 5, 323- 326
- **Dellon, E.S., Mourey, R., Dellon, A.L.** (1992) Human pressure perception values for constand and moving one- and two-point discrimination.
Plast. Reconstr. Surg., 90, 112- 117
- **Dellon, A.L., Munger, B.L.** (1986) Correlation of histology and sensibility after nerve repair.
J. Hand. Surgery, Vol. 8, No. 6, 871- 875
- **Ewing Fess, E.** (1986) The need for reability and validity in hand assessment instruments.
J. Hand. Surgery, Vol. 11 A, No. 5, 621- 623
- **Geishauer, M., Schwarz, M.,** (1995) Freie mikrovaskuläre und axiale gestielte Lappen.
Hans Huber, Bern, 11- 13
- **Gelbermann, R.H., Szabo, R.M., Williamson, R.V., Dimick, M.P.** (1983) Sensibility Testing in Peripheral-Nerve Compression Syndromes.
J. Bone and Joint Surg., Vol. 65- A, No. 5, 632- 638
- **Gellis, M., Pool, R.** (1977) Two-point discrimination distances in the normal hand and forearm.
Plast.Reconstr. Surg., 59, 57- 63
- **Ghali, G.E., Epker, B.N.** (1989) Clinical neurosensory testing: Practical applications.
J. Oral. Maxillofac. Surg., 47, 1074- 1078
- **Heiland, M.** (2001) Vergleichende Beurteilung der Reinnervation von gestielten und freien Musculus latissimus dorsi- Transplantaten sowie Radialislappen mit Hilfe von Semmes-Weinstein Monofilamenten.
Med. Dissertation, Universität Hamburg
- **Henne-Bruns, D., Dürig, M., Kremer, B.** (2001) Duale Reihe Chirurgie.
Thieme, 1. Auflage, 1306- 1316
- **Hermanson, A., Dalsgaard, C.J., Björklund, H., Lindblom, U.** (1987) Sensory reinnervation and sensibility after superficial skin wounds in human patients
Neuroscience Letters, 7, 377- 382
- **King, P.M.** (1997) A Pilot Comparison Study of Touch Pressure Threshold with Texture and Tactile Discrimination.
J. Hand. Therapy, January- March, 24- 28
- **Krupp, S., Allgöwer, M.** (1982) Plastische Chirurgie. In Allgemeine und spezielle Chirurgie.
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 4. Auflage, 632- 633

- **Kumar, S., Fernando, D.J.S., Veves, A., Knowles, E.A., Young, M.J., Boulton, A.J.M.** (1991) Semmes-Weinstein monofilaments: a simple, effective and inexpensive screening device for identifying diabetic patients at risk of foot ulceration.
Diabetes Research and Clinical Pract., 13, 63- 68
- **Lee, J., Essik, G.K.** (1993) Spatial and gender dependent variations in perioral pinprick sensitivity.
J. Dent. Res., 72, 1206- 1214
- **Levin, S., Persall, G., Rudermann, R.J.** (1978) Von Frey`s method of measuring pressure sensibility in the hand: an engineering analysis of the Semmes-Weinstein pressure aesthesiometer.
J. Hand. Surg., 3, 211- 216
- **Lippert, H.** (1993) Lehrbuch der Anatomie.
Urban& Schwarzenberg, 3. Auflage, 83- 97
- **Mayfield, J.A., Sugarman, J.R.** (2000) The use of the Semmes-Weinstein monofilament and other threshold tests for preventing foot ulceration and amputation in persons with diabetic.
J. Fam. Pract., 49, 17- 29
- **Murray, R.A., Essik, G.K., Kelly, D. G.** (1994) Effect of stimulus force on perioral direction discrimination.
J. Oral Maxillofac. Surg., 52, 688- 697
- **Olmos, P.R., Cataland, S., O`Dorisio, T.M., Casey, C.A., Smead, W.L., Simon, S.R.** (1959) The Semmes-Weinstein Monofilament as a Potential Predictor of Foot Ulceration in Patients with Noninsulin-Dependent Diabetes.
Am. J. Med. Sci., 309, 76- 82
- **Panchal, J., Potterto, A.J., Scanlon, E., McLean, N.R.** (1996) An objective assessment of speech and swallowing following free flap reconstruction for oral cavity cancers.
Br. J. Plast. Surgery, 49, 363- 369
- **Petrosino, L., Fucci, D., Robey, R.R.** (1982) Changes in lingual sensitivity as a Funktion of age and stimulus exposure time
Perceptual and Motor Skills, 55, 1083- 1090
- **Posnik, J.C., Grossman, J.A.I.** (2000) Facial sensibility testing: a clinical update.
Plast. Reconstr. Surg., 106, 892- 894
- **Posnik, J.C., Zimbler, A.G., Grossmann, J.A.I.** (1990) Normal Cutaneous Sensibility of the Face.
Plast. Reconstr. Surg., Vol. 86, No. 3, 429- 431
- **Quillen, C.G.** (1979) Latissimus dorsi myocutaneous flaps in head and neck reconstruction.
Plast. Reconstr. Surg., 63, 664
- **Quillen, C.G., Shearin, J.C., Georgiade, N.G.** (1978) Use of the latissimus dorsi myocutaneous island flap for reconstruction in the head and neck area.
Plast. Reconstr. Surg., 62, 113
- **Robinson, P. P., Smith, K.G., Johnson, F.P., Coppins, D.A.,** (1992) Equipment and methods for simple sensory testing.
Br. J. Oral Maxillofac. Surg., 30, 387- 389

- **Rosèn, B. Lundborg, G., Dahlin, L.B., Holmberg, J., Karlson, B.** (1994) Nerve Repair : Correlation of Restitution of funktional sensibility with specific cognitive capacities
J. Hand. Surg., 29B, 4, 452-458
- **Schiebler, T.H., Schmidt, W.** (1991) Anatomie.
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 5. Auflage, 199- 206
- **Schmelzle, R.** (1993) Rekonstruktive Eingriffe im Gesichtsbereich. In:
Neumann, H.J.: Ästhetische und plastisch-rekonstrutive Gesichtschirurgie
Einhorn-Pressse Verlag, Reinbeck, 125-133
- **Schmidt, R.F., Thews, G.** (1993) Physiologie des Menschen.
Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 25. Auflage, 207- 216
- **Seckel, B.R.** (1990) Normal Cutaneous Sensibility of the Face. Discussion.
Plast. Reconstr. Surg., Vol. 86, No. 3, 434- 435
- **Staudenmeyer, A.** (1998) Untersuchungen zur Frühdiagnostik der peripheren sensiblen Neuropathie beim Diabetiker mit normierten Semmes-Weinstein Monofilamenten.
Med. Dissertation, Universität Hannover
- **Soutar, D.S., McGregor, I.A.** (1986) The radial forearm flap in intraoral reconstruction: the experience of 60 consecutive cases.
Plast. Reconstr. Surg., 78, 1- 8
- **Soutar, D.S., Schecker, L.R., Tanner, N.S., McGregor, I.A.** (1983) The radial forearm flap: a versatile method for intra- oral reconstruction.
Br. J. Plast. Surg., 36, 1- 8
- **Szabo, R.M., Gelbermann, R.H., Dimick, M.P.** (1984) Sensibility Testing in Patients with Carpal Tunnel Syndrome.
J. Bone and Joint Surg., Vol. 66- A, No. 1, 60- 64
- **Szabo, R.M., Slater, R.R., Farver, T.B., Stanton, D.B., Sharman, W.K.** (1999) The value of diagnostic testing in carpal tunnel syndrom.
J. Hand. Surg., 24, 704- 714
- **Tairych, G.V., Kuzbari, R., Rigel, S., Todoroff, B.P., Schneider, B., Deutinger, M.** (1998) Normal Cutaneous Sensibility of the Breast.
Plast. Reconstr. Surg., Vol. 102, No. 3, 701- 704
- **Takasaki, Y., Noma, H., Masaki, H., Fujikawa, M., Alberdas, J.L., Tamura, H., Ueda, E., Takaki, T., Yamane, G.Y.** (1998) A clinical analysis of the recovery from sensory disturbance after sagittal splitting ramus osteotomy using a Semmes-Weinstein pressure aesthesiometer.
Bull. Tokyo Dent. Coll., 39, 189- 197
- **Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P.,** (1980)Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen.
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 553- 563
- **Vallbo, A.B., Johansson, R.S.** (1984) Properties of cutaneous mechanoreceptors in the human hand related to touch sensation.
Human Neurobiol., 3, 3
- **Voerman, V.F., van Egmond, J., Crul, B.J.** (1999) Normal values for sensory thresholds in the cervical dermatomes: a critical note on the use of Semmes-Weinstein monofilaments.
Am. J. Phys. Med. Rehabil., 78, 24- 29

- **Vesper, M.** (2002) Untersuchungen zur Reinnervierung von gestielten und freien myocutanen Musculus latissimus dorsi- und fasciocutanen Radialis-Transplantaten
Habilitationsschrift, Universität Hamburg
- **Vesper, M., Heiland, M., Flinzberg, S., Schmelzle, R.** (2002) Clinical outcome of re-innervation of radial flaps and latissimus dorsi muscle transplants
Mund Kiefer Gesichtschir. Sep; 6 (5), 323-330
- **Vriens, J.P.M., Acosta, R., Soutar, D.S., Webster, M.H.C.** (1996) Recovery in sensation in the radial forearm free flap in oral reconstruction.
Plast. Reconstr. Surg., 98, 649- 656
- **Waylett- Rendall, J.** (1989) Sequence of Sensory Recovery: A prospective Study
J. Hand. Therapy, October- December, 245- 251
- **Weinstein, S.** (1993) Fifty Years of Somatosensory Research: From the Semmes-Weinstein Monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test.
J. Hand. Therapy, January- March, 11- 22

7 Danksagung

Ich danke Herrn PD. Dr. Dr. M. Vesper für die freundliche Überlassung des interessanten Themas und das stete Interesse an meiner Arbeit.

Ich danke Herrn Dr. Dr. Max Heiland für die freiwillige Betreuung meiner Arbeit, seine Anleitungen und Hilfestellungen.

Guido-mein Dank lässt sich nicht in Worte fassen! Wie wundervoll einen Menschen wie Dich in meinem Leben zu haben.

Christoph, ich danke Dir für Deine ganze Hilfe und Unterstützung und Deine unendliche Geduld, die du mir zuteil werden lässt.

Ich danke meinen Eltern, meiner Schwester und meinem Großvater für die wertvolle und stets fördernde Unterstützung während aller Höhen und Tiefen meines gesamten Studiums und in allen anderen Lebenslagen, die diese Arbeit erst ermöglicht hat.

Ich danke Susi, Bea, Schoko, Verena, Martin, die mir mit Rat und Tat und steter mentaler Unterstützung immer zur Seite gestanden haben.

Dr. J.& F.-der Geist im rechten Licht-Danke.

Wie eine Blume, die kommt und geht, deren Duft man niemals vergisst.

8 Lebenslauf

Persönliche Daten

Geburtsdatum

01. Januar 1974

Geburtsort

Hamburg

Staatsangehörigkeit

deutsch

Schulische Ausbildung

08 / 1980 - 07 / 1984

Grundschule St. Antonius, Hamburg

08 / 1984 - 07 / 1990

Sophie-Barat-Gymnasium, Hamburg

08 / 1990 - 07 / 1993

Heilwig-Gymnasium, Hamburg

06 / 1993

Abiturprüfung

Universitäre Ausbildung

04 / 1995

Studium der Humanmedizin an der Universität Hamburg

03 / 1997

Ärztliche Vorprüfung

03 / 1998

1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Seit 04 / 1999

Promotion am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Abteilung für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

08 / 2001

2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

11 / 2002

3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

PJ- Tertiale

10 / 2001 - 02 / 2002

Marienkrankenhaus, Hamburg, Chirurgie

02 - 06 / 2002

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Abteilung für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
Krankenhaus Alten Eichen, Hamburg, Innere Medizin

06 - 09 / 2002

Famulaturen

08/ 1997

Israelitisches Krankenhaus, Hamburg, Abteilung Innere Medizin

08/ 1998

Praxis für Allgemeinmedizin, Dr. med. H. Zahn, Hamburg

02 - 03 / 1999

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Abteilung Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

02 - 03 / 2000

Chirurgische Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität, München, Abteilung Handchirurgie

Studienbegleitende Tätigkeiten

02 / 1996 - 02 / 1999

Studentische Aushilfskraft im Allgemeinen Krankenhaus Barmbek, Hamburg

Seit 08/ 1998

Regelmäßige Teilnahme am KV-ärztlichen Notdienst

Auslandsaufenthalte

02 - 12 / 1994

Sprachaufenthalt in Australien

Sprachkenntnisse

Englisch

diskussionsfähig

Französisch

Grundkenntnisse

9 Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, daß ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfaßt, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, daß ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt habe oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Bettina Zahn

10 Publikationen

M.Vesper, M. Heiland, **B.Zahn**, H.-C. Möller, R.Schmelzle

Normal cutaneous sensibility of flap recipient areas of the head and neck an possible donor sites

J. of Cranio- Maxillofacial Surgery (Vol 28) Soppl. 3, P. 274 (2000)

M.Vesper, **B.Zahn**, M. Heiland, R.Schmelzle

Normale Hautsensibilität in für die Lappenchirurgie des Kopf- Halsbereiches relevanten Regionen

J. der Deutschen Gesellschaft für Plastische und Wiederherstellungschirurgie 13, Nr.23, S. 52-54 (2001)

Poster:

M.Vesper, M. Heiland, **B.Zahn**, H.-C. Möller, R.Schmelzle

Normal cutaneous sensibility of flap recipient areas of the head and neck an possible donor sites

XV. Congress of the european Association for Cranio- Maxillofacial Surgery (2000)

Vorträge:

M.Vesper, **B.Zahn**, M. Heiland, R.Schmelzle

Normale Hautsensibilität in für die Lappenchirurgie des Kopf- Halsbereiches relevanten Regionen

38. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Plastische und Wiederherstellungschirurgie (2000)