

Aus der Klinik für Kiefer- und Gesichtschirurgie
der Universität zu Lübeck
Direktor: Prof. Dr. Dr. Peter Sieg

**Sonographische morphometrische Analyse verschiedener
freier Weichteiltransplantate zur Rekonstruktion der Kopf- und
Halsregion**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin
(Dr. med. dent.)
aus der Sektion Medizin
der Universität zu Lübeck

vorgelegt von

Dr. med. Henning Wieker

Lübeck, 2014

1. Berichterstatter: PD Dr. med. Dr. med. dent. S. Hakim

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. B. Krapohl

Tag der mündlichen Prüfung: 06.10.2014

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 06.10.2014

Promotionskommission der Sektion Medizin

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	7
2.1	Probandenkollektiv und Studiendesign.....	7
2.1.1	Probandendatenbank	7
2.1.2	Untersuchte Transplantate	8
2.1.3	Sonographiegerät und Aufnahmetechnik.....	22
3	Ergebnisse	27
3.1	Probandenkollektiv.	27
3.2	Auswertung der Lappendicke	29
3.2.1	Das Radialistransplantat	32
3.2.2	Das Ulnaristransplantat	33
3.2.3	Das Paraskapular-Transplantat	35
3.2.4	Das Skapulatransplantat.....	36
3.2.5	Das ALT-Transplantat.....	38
3.2.6	Das Fibula-Transplantat	39
3.3	Korrelation der Lappendicke im Seitenvergleich.....	40
3.4	Regressionsanalysen	41
3.4.1	Das Radialistransplantat	44
3.4.2	Das Ulnaristransplantat	45
3.4.3	Das Paraskapulartransplantat.....	46
3.4.4	Das Skapulatransplantat.....	47
3.4.5	Das ALT-Transplantat.....	48
3.4.6	Das Fibulatransplantat.....	49
3.5	Vergleich der Parameter der Regressionsanalyse	50
4	Diskussion	54
5	Zusammenfassung	65
6	Literaturverzeichnis	67
7	Danksagung	75

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
ALT-Transplantat	Antero - Lateral Thigh flap
BMI	Body Mass Index
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographische Angiographie
M.	Musculus
Mm.	Musculi
MHz	Megahertz
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
Nn.	Nervi
V.	Vena
Vv.	Venae
WHO	World Health Organization

1 Einleitung

Freie, gefäßgestielte Weichteiltransplantate haben in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie seit ihrer Entwicklung zu Beginn der achtziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts stetig an Bedeutung gewonnen und führten zur Erweiterung der Indikation von ablativen Eingriffen in der Kopf-Halsregion (1).

Die bisher üblichen freien Hauttransplantate, wie beispielsweise die Vollhaut- und Spalthauttransplantate, werden avaskulär, d.h. ohne eigene Blutgefäßversorgung, transplantiert. Zur Gewinnung eines Spalthauttransplantates wird beispielsweise vom Oberschenkel mittels eines auf eine bestimmte Schichtdicke eingestellten Dermatoms eine Hautscheibe entnommen, die maximal bis in das Korium hineinreicht. Ein Vollhauttransplantat hingegen wird als ein bis zum subkutanen Fettgewebe reichendes Hautstück entnommen (2). Vorteilhaft bei dieser Art von Transplantaten ist ihre gute Verfügbarkeit, technisch einfache Entnahme und Transplantation, geringe Sekundärdefektmorbidität und eine in der Regel komplikationsarme Wundheilung.

Nachteilig sind jedoch die Induration und Schrumpfung des Transplantationsareals mit konsekutiver funktioneller Einschränkung des rekonstruierten Gewebes (3). Ebenfalls muss ein entsprechend gestaltetes Transplantatbett vorliegen, das eine Ernährung der transplantierten Haut per diffusionem erlaubt. Das Volumen des Transplantates muss das verlorengegangene Gewebe ersetzen können.

Lag ein geeignetes Transplantatbett nicht vor, kam alternativ ein gestieltes Transplantat infrage. Dieses erlaubt zwar gegenüber den freien avaskulären Transplantaten eine eigene Blutversorgung die sichere Nutrition des transplantierten Weichgewebsareals, ist jedoch mit einigen entscheidenden Nachteilen behaftet. Diese sind neben der Sekundärdefektmorbidität die schlechte Ästhetik und die funktionelle Einschränkung der Halsregion durch einen dicken Lappenstiel, beispielsweise bei dem Pectoralis-major-Lappen. So ist es naheliegend, nach einem Transplantat zu suchen, das die positiven Eigenschaften der vorgenannten Verfahrensweisen vereint. Diese Kombination

aus zartem, aber mechanisch belastbarem Hautareal weitgehend ohne Schrumpfungstendenz, hervorragender Nutrition infolge exklusiver Gefäßversorgung bei zugleich geringer Dicke des Lappenstiels und hoher Flexibilität der Transplantatpositionierung bieten gefäßgestielte freie Transplantate.

Bei einem freien mikrochirurgisch-reanastomosierten Transplantat wird sinnbildlich die Stieldicke gegenüber einem gestielten Transplantat derart minimiert, dass letztendlich nur der aus Arterie und begleitenden Venen bestehende Gefäßstiel für die Versorgung der Transplantatinsel bestehen bleibt. Dieser Gefäßstiel wird in der Regel proximal abgetrennt und an geeigneten Empfängergefäßen mikrochirurgisch angeschlossen. Diese Möglichkeit der mikrochirurgischen Anastomosierung sorgt nicht nur für Flexibilität bei der Positionierung des Lappens in der Empfängerregion, es lassen sich auch zahlreiche Entnahmestellen in unterschiedlichen Körperregionen in Betracht ziehen. Prinzipiell stehen Transplantate aus Haut, Muskel und Knochen sowie deren Kombination zur Verfügung. Jedes dieser Gewebe kann einzeln oder in Kombination als Transplantat dienen, wobei dies von den anatomischen Gegebenheiten der Entnahmestellen abhängt. Zusätzlich lassen sich die möglichen Transplantate durch weitere Merkmale unterscheiden. Hierzu zählen unter anderem die Beschaffenheit der Haut in Dicke und Textur, die Dicke des Unterhautfettgewebes, die Dicke von Muskulatur oder Knochen, die verfügbare Gefäßstiellänge sowie das Kaliber der Gefäße und deren anatomische Variabilität.

So ergibt sich eine Vielzahl an freien Transplantaten für zahlreiche Indikationen, die den unterschiedlichen fachspezifischen Bedürfnissen gerecht werden. Die chirurgische Technik, die zur erfolgreichen Transplantation von freien Weichgewebelappen erforderlich ist, wurde zunächst in der rekonstruktiven plastischen Chirurgie der 1960er und 1970er Jahre entwickelt (4). Unter Anwendung eines Operationsmikroskops und feinsten für diesen Zweck entwickelter mikrochirurgischer Instrumente wurden erstmalig Extremitäten und traumatisch amputierte Zehen und Finger replantiert. Im Laufe der folgenden Jahre wurden auch Weichgewebetransplantate, zum Beispiel der

Glutealregion, zur Rekonstruktion der Mamma erstmalig angewandt. Bereits 1979 wurde von Maruyama et al. ein neuromuskuloseptokutanes Latissimus dorsi – Transplantat, inklusive motorischer Innervation, zur Rekonstruktion eines ausgedehnten Wangendefektes beschrieben (5).

Ein aus heutiger Sicht entscheidender Schritt wurde 1978 bis 1982 in China von Yang, Song und anderen unternommen (6-7). Der sogenannte „chinese flap“, der an den Radialgefäßen gestielte septokutane Unterarmlappen, zählt heutzutage zu den meistverwendeten mikrochirurgischen Hauttransplantaten der Kopf- / Halsregion.

Heutzutage finden mikrochirurgisch-anastomosierte Transplantate in der rekonstruktiven Chirurgie im Anschluss an Tumoroperationen, zur Deckung traumatogener Hart- und Weichgewebsdefekte und in der Verbrennungschirurgie, aber auch in der plastisch-ästhetischen Chirurgie breite Anwendung.

Durch die Anatomie des Defektes wird die Art des zu transplantierenden Materials, Haut, Muskel und Knochen, bestimmt.

Manche Transplantatareale bieten sich besonders zur Hebung eines Lappentyps an, der sich durch seine speziellen Eigenschaften besonders zur Rekonstruktion des vorliegenden Defektes eignet. Hier sei für Hauttransplantate beispielhaft das Ulnaristransplantat genannt, das als septokutaner Lappen durch seine zarte Struktur, Haarlosigkeit und geringe Entnahmedefektmorbidität charakterisiert ist (8-10).

Ein typisches freies Knochentransplantat zur Rekonstruktion der Unterkieferkontinuität kann von der Fibula gewonnen werden. Gleichzeitig kann auch hier zusätzlich ein Hautareal zur Deckung eines Haut / Schleimhaut Defektes gehoben werden.

Desweiteren beeinflusst auch die lokale Gefäßversorgung die Auswahl des Transplantates erheblich. Hier werden septokutane, muskulokutane oder muskuloseptokutane Transplantate unterschieden (5).

Diesen Überlegungen folgend ergeben sich einige inzwischen verbreitete freie Transplantate, welche sich zur Rekonstruktion in der Kopf- Halsregion eignen: vom Unterarm das Radialistransplantat und das Ulnaristransplantat, von der

Schulterregion das Paraskapulartransplantat und das Skapulatransplantat, der anterolaterale Oberschenkelappen (antero-lateral thigh flap, ALT-Transplantat) und das osteokutane Fibulatransplantat vom Unterschenkel.

Das septokutane Radialistransplantat wird in der rekonstruktiven Kopf- und Halschirurgie, aber auch in der allgemeinen plastischen Chirurgie zur Versorgung eines breiten Spektrums weichgewebiger Defekte eingesetzt.

Das Ulnaristransplantat dient gewöhnlich als zartes septokutanes Transplantat mit sicherer Gefäßversorgung und geringer Entnahmedefektmorbidität zur Rekonstruktion intraoraler und pharyngealer Defekte.

Für ausgedehnte ossäre Rekonstruktionen, beispielsweise nach Mandibulateilresektion, eignet sich insbesondere das Fibulatransplantat, das bei großen intra- oder extraoralen Hautdefekten als osteoseptokutanes Transplantat mit einer geeigneten Hautinsel gehoben werden kann.

Von der Schulterregion seien zwei Transplantate erwähnt, die an der Arteria circumflexa scapulae und ihren begleitenden Venen gestielt präpariert werden können. Zum Einen ist dies das kutane oder osteokutane Skapulatransplantat, zum Anderen das kutane Paraskapulartransplantat. Beide Transplantate weisen häufig eine relativ dicke subkutane Fettgewebsschicht auf, sodass sie sich besonders zu Auffüllung ausgedehnter Mittelgesichtsdefekte eignen.

Ein ebenfalls zur Deckung ausgedehnter Weichteildefekte geeignetes Transplantat ist das anteriolaterale Oberschenkeltransplantat (anterolateral thigh flap, ALT-Lappen). Dieses Transplantat kann zusätzlich zum Haut- und Fettgewebsanteil mit einem Muskelanteil des M. vastus lateralis gehoben werden. Die muskuläre Partie kann unter Schonung der Perforatorgefäße variabel groß gestaltet werden. Es kann auch nur die muskuläre Portion transplantiert werden. Bei Bedarf kann zusätzlich der den Muskel motorisch versorgende Ramus musculi vasti lateralis mit entnommen werden, der aus dem Nervus femoralis hervorgeht.

Zur suffizienten Rekonstruktion verloren gegangenen Weichgewebes muss ein Transplantat so beschaffen sein, dass der Defekt in der Fläche durch eine passend texturierte Hautinsel und in der Tiefe durch eine entsprechend dicke subkutane Fettschicht oder gar Muskulatur vollständig verschlossen wird.

Die Dicke eines Transplantates ist demzufolge ein entscheidender Faktor bei der Wahl eines geeigneten Transplantates. Durch welche Einflussgrößen die Transplantatdicke bestimmt wird, versucht die vorliegende Arbeit zu klären.

Zudem ergibt sich die Frage, ob eine Erhöhung der Transplantatdicke durch Zunahme des subkutanen Fett- und Bindegewebes, was seinerseits mit Blut versorgt werden muss, die Perfusion der Hautinsel des Transplantates negativ beeinflusst (11). Die Beantwortung dieser Frage ist nicht Teil der vorliegenden Arbeit, möglicherweise kann sie aber einen Anhaltspunkt für weitere Untersuchungen bezüglich dieser speziellen Fragestellung bieten.

Hochfrequente, hochauflösende Sonographie wird heutzutage in vielen medizinischen Disziplinen am Lebenden eingesetzt. Sie stellt Weichgewebe sicher dar und erfolgt ohne Einsatz ionisierender Strahlung. So wird die Sonographie in der Diagnostik bei Melanomen zur präoperativen Bestimmung der Tumordicke und Infiltrationstiefe, und auch in der Kopf-/ Halsonkologie beispielsweise zur Suche nach Lymphknotenmetastasen oder auch im Rahmen der postoperativen Nachsorge eingesetzt. Dies sind lediglich zwei Beispiele, wie Sonographie zur Abgrenzung verschiedener Gewebearten und präzisen Bestimmung von Größenausdehnungen erfolgreich herangezogen wird (12-14).

Bezüglich der Vermessung von mikrochirurgischen Transplantaten veröffentlichten Sieg und Bierwolf bereits 2003 eine klinische Studie, die ähnlich der vorliegenden Arbeit, die Sonographie als wichtigstes Untersuchungsmittel einsetzte, sich jedoch ausschließlich mit der Bestimmung von Fettschichtdicken befasste (15).

Die vorliegende Arbeit untersucht mit Hilfe der Sonographie die Schichtdicken von freien Weichgewebstransplantaten in sechs verschiedenen Körperregionen. Die gemessenen Werte werden einer statistischen Analyse unterzogen, die den vermuteten Einfluss verschiedener in dieser Arbeit definierter Parameter auf die Ausprägung der Transplantatdicke beschreiben soll. Diese Parameter sind das Probandenalter, die Körpergröße, das Körpergewicht, das Geschlecht und

Tabakkonsum. Körpergröße und –gewicht wurden im Body Mass Index zusammengefasst.

Fragestellung:

Autologe mikrochirurgisch reanastomosierte Transplantate ermöglichen eine ästhetisch und funktionell zufriedenstellende Rekonstruktion bei ausgedehnten Gewebedefekten. In der Mund-, Kiefer-, Gesichtsregion sind, der Unterschiede in der Struktur der Gesichteweichteile geschuldet, entsprechend beschaffene Transplantate gefordert. Entscheidend für den Rekonstruktionserfolg ist eine sichere präoperative Einschätzung des zu rekonstruierenden Areals, um das jeweils geeignete Transplantat auszuwählen. Dieses sollte der zu rekonstruierenden Region in Form, Struktur, Textur und Dicke entsprechen. Insbesondere die Dicke eines Weichteiltransplantates entscheidet über das Anwendungsgebiet im Gesichtsbereich. Die vorliegende Arbeit versucht, durch eine sonographische Vermessung einiger der häufig verwandten Transplantate zu klären, welche Transplantate für welche Kopf- und Halsregionen geeignet sind. Ebenfalls wird untersucht, ob intersexuelle oder körperrgewichtsspezifische Unterschiede die Auswahl eines Transplantates beeinflussen könnten.

2 Material und Methoden

2.1 Probandenkollektiv und Studiendesign.

Das Probandenkollektiv der vorliegenden Arbeit besteht aus insgesamt 122 männlichen und weiblichen Probanden. Diese wurden in ähnlich große Gruppen gemäß des Body Mass Index (BMI) der World Health Organization (WHO) [WHO 2008] eingeteilt.

Formel des BMI:

$$\text{BMI [kg/m}^2\text{]} = \text{Körpergewicht [kg]} / \text{Körpergröße}^2 \text{ [m}^2\text{]}$$

2.1.1 Probandendatenbank

Die primäre Erfassung der Probanden erfolgte mit Hilfe einer in Microsoft Excel[®] erstellten Datenbank, die die nachfolgend aufgeführten Daten umfasste.

- Identifikationsnummer (ID), fortlaufend (1 bis 122)
- Alter
- Geschlecht
- Körpergröße in Metern [m]
- Körpergewicht in Kilogramm [kg]
- Body Mass Index (BMI) [kg/m²]
- Tabakkonsum

Namen wurden aus ethischen Erwägungen nicht erfasst. Eine Rückverfolgung des Probanden ist nicht möglich. Das Alter wurde in ganzen Jahren zum Zeitpunkt der Messung erfasst. Sämtliche Messungen wurden während des Zeitraumes von einem Jahr durchgeführt. Es fand keine Differenzierung der Art und der Dauer der Tabakkonsums statt.

2.1.2 Untersuchte Transplantate

Des Weiteren wurden die aufgeführten Transplantatregionen in die Studie einbezogen:

- Radialis- Transplantat
- Ulnaris- Transplantat
- Paraskapular- Transplantat
- Skapula- Transplantat
- anteriolaterales Oberschenkel- Transplantat (ALT)
- Fibula- Transplantat

Die Transplantatregionen wurden in jeweils drei bis vier Messareale unterteilt, an welchen wiederum stets drei Messwerte erhoben wurden.

Die erhaltenen Werte wurden ebenfalls in der oben genannten Datenbank erfasst.

2.1.2.1 Das Radialistransplantat.

Das 1981 bzw. 1982 von Yang und Song erstbeschriebene Radialistransplantat wurde schon früh zur Defektdeckung im Kopf-/ Halsbereich und für intraorale Rekonstruktionen vorgeschlagen (6, 16). Bereits 1983 wurde dieses Transplantat von Soutar als dünn, geschmeidig und vorwiegend haarlos beschrieben (7). Diese Aussage führt die Hauptcharakteristika des Radialistransplantates an, das in den folgenden Jahrzehnten weite Verbreitung in der rekonstruktiven Kiefer- und Gesichtschirurgie fand. Die genannten Vorteile des Lappens sind begründet in seiner Lokalisation an der Unterarminnenseite, wo zarte Haut mit relativ geringem subkutanen Fettanteil zu finden ist. Das Transplantat ist an der Arteria radialis gestielt. Dadurch lässt sich ein entsprechend langer Gefäßstiel präparieren, der dem Radialistransplantat eine hohe Flexibilität bei der Übertragung auf unterschiedlichste Lokalisationen der Kopf-/ Halsregion gewährt. Die Anatomie der Radialisgefäße ist relativ konstant in Anlage, Kaliber und Verlauf und weist nur selten die Operation beeinträchtigende Variationen auf. Dennoch müssen

diese Komplikationsmöglichkeiten stets bei der Transplantathebung bedacht werden (17-25). Das Radialistransplantat kann als septokutanes oder auch als osteoseptokutanes Transplantat mit einem Teil des distalen Radius gehoben werden. Eine Osteosynthese des geschwächten Knochens sowie eventuell eine Auflagerungsosteoplastik, beispielsweise mit autologem Beckenkammknochen, sind zur Frakturprophylaxe und Gewährleistung einer schnellen Mobilisation der betroffenen Extremität und Rehabilitation des Patienten sinnvoll (26-28). Ein wesentlicher Nachteil des Radialistransplantates ist die Lokalisation des Entnahmedefektes, der gut sichtbar bis auf die Dorsalfläche des Unterarmes reichen kann. Zudem liegen oft die Sehnen der volaren Unterarmmuskulatur teilweise frei, welche als bradytrophe Gewebe eine schlechte nutritive Unterlage für eine Voll- oder Spalthautplastik darstellen. Zur Prophylaxe solcher Wundheilungsstörungen wurden unterschiedlichste Konzepte bezüglich des Wundverschlusses entwickelt (29-33).

Nach Transplantathebung muss eine sichere Versorgung der Hand und des distalen Unterarmes durch die A. ulnaris und die A. interossea gewährleistet sein. Dies muss präoperativ durch geeignete Tests (Allen-Test) sichergestellt werden (34). Das Radialistransplantat kann im Verlauf der A. radialis an unterschiedlichen Stellen des Unterarmes entnommen werden. Von proximal nach distal über große Teile des Unterarmes reichende Transplantate mit kurzem Gefäßstiel stehen ebenso zur Verfügung wie Transplantate, die mit langem Gefäßstiel vom distalen Unterarm genommen werden können. Entsprechend dem Verlauf der A. radialis wurden vier Areale definiert, an denen mit jeweils drei Messpunkten die Distanz von Hautoberfläche zur A. radialis bzw. zur Muskeloberfläche gemessen wurde (s. Abb. 2.1).

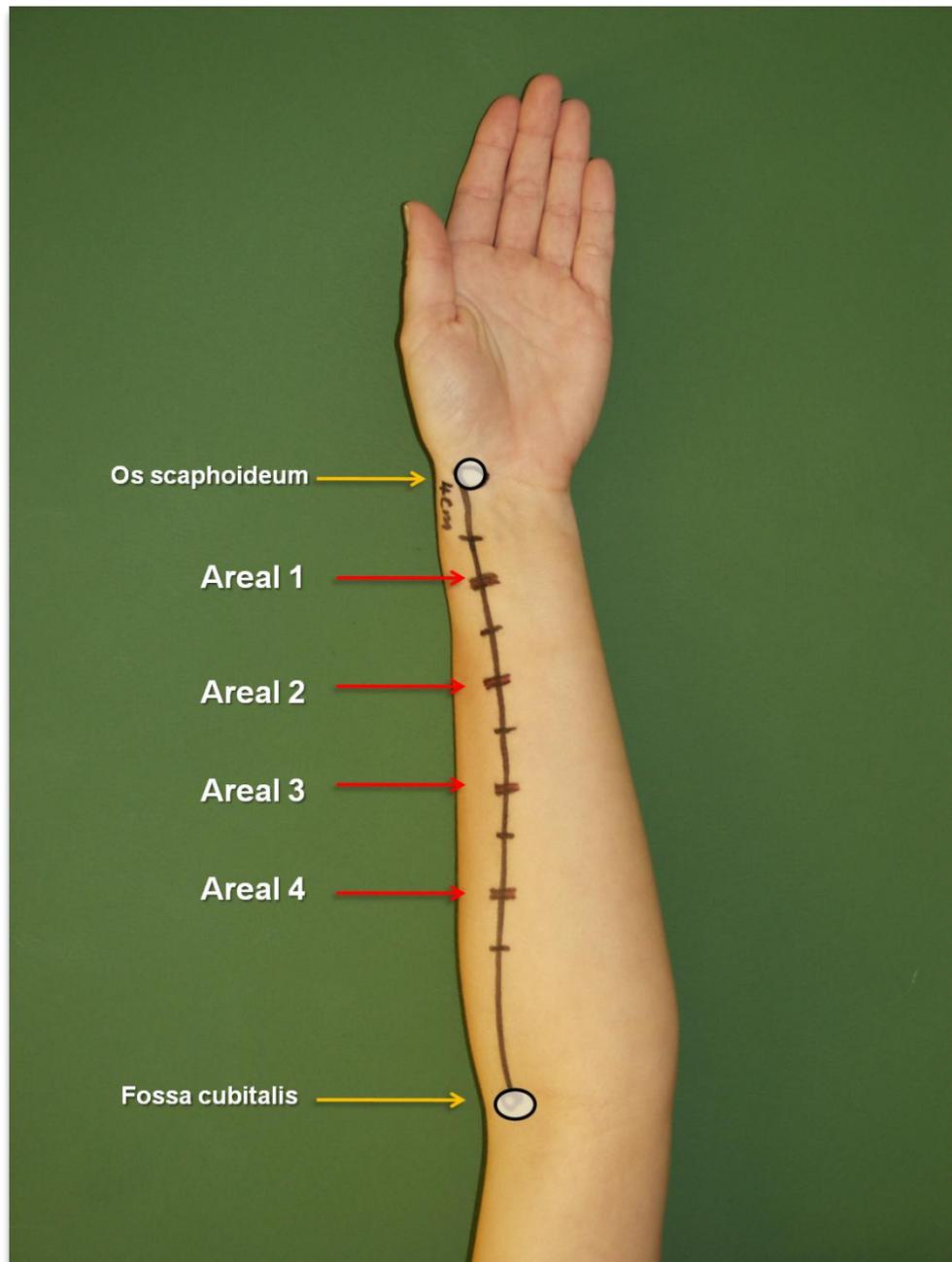


Abbildung 2.1: Lagedarstellung der Messareale des Radialistransplantates des linken Unterarmes. Markiert ist der gedachte Verlauf der Arteria radialis von der Ellenbeuge zwischen den Mm. brachioradialis et flexor carpi radialis in Richtung Tuberculum ossis scaphoidei. Das erste Messareal wurde 6 cm proximal des Os scaphoideum festgelegt, alle weiteren Areale folgen in jeweils 4 cm Abstand proximalwärts.

2.1.2.2 Das Ulnaristransplantat.

Das Ulnaristransplantat ist ein weiteres mikrochirurgisches Transplantat, das vom Unterarm entnommen werden kann. Es wurde 1984 von Lovie erstbeschrieben und zeichnet sich noch mehr als das Radialistransplantat durch seine vorteilhafte Textur, unauffällige Hebungsstelle bei vergleichbarer Entnahmedefektmorbidität aus (8-9, 35-39). Das Ulnaristransplantat wird in der Regel als septokutaner Lappen präpariert und eignet sich insbesondere zur Deckung von Mundschleimhaut- oder Zungendefekten. Durch seine zarte Haut, und vor allem die seltene Behaarung und relativ geringe Hornschicht ist dieses Transplantat auch im Hinblick auf die der Tumorchirurgie nachfolgenden präprothetischen Rehabilitationsmaßnahmen wertvoll (40-43).

Eine wichtige anatomische Variante, die bei der Hebung des Ulnaristransplantates bedacht werden muss, ist ein superfizieller Verlauf des Gefäßes, der in ca. 4 - 6 % der Patienten, dann häufig beidseits, vorgefunden werden kann. Wird dies rechtzeitig erkannt und das Gefäß geschont, ist dennoch eine sichere Hebung, Anastomosierung und Einheilung des Transplantates zu erwarten (44-46).

Analog zum Radialistransplantat kann auch das Ulnaristransplantat in verschiedenen Höhen des Unterarmes gehoben werden, wobei die distale Region den längsten Gefäßstiel und die zarteste, dünnste und haarloseste Haut bietet. Demzufolge wird für intraorale Rekonstruktionen eine Transplantatgewinnung aus der distalen Region bevorzugt.

Dem Verlauf der Arteria ulnaris folgend wurden auch für dieses Transplantat vier Messareale definiert, an denen je drei Messungen durchgeführt wurden (siehe Abb. 2.2). Der zentrale Messpunkt wurde stets auf das ulnare Gefäßbündel zentriert.

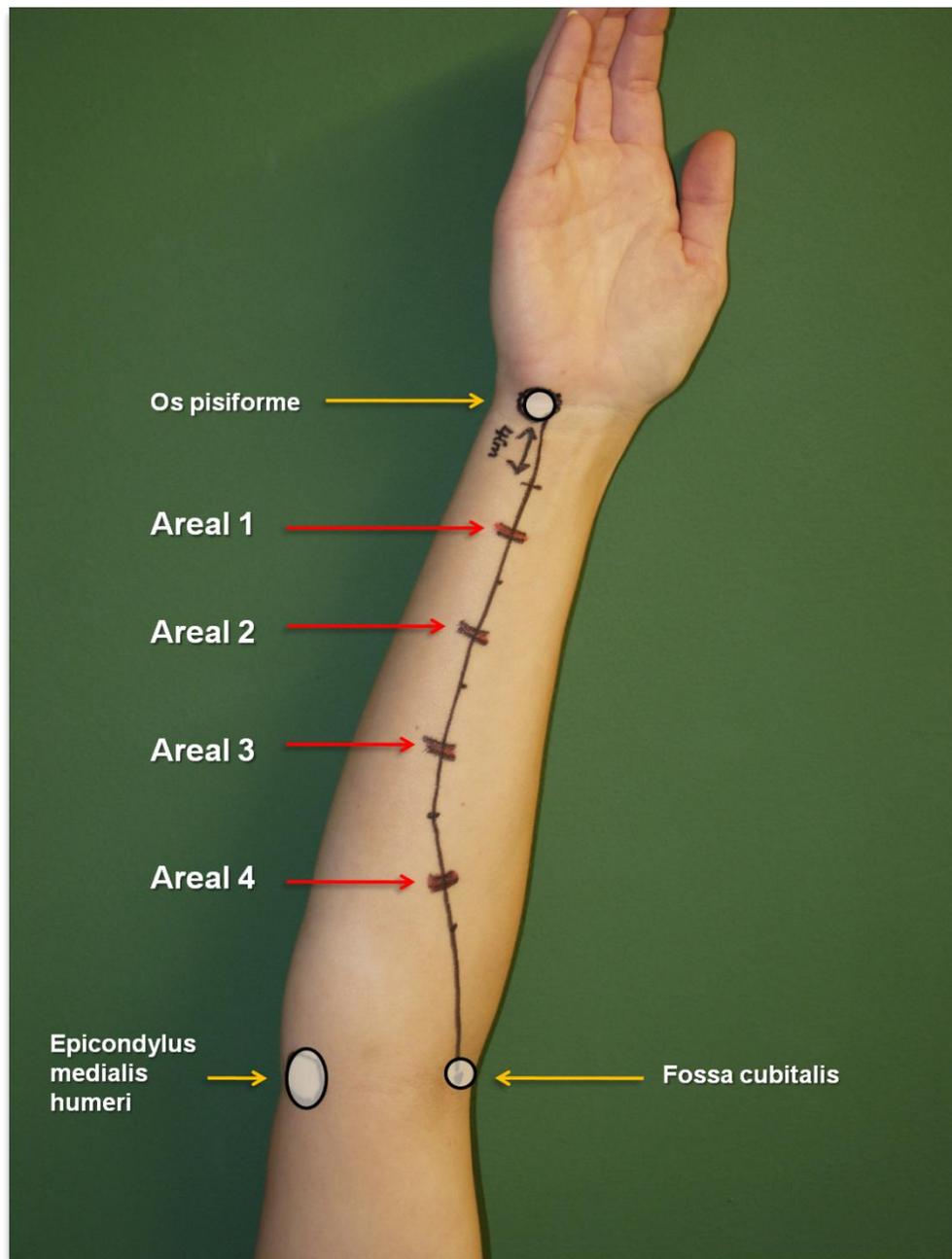


Abbildung 2.2: Lagerdarstellung der Messareale des Ulnarstransplantates des rechten Unterarmes. Markiert ist der gedachte Verlauf der Arteria ulnaris. Zunächst wird vom Epicondylus medialis zum Os pisiforme eine Linie gezogen, die gedrittelt wird. Das proximale Drittel dieser Linie ist dem Verlauf der A. ulnaris entsprechend auf die Fossa cubitalis ausgerichtet. Das erste Messareal wurde 6 cm proximal des Os pisiforme festgelegt, alle weiteren Areale folgen in jeweils 4 cm Abstand proximalwärts.

2.1.2.3 Das Paraskapulartransplantat

In der Region des Schulterblattes eignen sich zwei weitere Transplantate zur Entnahme, das Paraskapulartransplantat und das Skapulatransplantat.

Das Paraskapulartransplantat wurde von Nassif et al. 1982 erstbeschrieben, wobei der deszendierende kutane Ast der Arteria circumflexa scapulae als versorgendes Gefäß genannt wurde (47). Die Arteria circumflexa scapulae geht nach Abzweigung der Arteria thoracodorsalis aus der Arteria subscapularis hervor, die ihrerseits einen Ast der Arteria axillaris darstellt.

Das Paraskapulartransplantat wird als Transplantat mittlerer Dicke beschrieben, welches eine üblicherweise haarlose, der Textur der Gesichts- und Halshaut ähnliche Beschaffenheit aufweist. Das Paraskapulartransplantat bietet zudem die Möglichkeit, ein großes, bis 30 x 15 cm messendes Haut- und Fettgewebsareal zum Verschluss relativ großer und tieferer Defekte zu heben (48). Besonders hervorzuheben ist, dass auch bei ausgedehnten Transplantaten der Entnahmedefekt in der Regel primär durch Hautmobilisation verschlossen werden kann, was unter anderem zu einer geringen Entnahmedefektmorbidität führt (49).

Durch Modifikation oder Kombination mit dem Skapulalappen und dem Latissimus-dorsi-Lappen lassen sich sehr große Defekte mit einem bedarfsweise osteoseptokutanen Transplantat decken (50-52). Des Weiteren weist der bis zu 10 cm lange Gefäßstiel eine geringe anatomische Variabilität auf, sodass über ein dichtes Netz von Perforatorgefäßen eine sichere Durchblutung des Transplantates gewährleistet ist. Nachteil der Schultertransplantate ist, dass bei einer Operation in der Kopf- / Halsregion eine intraoperative Umlagerung des Patienten erfolgen muss. Es resultieren infolgedessen eine längere OP- Zeit und anästhesiologische Risiken für den Patienten (53).

Beim Paraskapulartransplantat wurden für jede Körperseite drei Messareale zu je drei Messpunkten definiert (s. Abb. 2.3), wobei zuvor Lage und Verlauf der Gefäßversorgung der Schulter markiert wurden (s. Abb. 2.4).

Gemessen wurde die Distanz von der Hautoberfläche bis zur Schulter- bzw. Rückenmuskulatur. Eine explizite Darstellung des arteriellen Hautastes erfolgte nicht.

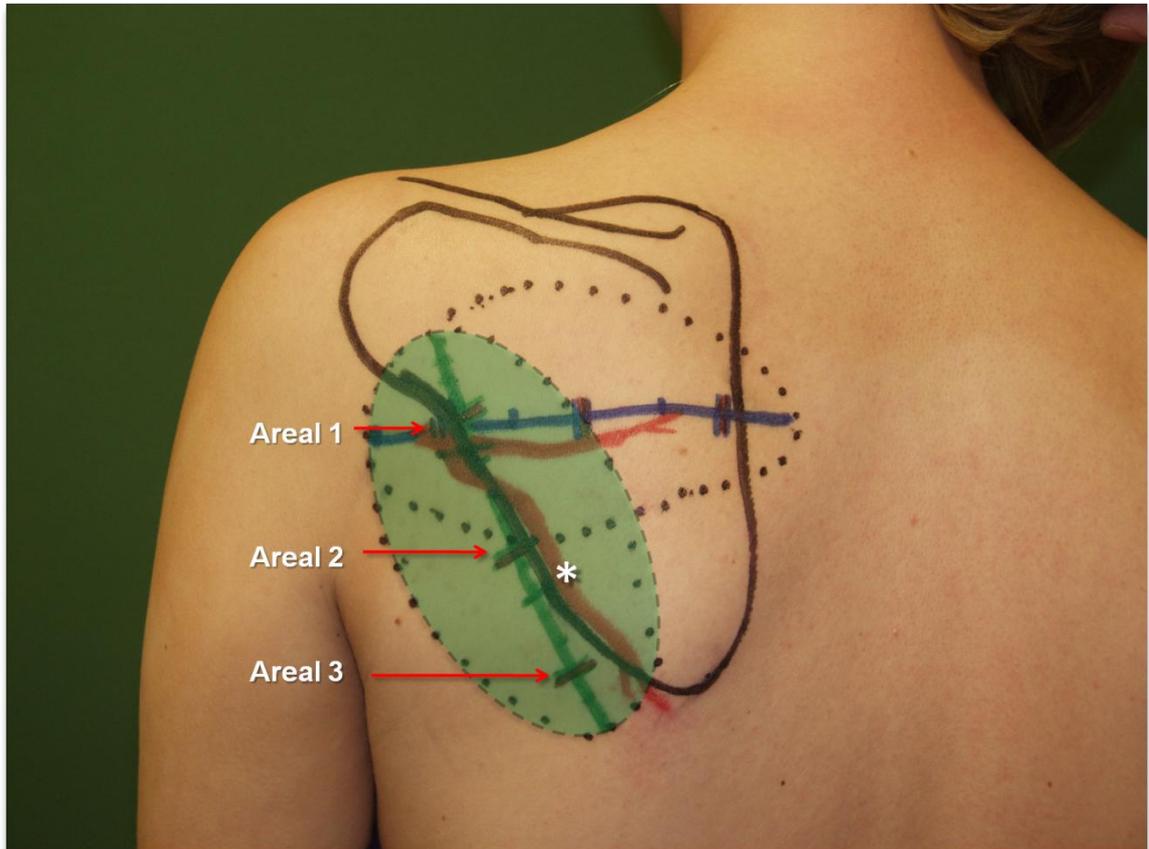


Abbildung 2.3: Lagedarstellung der Messareale des Paraskapulartransplantates der linken Schulter. Ein Stern (*) markiert den in Rot eingezeichneten, gedachten Verlauf des absteigenden kutanen Astes der A. circumflexa scapulae. Auf der grünen, nach kaudal verlaufenden Achse sind die drei Messareale des als grüne Fläche eingezeichneten Paraskapulartransplantates markiert. Das erste Messareal liegt 1 cm kranial der Stelle, an der die A. circumflexa scapulae den lateralen Rand des Schulterblattes umgreift. Die beiden weiteren Messareale folgen kaudal in einem Abstand von 4 cm.

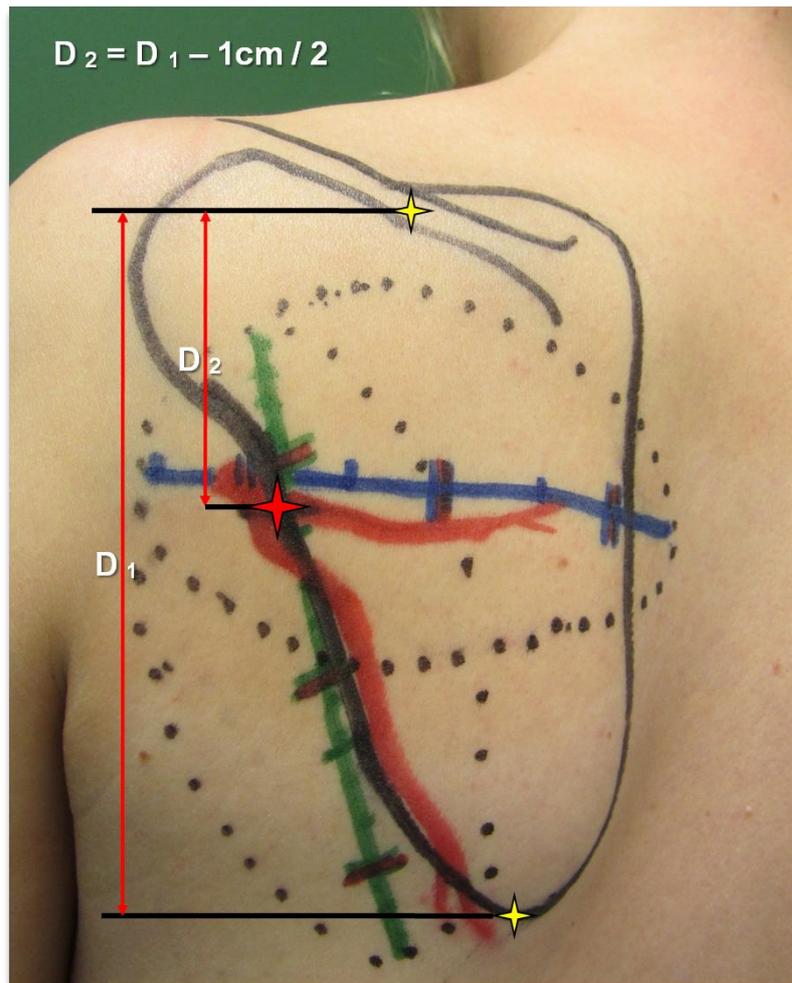


Abbildung 2.4: Darstellung der Bestimmung der Lage der A. circumflexa scapulae der linken Schulter. Die gelben Sterne markieren kranial die Mitte der Spina scapulae, kaudal den Angulus inferior. Von der Distanz (D_1) zwischen diesen beiden Punkten wird 1 cm subtrahiert. Dann wird der resultierende Wert halbiert und ergibt die Distanz D_2 . Der Austrittspunkt der A. circumflexa scapulae wird definiert, indem die Distanz D_2 von der Mitte der Spina scapulae, lotrecht nach kaudal geführt, am lateralen Rand der Scapula aufgetragen wird (roter Stern). Abbildung modifiziert nach Strauch und Yu (4).

2.1.2.4 Das Skapulatransplantat

Das Skapulatransplantat, ein weiteres mikrochirurgisches Transplantat der Schulterregion, wurde ebenfalls zu Beginn der achtziger Jahre entwickelt, wobei die erste Transplantation 1979 stattfand (54). Bereits 1982 berichteten Hamilton und Morrison von der klinischen Anwendung sowie von Vor- und Nachteilen des neuen Transplantates (53). Während das im vorherigen Abschnitt vorgestellte Paraskapulartransplantat vom absteigenden vertikalen Hautast der A. circumflexa scapulae versorgt wird, so wird das Skapulatransplantat vom transversalen kutanen Ast dieses Gefäßes versorgt. Die A. circumflexa scapulae tritt aus einer Muskellücke medial des langen Bauches des Trizepsmuskels zwischen den Mm. teres minor und teres major nach dorsal aus der Achselhöhle heraus. Das resultierende Transplantat liegt horizontal über der Dorsalfläche des Schulterblattes (1, 4). Das Skapulatransplantat kann als Haut- und Fettgewebslappen entnommen werden, welches auch bei adipösen Patienten eine relativ dünne Schicht subkutanen Fettgewebes aufweist (55). Da von der A. circumflexa scapulae auch ein Ast zum laterokaudalen Rand des Schulterblattes abzweigt, kann auch ein osteokutanes Transplantat, beispielsweise zur Rekonstruktion des Unterkiefers bei knöchernen Defekten, gehoben werden (56). Durch Kombination mit benachbarten Lappen oder gar anderen Geweben bietet das Skapulatransplantat viele rekonstruktive Optionen zur Versorgung ausgedehnter Defekte der Kopf- / Halsregion (57-60) an.

Der Entnahmedefekt kann wie auch beim Paraskapulartransplantat zumeist direkt verschlossen werden (53, 55).

Die ebenfalls bereits erwähnte geringe anatomische Variabilität der A. circumflexa scapulae und ihrer Äste machen das Skapulatransplantat, ob septokutan oder osteokutan, zu einer sicheren chirurgischen Alternative (61).

Nachteil auch bei diesem Schultertranspalantat ist die Notwendigkeit der intraoperativen Umlagerung des Patienten.

Beim Skapulatransplantat wurden entsprechend der morphometrischen Untersuchung des Paraskapulartransplantates für jede Körperseite drei Messareale zu je drei Messpunkten definiert (siehe Abb. 2.4).

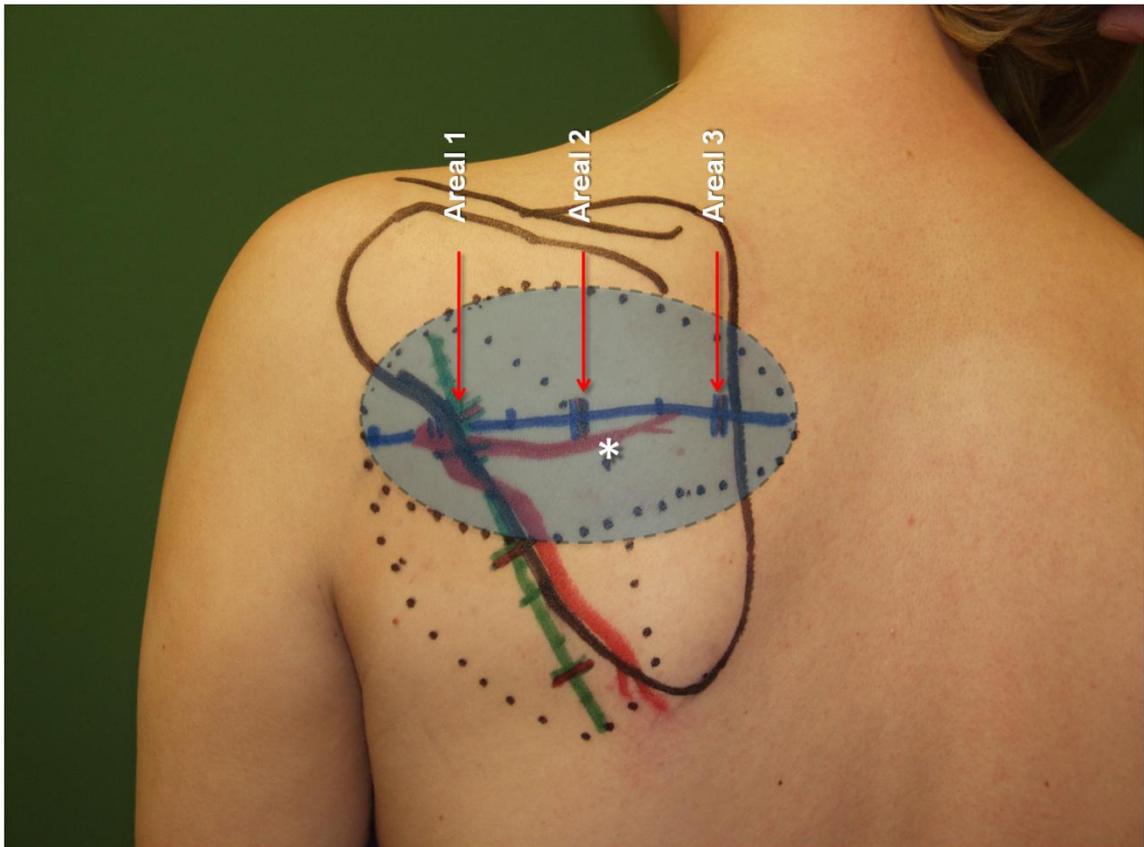


Abbildung 2.5: Lagedarstellung der Messareale des Skapulatransplantates der linken Schulter. Ein Stern (*) markiert den in Rot eingezeichneten, gedachten Verlauf des absteigenden kutanen Astes der A. circumflexa scapulae. Längs der transversal verlaufenden blauen Achse sind die drei Messareale des als blaue Fläche eingezeichneten Skapulatransplantates markiert. Das erste Messareal liegt 1 cm lateral der Stelle, an der die A. circumflexa scapulae den lateralen Rand des Schulterblattes umgreift. Die beiden weiteren Messareale folgen nach medial in einem Abstand von jeweils 4 cm. Das Schulterblatt ist durchgehend schwarz umrandet skizziert.

2.1.2.5 Das ALT-Transplantat

Der anterolaterale Oberschenkellappen (engl.: anterolateral thigh flap, ALT) hat sich im Laufe der Jahre nach seiner Erstbeschreibung durch Song und Mitarbeitern im Jahre 1984 zu einem wichtigen Transplantat der rekonstruktiven Chirurgie entwickelt (62-63). Das Transplantat wird am Ramus descendens der A. circumflexa femoris lateralis gestielt entnommen.

Dieses Gefäß, das seinerseits aus der A. femoralis profunda oder seltener direkt aus der Femoralarterie abzweigt, gibt im Verlauf nach kaudal mehrere kleine Äste zur Hautoberfläche ab (64). Diese Äste verlaufen entweder durch ein bindegewebiges Septum zwischen M. rectus femoris und M. vastus lateralis oder penetrieren den M. vastus lateralis und die Fascia lata auf ihrem Weg oder es liegt eine septomuskuläre Mischform vor (65). Das ALT- Transplantat ist somit ein klassischer Perforatorlappen. Demzufolge kann der ALT- Transplantat als Haut- und Fettgewebstransplantat, auch in Kombination mit einem Anteil des M. vastus lateralis oder ausschließlich als Muskellappen präpariert werden (66-68). Daher ist der ALT- Lappen für Rekonstruktionen unterschiedlichster Körperregionen geeignet (69). Zudem zeichnet sich dieses Transplantat durch seine gute Lage, leichte Erreichbarkeit und geringe Entnahmedefektmorbidität aus (70-73). Auch nach Hebung eines großen Transplantates kann der resultierende Defekt meist primär verschlossen werden, wenn die Transplantatbreite nicht 16 % des Oberschenkelumfangs überschreitet (74).

Der wesentliche Nachteil des ALT- Lappens liegt in seiner Gefäßversorgung begründet. Zusätzlich zu den oben beschriebenen variablen Perforatorverläufen, die der Operateur bei der Transplantathebung ohnehin berücksichtigen muss, existieren auch für den arteriellen Lappenstiel zahlreiche Varianten und Verläufe (75-77).

Ungefähr in der Mitte der Linie von Spina iliaca anterior superior und der Lateralseite der Patella ist zumeist der Hauptperforator des ALT- Lappens anzutreffen und diktiert dadurch die Entnahmestelle.

Da diese Studie sich lediglich mit der septokutanen Variante des ALT-Lappens beschäftigt, wurden in dieser Region (s. Abb. 2.6) vier Areale definiert, an

denen mit jeweils drei Messpunkten die Distanz von Hautoberfläche zur Muskeloberfläche gemessen wurde. Für die vorliegende Arbeit wurde die Dicke von Haut mit subkutanem Fettgewebe gemessen.

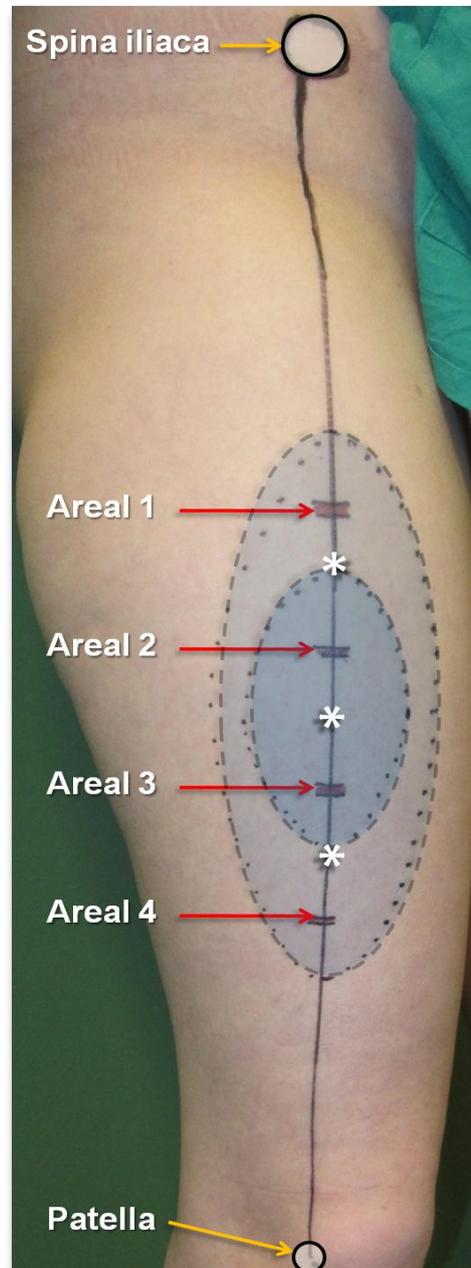


Abbildung 2.6: Lagedarstellung der Messareale des ALT- Transplantates des rechten Beines. In der Mitte einer Linie von der Spina iliaca anterior superior bis zur lateralen Patellakante wird der Hauptperforator des ALT-Lappens erwartet. Jeweils 2 und 6 cm proximal und distal des Mittelpunktes wurden die vier Messareale definiert. Die innere dunkelblaue Fläche markiert die ungefähre Ausdehnung des am Hauptperforator gestielten ALT-Transplantates, während in Hellblau die maximale Fläche unter Nutzung der beiden ca. 5 cm proximal und distal gelegenen Perforatoren gekennzeichnet ist. Die angenommene Lage der Perforatoren ist jeweils mit einem Stern (*) markiert.

2.1.2.6 Das osteoseptokutane Fibulatransplantat

Während Taylor und Mitarbeiter 1975 den ersten Fibulatransfer am Menschen durchführten und erfolgreich den Tibiaschaft der Gegenseite rekonstruierten, so bezeichnete Hidalgo 1989 das Fibulatransplantat als neue Methode der Mandibularekonstruktion (78). Seine Charakterisierung der Qualitäten des Fibulatransplantates gilt nahezu vollständig bis heute. Das Fibulatransplantat stellt genug Knochen zur Verfügung, um nahezu jede Defektgröße zu überbrücken. Durch multiple Osteotomien kann die Kontur der Mandibula modelliert werden (79). Die Entnahmemorbidity des ossären Transplantates wird allgemein als gering bewertet (80-82). Mit dem Knochentransplantat kann eine Hautinsel gehoben werden, sodass z.B. nach Tumorresektion im Untergesichtsbereich auch der intraorale Weichgewebsdefekt sicher verschlossen werden kann (83-84). Zudem kann die Hautinsel des osteoseptokutanen Fibulatransplantates während der initialen Heilungsphase auch zum Monitoring der Transplantatvitalität dienen. Gestielt ist das Fibulatransplantat an der A. fibularis (synonym A. peronea), einem Ast der A. tibialis posterior. Um eine Minderperfusion oder gar Nekrose des Fußes zu vermeiden, muss präoperativ eine sichere Blutversorgung der unteren Extremität, beispielsweise mit Hilfe einer Angiographie, verifiziert werden (85-86). Die Länge des Fibulatransplantates ist dadurch beschränkt, dass zur Gewährleistung der Stabilität des Sprunggelenkes die distalen 8 cm des Wadenbeines in situ belassen werden müssen. Dennoch kann üblicherweise ein 22 bis 25 cm langes Stück entnommen werden (4). Die Hautinsel kann maximal 10 cm Breite und 20 cm Länge betragen, der resultierende Sekundärdefekt wird zumeist durch ein avaskuläres Hauttransplantat verschlossen (1, 80, 83).

Es wurden vier Messareale im Bereich der möglichen Ausdehnung einer Hautinsel des Fibulatransplantates definiert, an denen je 3 Messpunkte registriert wurden. Begonnen wurde an einem Punkt etwa 8 cm proximal des Malleolus lateralis. Danach folgen in 4 cm Abstand die Messareale (s. Abb. 2.7).

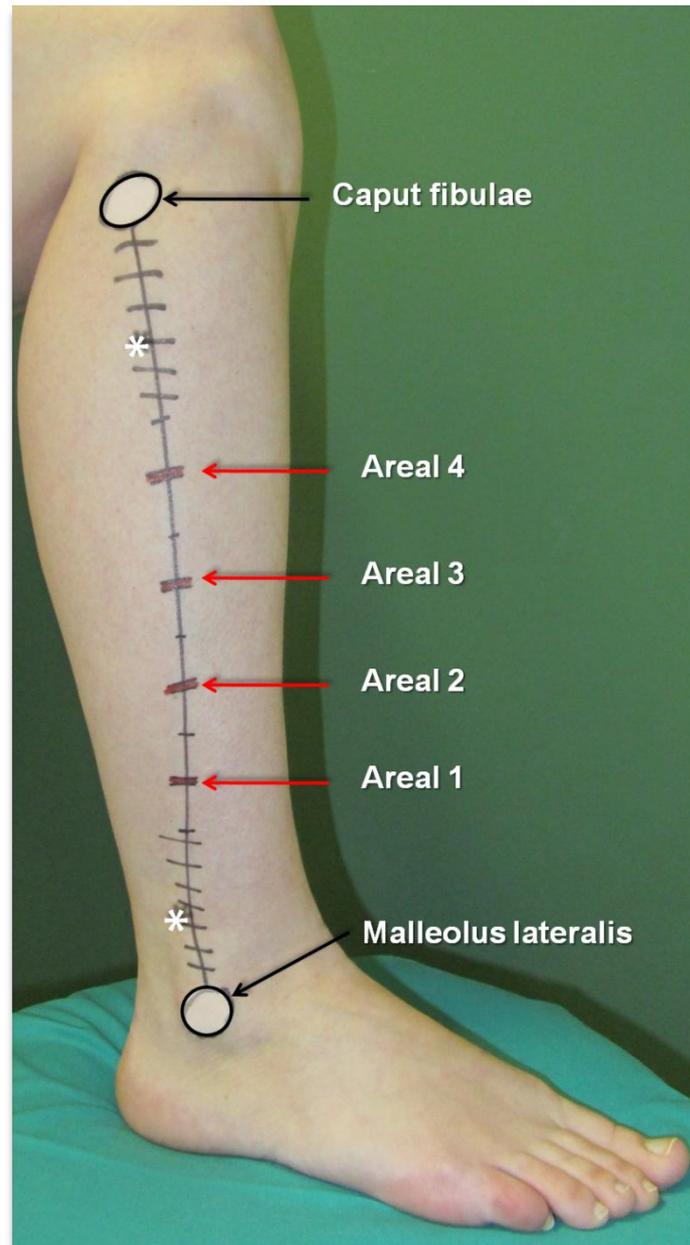


Abbildung 2.7: Lagedarstellung der Messareale der Hautinsel des Fibulatransplantates des rechten Unterschenkels. Auf einer Linie vom Fibulaköpfchen bis zum Malleolus lateralis sind mit Sternchen (*) die bei Transplantathebung in situ verbleibenden Fibulaanteile markiert. Distal sind dies 8 cm. Das erste Messareal folgt nach 2 cm, alle weiteren nach jeweils 4 cm und schließen so eine maximale Hautinsellänge von 16 cm ein.

2.1.3 Sonographiegerät und Aufnahmetechnik

Zur Untersuchung wurde ein Sonographiegerät der Firma General Electrics, Modell Logiq P6[®] verwendet. Der verwendete Schallkopf war ein 4,5 cm (1 $\frac{3}{4}$ Zoll) Kopf mit flachem Transducer (Modell 11L). Es wurde das Sonographiegel Sonosid[®] der Firma Asid Bonz GmbH verwendet. Die Bilder wurden mit Hilfe eines Thermodruckers der Firma Sony, Modell UP-D897 auf entsprechendem Papier (Artikelnummer UPP110HD) ausgedruckt. Probandennamen wurden nicht erfasst.

Allgemein wurden in jeder Transplantatregion mehrere Messareale definiert. Diese wurden auf der Haut des jeweiligen Probanden mit wasserfestem Stift markiert (siehe Abb. 2.1 ff.). Pro Messareal wurde an jeweils drei Messpunkten die Distanz von der Hautoberfläche zum versorgenden Gefäßbündel bzw. zur Grenze zwischen Fettgewebe und Muskelschicht gemessen. Es wurde Sorge getragen, stets etwa senkrecht zur Hautoberfläche zu messen, um so eine eventuelle Rundung der Extremität bzw. des Messareals auszugleichen.

Um eine Stauchung des Transplantates und dadurch fälschlicherweise verringerte Messwerte auszuschließen, wurde Sonographiegel im Überschuss auf das zu untersuchende Hautareal aufgetragen und der Schallkopf ohne Druck in Kontakt mit dem Sonographiegel gebracht. Zuvor wurde auf den Schallkopf ebenfalls Sonographiegel aufgetragen, um eine drucklose und von Luftblasen freie Ankopplung an die probandenseitige Gelschicht zu erleichtern. Die Messpunkte wurden so gewählt, dass ein Punkt in der Mitte des Ultraschallbildes liegt und die beiden äußeren Punkte jeweils auf der Hälfte relativ zur Arealoberfläche liegen. Bei einer Schallkopfbreite von 4,5 cm liegen die Messpunkte ca. 1,5 cm auseinander. Die Messung wurde üblicherweise mit einer Frequenz von 13 MHz zur Gewährleistung einer hohen Abbildungsqualität bei geringer Untersuchungstiefe durchgeführt. Nur bei hohen Lappendicken, wie beispielsweise das ALT sie regelhaft bietet, wurde die Frequenz auf 12 bis 10 MHz reduziert und der Focus entsprechend angepasst, um eine sichere Identifikation der Grenze zwischen Fett- und Muskelgewebe zu ermöglichen (siehe Abb. 2.8 ff.).

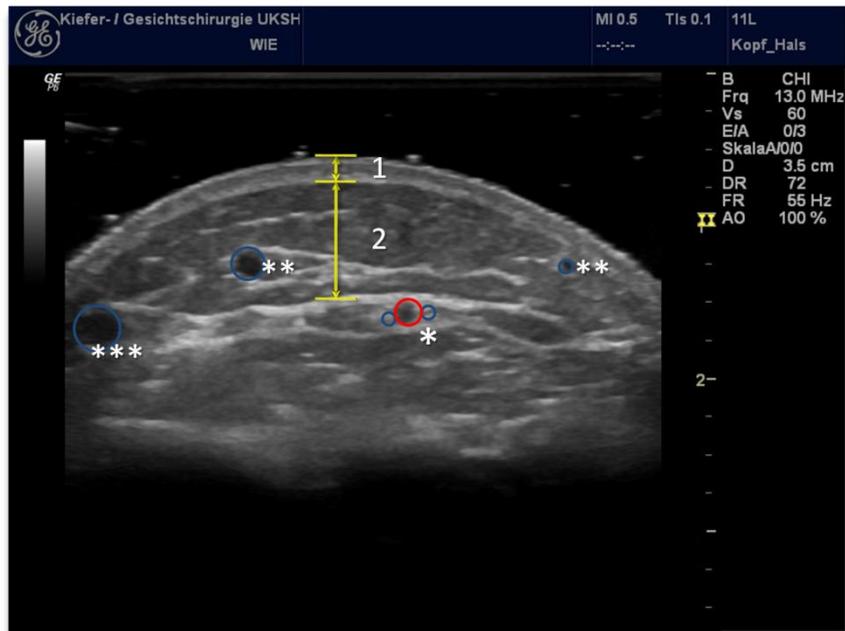


Abbildung 2.8: Modifiziertes Sonographiebild Radialistransplantat rechts.

Zur Erläuterung wurden einige Strukturen hervorgehoben. Der mit (1) gekennzeichnete Pfeil zeigt die Hautschichtdicke, der darunter liegende längere Pfeil (2) misst die Schichtdicke des subkutanen Fettgewebes von Haut bis zu den Sehnen des distalen Unterarms. Mit einem Stern (*) markiert ist das radiale Gefäßbündel, wobei die A. radialis in Rot, die komitanten Venen in Blau gefasst sind. Mit zwei Sternen sind Hautvenen, mit drei Sternen die V. cephalica antebrachii markiert.



Abbildung 2.9: Sonographiebild Radialistransplantat rechts mit eingetragenen Messpunkten. Das Areal 2 der Radialisregion des rechten Unterarmes ist mit den drei Messpunkten der Haut- und Fettschichtdicke dargestellt.

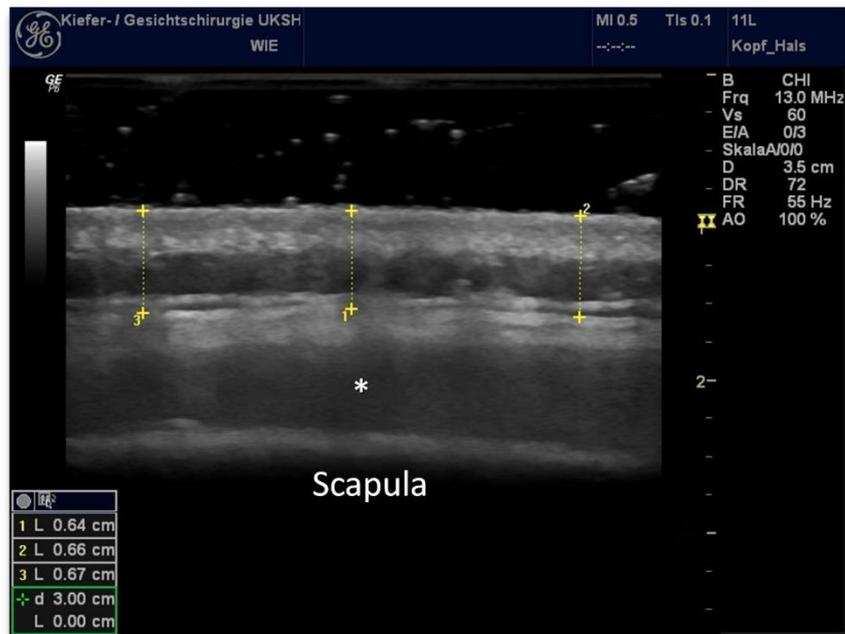


Abbildung 2.10: Sonographiebild Skapulatransplantat rechts.

Areal 3 der Skapularegion ist mit den senkrecht zur nahezu planen Oberfläche eingetragenen Messpunkten dargestellt. Mit „Scapula“ ist die echoreiche, schallschattenwerfende Struktur des Schulterblattes beschriftet. Der Stern (*) markiert den M. infraspinatus, der dorsal der Skapulafläche anliegt. Der breite schwarze Saum am oberen Bildrand ist die Schicht des im Überschuss aufgetragenen Sonographiegels.

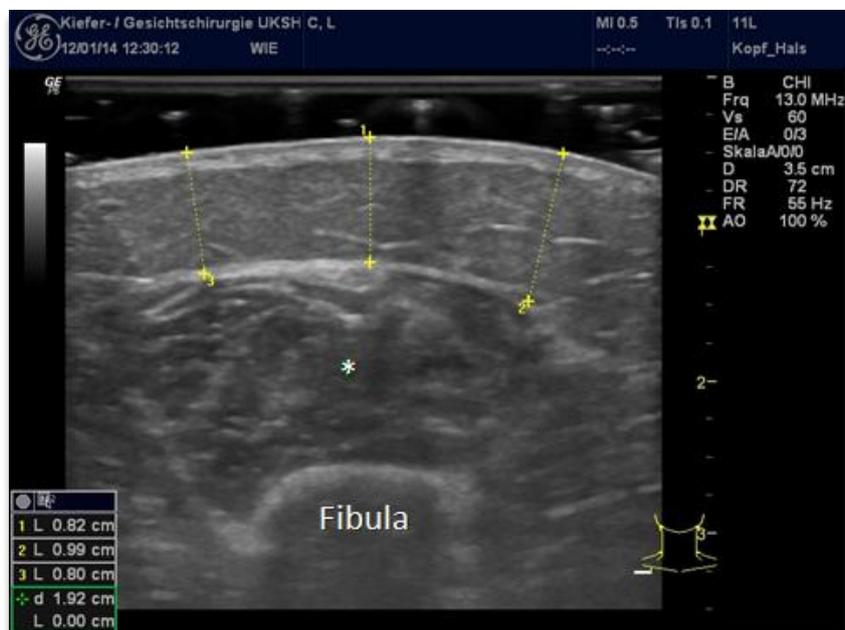


Abbildung 2.11: Sonographiebild Fibulatransplantat rechts mit eingetragenen Messpunkten. Das Areal 1 der Fibularegion des rechten Unterschenkels ist mit den drei Messpunkten der Haut- und Fettschichtdicke dargestellt. Der Stern markiert die M. fibulares longi et breves.



Abbildung 2.12: Sonographiebild ALT-Transplantat rechts Areal 2. Die drei Messpunkte des Areals 2 des ALT- Transplantates sind über dem M. vastus lateralis eingezeichnet. Die Bilder der Abbildungen 2.12 und 2.13 gehören zur gleichen Probandin.

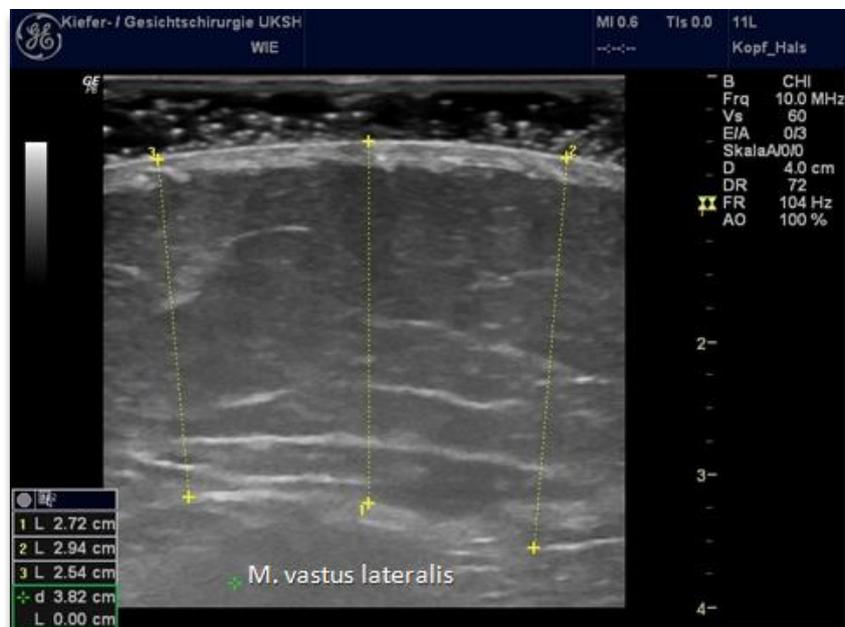


Abbildung 2.13: Sonographiebild ALT-Transplantat rechts Areal 3. Während bei den meisten Transplantaten mit einer Frequenz von 13 MHz untersucht werden konnte, so musste infolge der deutlich größeren Fettschichtdicke beim ALT-Lappen meist mit einer niedrigeren Frequenz von 10 MHz untersucht werden, um eine entsprechende Darstellung und Messung in der Tiefe zu ermöglichen. Man beachte die Zunahme der Lappendicke von Areal 2 zu 3.

Zum Datenbankmanagement wurde das Programm Excel[®] der Firma Microsoft und zur statistischen Auswertung das Programm SPSS 19[®] der Firma SPSS verwendet. Die Textverarbeitung erfolgt mit Microsoft Word[®].

Die Korrelations- und Regressionsanalysen wurden mit Hilfe von Tests durchgeführt, die vom Institut für Medizinische Biometrie und Statistik der Universität zu Lübeck empfohlen wurden. Unter anderem wurde zur Korrelationsanalyse das Verfahren nach Spearman zur Beurteilung nicht-linear zusammenhängender Variablen angewendet.

Das Signifikanzniveau wurde auf $p \leq 0,05$ festgelegt. Als hochsignifikant wurden Werte von $p \leq 0,01$, als tendenziell signifikant wurden Werte von $p \leq 0,1$ interpretiert.

3 Ergebnisse

3.1 Probandenkollektiv.

Insgesamt wurden 6 Transplantatregionen (Radialis-, Ulnaris-, Paraskapular-, Skapula-, ALT- und Fibulatransplantat) jeweils beider Körperhälften von insgesamt 122 Probanden, zusammen somit $244 * 6 = 1464$ Lappenregionen, untersucht. Die einzelnen Transplantatregionen wurden in 3 bzw. 4 Areale mit je 3 Messpunkten unterteilt, die zu einem Mittelwert für das betreffende Areal zusammengefasst wurden.

Insgesamt wurden so $((4 * 2 * 4 * 3) + (2 * 2 * 3 * 3)) * 122 = 16.104$ Messpunkte erfasst. Von diesen wurden nach Mittelwertbildung der Messareale 5.368 Werte zur Grundlage der folgenden statistischen Analyse.

Folgende Tabelle stellt die demographischen Probandendaten dar, die aus denen die Untersuchungsparameter abgeleitet wurden.

Tabelle 3.1: Verteilung der Untersuchungsparameter.

Die einzelnen Untersuchungsparameter sind in dieser Tabelle nach ihren statistischen Kenngrößen aufgeschlüsselt dargestellt. Die Angabe bezieht sich auf die Gesamtzahl von $n=122$ Probanden. Es zeigt sich ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis, knapp ein Drittel der Probanden sind Raucher, der durchschnittliche BMI liegt auf der Grenze von Normalgewicht zu Übergewicht (Grenze nach WHO: $BMI=25$), der überwiegende Teil der Probanden ist zwischen 24 und 55 Jahre alt.

	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Median
BMI	24,95	5,25	18	39,26	23,88
Alter (Jahre)	39,58	15,64	22	78	34
Raucher (Anzahl)	34				
Geschlecht (m/w)	♂60 / ♀62				

Zu Beginn der weiteren Auswertung muss zunächst beantwortet werden, ob die Analysefaktoren im Probandenkollektiv miteinander in Beziehung stehen, demzufolge abhängige Variablen darstellen. Da die Parameter Rauchen und Geschlecht nicht ordinal skaliert sind und die Vermutung besteht, dass nichtlineare Effekte vorliegen, wird die Korrelationsanalyse nach Spearman angewendet. Folgende Tabelle gibt die Korrelation der erwähnten Parameter wieder.

Tabelle 3.2: Korrelationsanalyse nach Spearman zur Beurteilung abhängiger Variablen.

Alter und BMI sind stark korreliert. Weniger starke, dennoch statistisch signifikante Korrelation besteht zwischen BMI und Geschlecht sowie Alter und Geschlecht. Rauchen korreliert hingegen nur gering mit BMI und Geschlecht.

** Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

		BMI	Alter	Rauchen	Geschlecht
BMI	Korrelationskoeffizient	1	0,770**	0,057	-0,426**
	R ²				
	Signifikanz p	-	0	0,530	0
Alter	Korrelationskoeffizient	0,770**	1	0,186*	-0,545**
	R ²				
	Signifikanz p	0	-	0,041	0
Rauchen	Korrelationskoeffizient	0,057	0,186*	1	0,026
	R ²				
	Signifikanz p	0,530	0,041	-	0,773
Geschlecht	Korrelationskoeffizient	-0,426**	-0,545**	0,026	1
	R ²				
	Signifikanz p	0	0	0,773	-

Es zeigt sich, dass die Parameter BMI und Alter stark korrelieren. Eine mögliche Erklärung für diesen Zusammenhang wäre, dass die hochgewichtigen Probanden im älteren Teil des Probandengutes überproportional vertreten sind. Aus dieser Situation lässt sich nicht bestimmen, ob BMI oder Alter der Faktor ist, der für die Lappendicke maßgeblich ist. Daher wird in der im weiteren

Verlauf folgenden Regressionsanalyse der Parameter Alter nicht mehr berücksichtigt. Da angenommen wird, dass von beiden Parametern der BMI die Lappendicke stärker beeinflusst, geht nur dieser Parameter in die weitere Analyse ein. Rauchen und BMI sowie Rauchen und Geschlecht zeigen in dieser Analyse einen geringeren Zusammenhang und können daher im weiteren Verlauf getrennt voneinander betrachtet werden.

3.2 Auswertung der Lappendicke

In der folgenden Auswertung wird zunächst die Transplantatdicke im Seitenvergleich aufgeführt. Die Ergebnisse werden mit Hilfe von Boxplot-Diagrammen für sämtliche Areale eines Lappens dargestellt. Auch eine weitere Analyse nach Geschlecht, Alter oder Tabakkonsum wurde ebenfalls durchgeführt und wird im weiteren Verlauf dargestellt.

Zu Beginn der Analyse wurden die drei Messpunkte, die pro Areal bestimmt worden sind, zu einem Mittelwert zusammengefasst. Diese Mittelwerte der Dicken der einzelnen Areale wurden der weiteren Auswertung zugrunde gelegt.

Tabelle 3.3: Kenngrößen der Transplantatdicken in cm.

Aufgeführt sind minimal und maximal gemessene Transplantatdicke in cm sowie der errechnete Medianwert. Insgesamt wurden stets für alle Transplantatregionen beide Körperseiten der 122 Probanden untersucht. Es gilt daher pro Transplantatregion n=244. Das Ulnaristransplantat zeigt sich hier als das dünnste, der ALT-Lappen als dickstes Transplantat. Man beachte, dass der septokutane Anteil des Fibulatransplantates den Werten des für intraorale Defektdeckung weit verbreiteten Radialislappens sehr ähnlich ist.

	Radialis n=244	Ulnaris n=244	Paraskapula n=244	Skapula n=244	ALT n=244	Fibula n=244
Minimum	0,34	0,28	0,40	0,38	0,72	0,36
Median	0,83	0,65	1,00	0,99	1,42	0,82
Maximum	2,10	2,02	2,73	2,14	3,91	1,95
Mittelwert	0,84	0,69	1,02	0,98	1,57	0,86

Das Radialistransplantat weist eine durchschnittliche Dicke von 0,84 cm auf. Von distal nach proximal nimmt die Lappendicke wie erwartet zu, zeigt allerdings entgegen der Erwartung nicht im proximalen Areal 4 die größte durchschnittliche und maximale Dicke, sondern im 4 cm weiter distal gelegenen Areal 3. Begründet ist dies möglicherweise darin, dass zwischen Areal 3 und 4 der Übergang vom eher sehnigen distalen in den muskulär dominierten proximalen Teil des Unterarmes liegt. Die linke Seite differiert mit einem etwas flacheren Verlauf der Zunahme der Lappendicke nach proximal. Auf beiden Seiten ist das distale Areal 1 das dünnste Areal. Die Lappendicke scheint am üblicherweise nicht dominanten linken Arm etwas geringer zu sein. Signifikante Unterschiede zur Gegenseite ergeben sich allerdings nicht (siehe Diagramme 3.1 und 3.2).

Das Ulnaristransplantat ist das dünnste untersuchte Transplantat. Es weist nicht nur den geringsten Minimalwert mit weniger als 3 mm auf, auch der Maximalwert ist bei 20 mm Dicke am geringsten. Der Mittelwert über alle Lappenareale liegt bei knapp 7 mm. Da die Standardabweichung über alle Transplantatareale ähnlich dem Minimum bei knapp 3 mm liegt, ist ihre Angabe nur eingeschränkt sinnvoll. Die Lappendicken variieren in ihrem Verlauf von distal nach proximal erheblich, wobei das distal gelegene Areal 1 die geringste Lappendicke aufweist. Die Medianwerte der Lappendicken des Ulnaristransplantates sind im Verlauf betrachtet signifikant geringer gegenüber denen des Radialistransplantates. Dies entspricht den Erwartungen für dieses Transplantat. Hingegen ähneln sich die Verläufe der Lappendicken von Radialistransplantat und Ulnaristransplantat, wenn man die Transplantate nach Seiten getrennt betrachtet. Bei Radialistransplantat und Ulnaristransplantat ist zudem das distale Areal 1 stets, teils sogar signifikant, das dünnste der Messareale.

Im Seitenvergleich ergibt sich für den Ulnarislappen kein signifikanter Unterschied, nur tendenziell ist das Ulnaristransplantat der linken Körperseite zarter (siehe Diagramme 3.3 und 3.4).

Auf die Angabe von Mittelwerten und deren Standardabweichung wurde verzichtet, da keine Normalverteilung der Messwerte .

Stattdessen wurden die Medianwerte angegeben, die die mittlere Lappendicke besser beschreiben. Die Box umfasst mit unterem und oberem Quartil die 50 Prozent der Messwerte, die um den Median verteilt sind. Als Whiskers wurde das 5 % - und das 95 % - Quantil angegeben, um die Verteilung der Extremwerte anschaulicher abzubilden.

3.2.1 Das Radialistransplantat

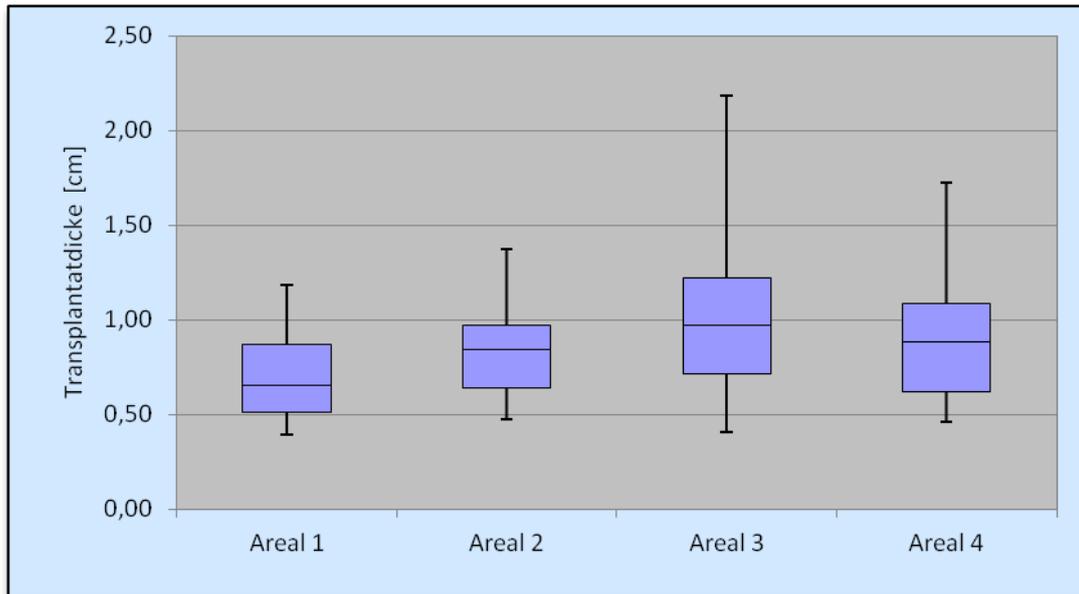


Diagramm 3.1: Darstellung der Dicke des Radialistransplantates des rechten Unterarms. Die durchschnittliche Dicke des Radialislappens nimmt nach proximal zu. Areal 3 erscheint dicker als Areal 4, möglicherweise weil zwischen Areal 3 und 4 der Übergang vom eher sehnigen distalen, in den muskulär dominierten proximalen Teil des Unterarmes liegt.

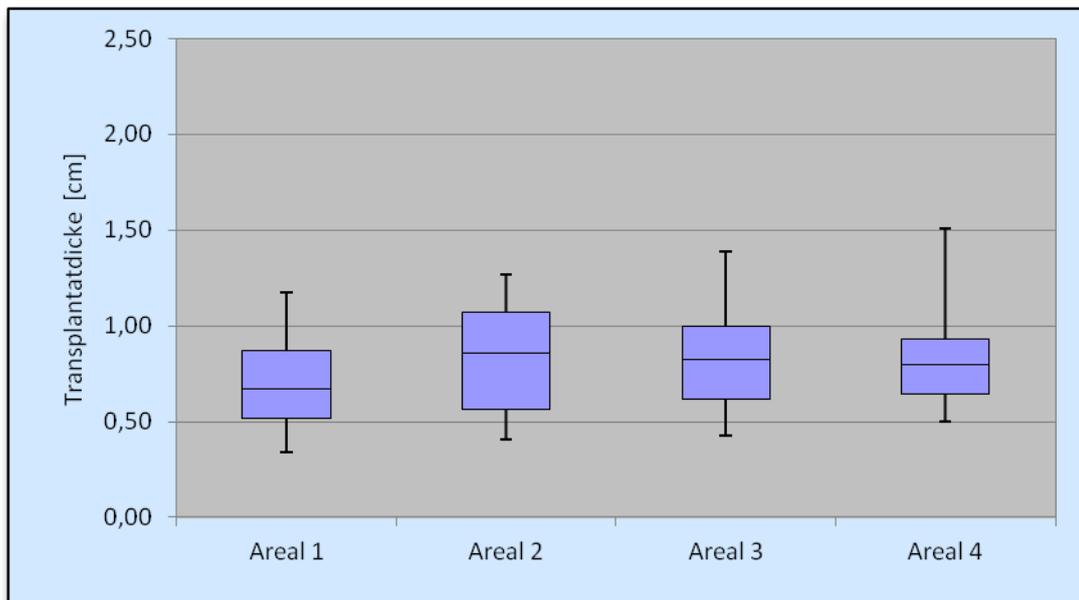


Diagramm 3.2: Darstellung der Dicke des Radialistransplantates des linken Unterarms. Verglichen mit der rechten Seite zeigt sich ein ähnlicher Verlauf. Die Lappendicke erscheint am üblicherweise nicht dominanten Arm etwas geringer zu sein. Signifikante Unterschiede zur Gegenseite ergeben sich allerdings nicht.

3.2.2 Das Ulnaristransplantat

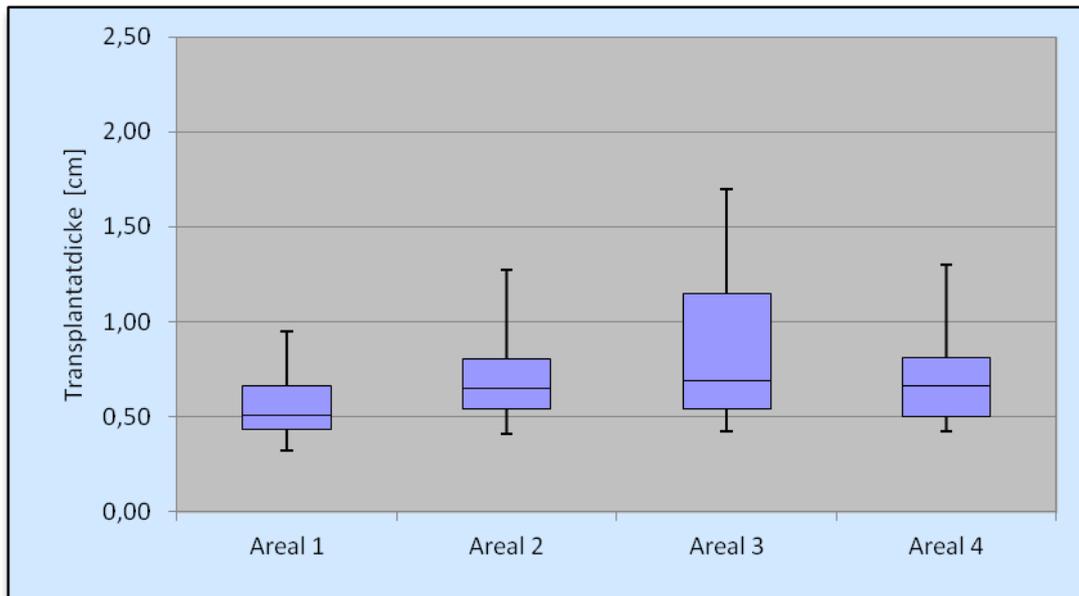


Diagramm 3.3: Darstellung der Dicke des Ulnaristransplantates des rechten Unterarms. Die Medianwerte der Areale 2 bis 4 zeigen keinen Unterschied, während nach Extremwerten betrachtet Verlauf der Lappendicken. Auch ist die Dicke im Areal 3 deutlich variabler, als in den übrigen Arealen. Verglichen mit dem Radialistransplantat ist das Ulnaristransplantat den Medianwerten folgend signifikant dünner.

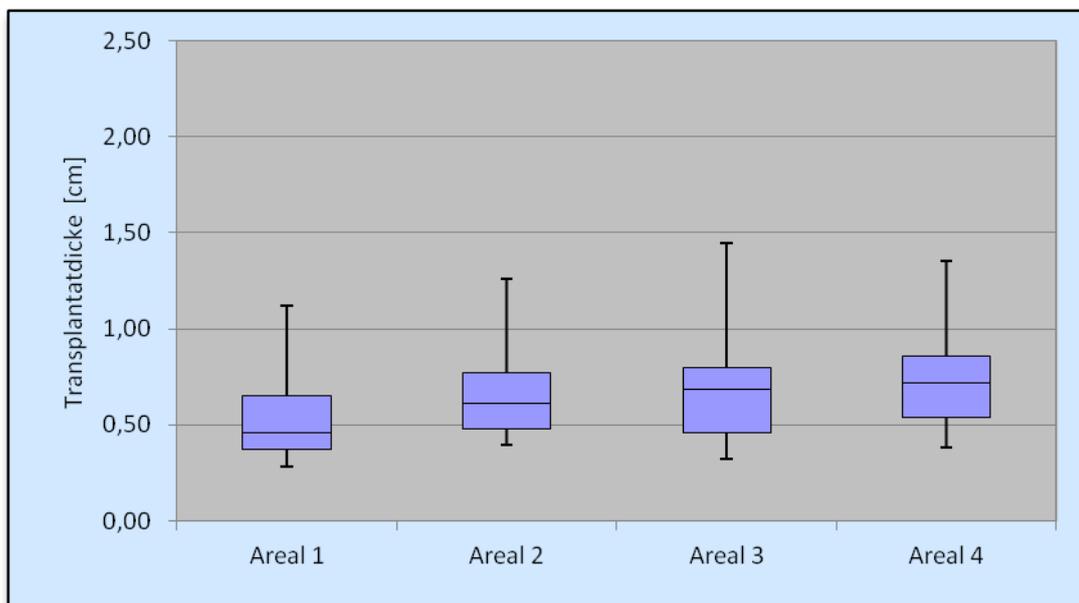


Diagramm 3.4: Darstellung der Dicke des Ulnaristransplantates des linken Unterarms. Im Seitenvergleich besteht beim Ulnarislappen kein signifikanter Unterschied. Die linke Seite zeigt jedoch geringere Abweichungen. Der geringste Minimalwert aller untersuchten Transplantate liegt beim distalen Areal 1 des linken Ulnaristransplantates.

In der Region des Paraskapulartransplantates liegt die Lappendicke bei 90% der 122 Probanden in einem Bereich um 1 cm. Die ausgeprägten Whiskers zeigen an, dass bei wenigen Probanden aber eine erhebliche Abweichung bei Extremwerten der Dicke besteht, sowohl dünner mit knapp 0,4 cm als auch erheblich dicker mit bis zu 2,7 cm Dicke. Der Paraskapularlappen ist zwar kranial tendenziell dicker als im kaudalen Areal 3, die Areale zeigen aber im Verlauf keinen signifikanten Unterschied der Dicke, auch nicht im Seitenvergleich. Kaudal ist die Dicke des Paraskapulartransplantates hingegen variabler, was den anatomischen Verhältnissen entspricht. Analog zur rechten Seite weist der Paraskapularlappen eine relativ konstante Dicke auf, von einigen, dann aber starken Ausreißern abgesehen (s. Diagramme 3.5 und 3.6).

Auch beim Skapulatransplantat liegt die durchschnittliche Dicke über die Areale betrachtet relativ konstant bei etwa 1 cm, wobei auch deutliche Abweichungen bezüglich der Extremwerte beobachtet werden können. Im Verlauf nimmt die Lappendicke vom lateralen Areal 1 zum medial gelegenen Areal 3 leicht ab, während ein zunehmender Spreizungseffekt auftritt, wodurch die Dicke im Mittel der Probanden variabler wird. Betrachtet man Median, Minimum und Mittelwert der Transplantate der Schulterregion, so gleichen sich Paraskapulartransplantat und Skapulatransplantat nahezu. Im Maximalwert der Dicke unterscheiden sich beide Transplantate jedoch, wobei das Paraskapulartransplantat Werte deutlich über 2 cm annehmen kann, während das Skapulatransplantat meist unter 1,5 cm dick ist (siehe Diagramme 3.7 und 3.8).

3.2.3 Das Paraskapular-Transplantat

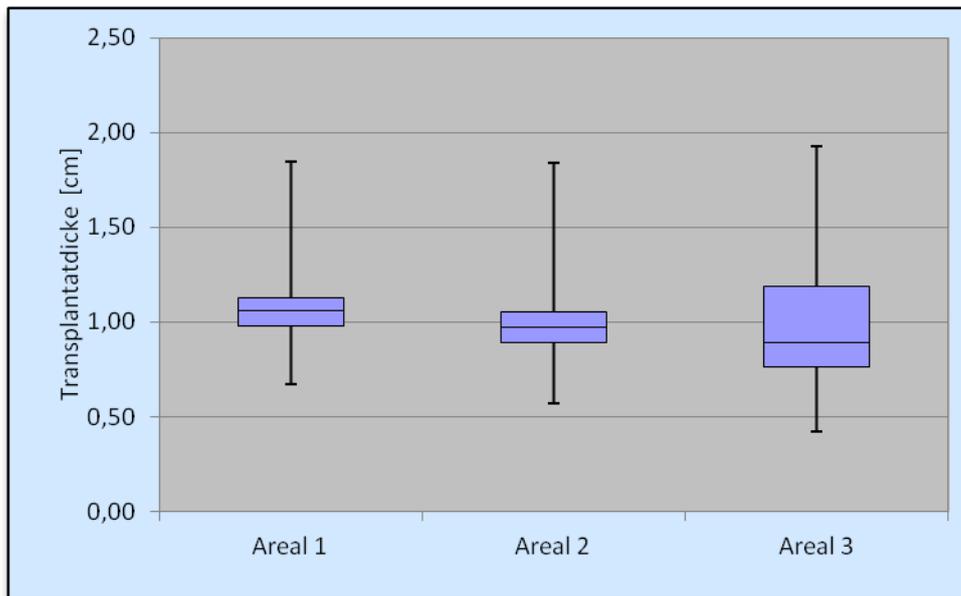


Diagramm 3.5: Darstellung der Dicke des Paraskapulartransplantates der rechten Seite. In der Paraskapularregion liegt die Lappendicke bei 90% der Probanden in einem Bereich um 1 cm. Die ausgeprägten Whiskers zeigen an, dass bei wenigen Probanden eine erhebliche Abweichung der Dicke bestehen kann. Der Paraskapularlappen ist kranial dicker, aber kaudal in seiner Dicke variabler, den anatomischen Verhältnissen entsprechend.

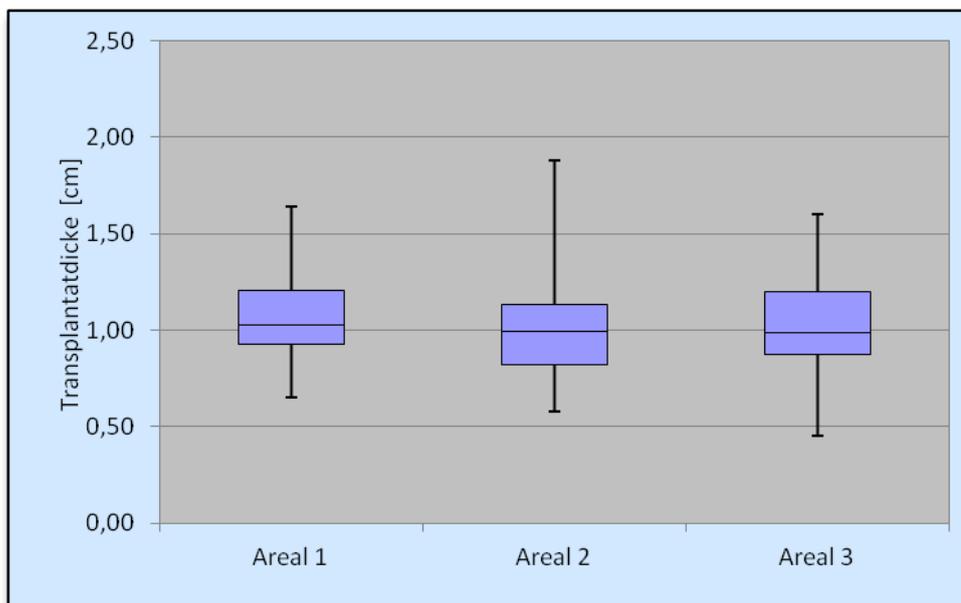


Diagramm 3.6: Darstellung der Dicke des Paraskapulartransplantates der linken Seite. Analog zur rechten Seite weist der Paraskapularlappen eine relativ konstante Dicke auf, von einigen, dann aber starken Ausreißern abgesehen.

3.2.4 Das Skapulatransplantat

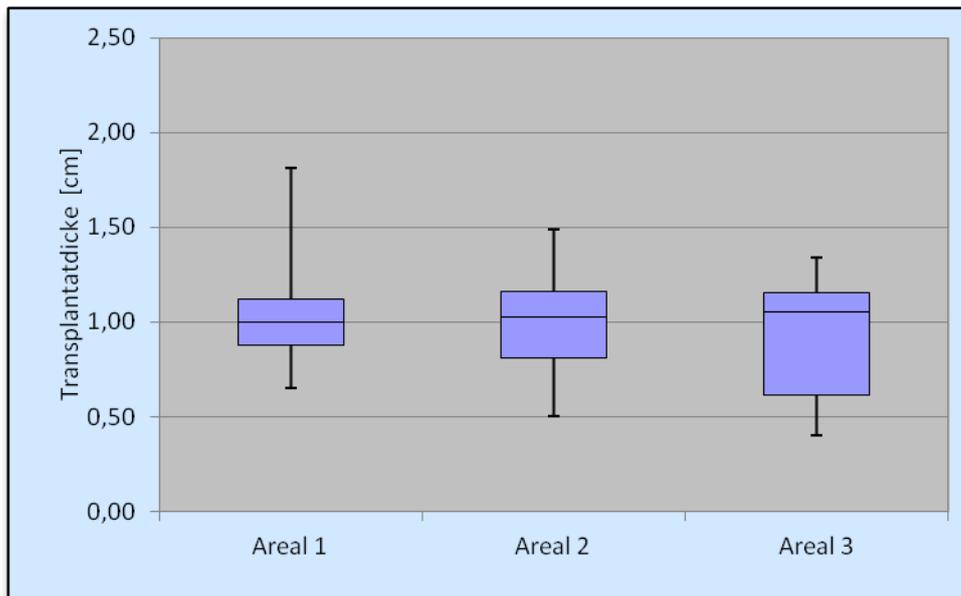


Diagramm 3.7: Darstellung der Dicke des Skapulatransplantates der rechten Seite. Der Skapulalappen weist eine ähnliche Dicke und einen ähnlichen Dickenverlauf wie der Paraskapularlappen auf. Es besteht zudem auch eine vergleichsweise konstante Dicke.

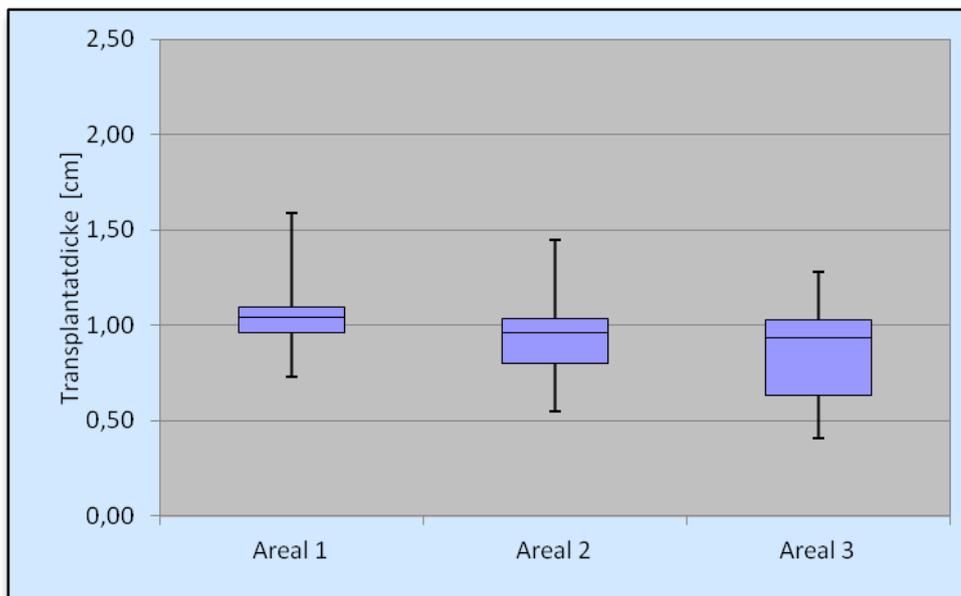


Diagramm 3.8: Darstellung der Dicke des Skapulatransplantates der linken Seite. Von lateral nach medial zeigt sich eine Abnahme der Lappendicke und Zunahme der Variabilität der Lappendicke.

Der ALT-Lappen weist von allen Transplantaten mit maximal fast 4 cm die größte Dicke auf. Allerdings liegt die mittlere Dicke des ALT-Lappens etwa zwischen 1 bis 2 cm. Der Minimalwert der Dicke des ALT-Lappens beträgt 0,74 cm, welcher im distal gelegenen Areal 1 gemessen wurde. Bei schlanken und normalgewichtigen Probanden zeigt sich eine ausgeprägte Dickenzunahme von distal nach proximal. Bei adipösen Probanden ist dies nicht zu verzeichnen, der ALT-Lappen ist in allen vier Arealen nahezu gleichmäßig dick. Im Seitenvergleich zeigt sich beim ALT-Transplantat keine Differenz, die Transplantatdicken schlanker bis adipöser Probanden sind mit der Gegenseite vergleichbar. Die kurzen unteren Whiskers zeigen eine sehr konstante Mindestdicke an, die zusammen mit den schmalen unteren Quartilen darauf hinweisen, dass der ALT-Lappen bei schlanken und normalgewichtigen Probanden einen in engen Grenzen definierten Wert zwischen 1 bis 1,5 cm annimmt. Die langen oberen Whiskers bedeuten dagegen eine erhebliche Zunahme der Dickenausprägung bei extremer Adipositas bedeuten, was besonders in den dünneren kaudalen Arealen auffällt (siehe Diagramme 3.9 und 3.10).

Der septokutane Anteil des Fibulatransplantates weist im distalen Bereich relativ geringe, im proximalen Bereich deutlich zunehmende Dicken auf. Als Minimalwert wurden 0,36 cm im distalen Areal 1 gemessen, maximal wurden fast 2 cm Dicke im weiter proximal gelegenen Areal 3 erreicht. Im Seitenvergleich lässt sich kein signifikanter Unterschied für das Fibulatransplantat nachweisen. Allerdings fällt eine relativ große Dickenvariabilität für den überwiegenden Probandenanteil besonders im proximalen Anteil auf (siehe Diagramme 3.11 und 3.12).

Die Kenngrößen der Hautinsel des Fibulatransplantat ähneln stark denen des Radialislappens. Insbesondere in den beiden distalen Arealen 1 und 2 zeigt die Hautinsel des Fibulatransplantates eine dem Radialislappen vergleichbare Dicke von 5 bis 10 mm.

3.2.5 Das ALT-Transplantat

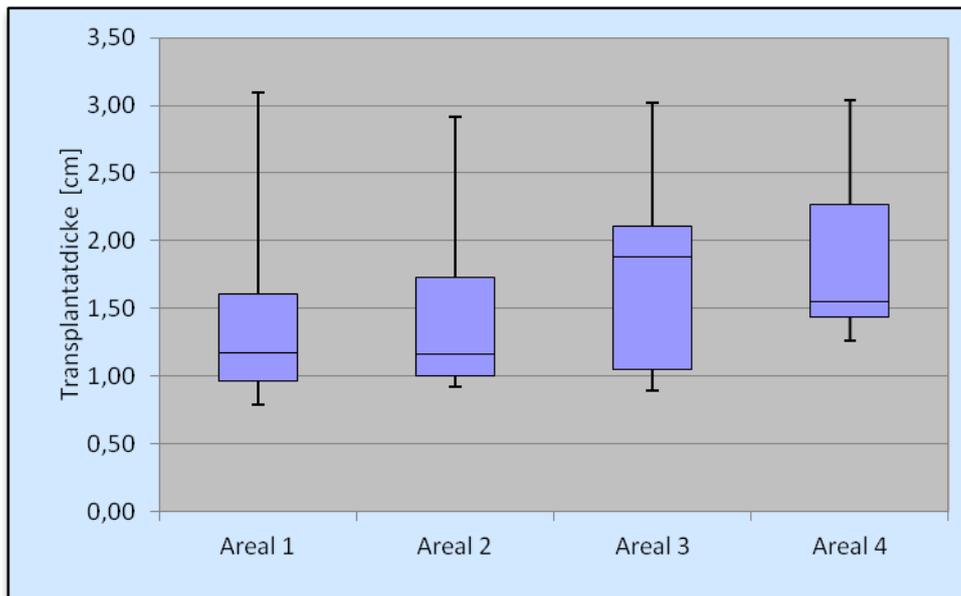


Diagramm 3.9: Darstellung der Dicke des ALT-Transplantates des rechten Oberschenkels. Der ALT-Lappen weist die größte Dicke und größte Variabilität der Dicke auf, sodass die Skalierung der Lappendicke in der Abbildung auf 3,5 cm erhöht werden musste.

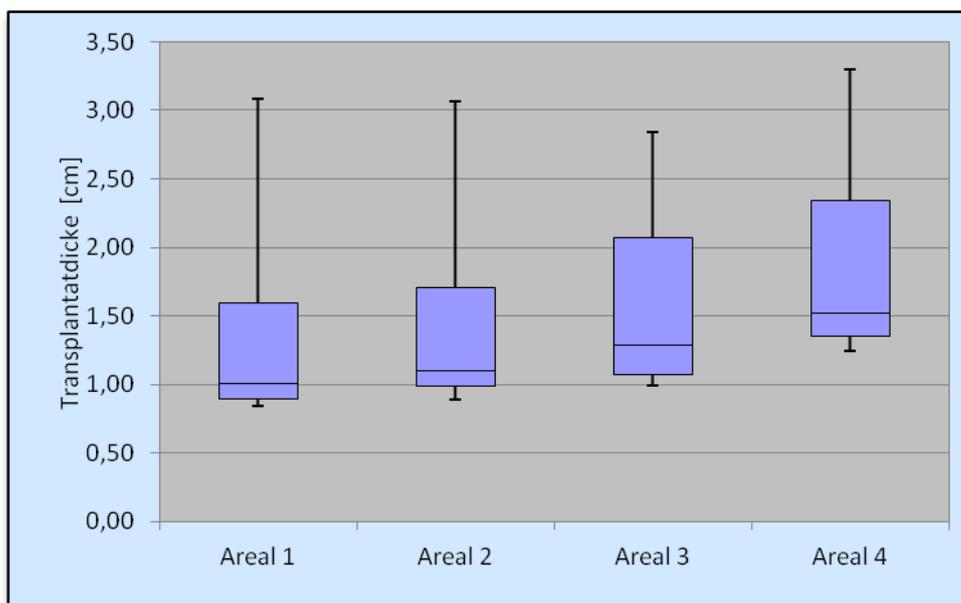


Diagramm 3.10: Darstellung der Dicke des ALT-Transplantates des linken Oberschenkels. Die Transplantatdicken sind mit der Gegenseite vergleichbar. Die kurzen unteren Whiskers zeigen zusammen mit den schmalen unteren Quartil eine recht definierte Mindestdicke an, während die langen oberen Whiskers eine erhebliche Zunahme der Dickenausprägung bei Extremwerten bedeuten, die besonders im dünneren kaudalen Anteil auffällt.

3.2.6 Das Fibula-Transplantat

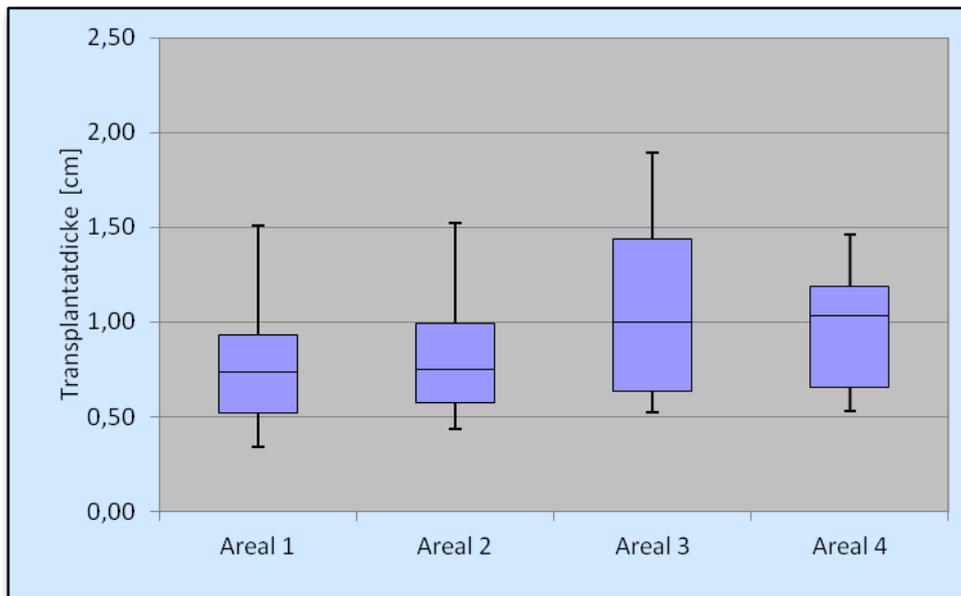


Diagramm 3.11: Darstellung der Dicke des Fibulatransplantates des rechten Unterschenkels. Der septokutane Anteil des Fibulatransplantates zeigt insbesondere in den beiden distalen Arealen eine dem Radialislappen vergleichbare Dicke, was für intraorale Rekonstruktionen berücksichtigt werden sollte.

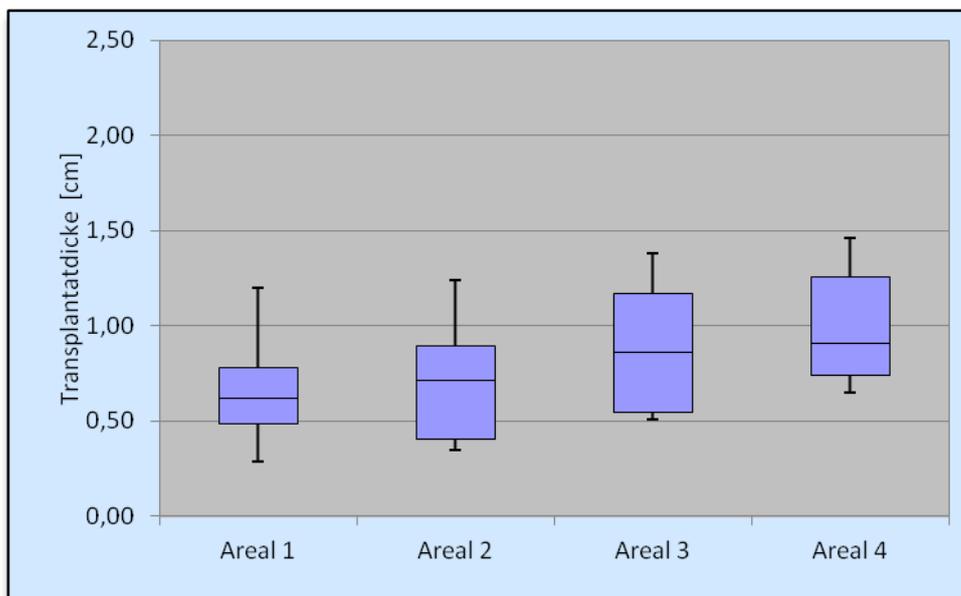


Diagramm 3.12: Darstellung der Dicke des Fibulatransplantates des linken Unterschenkels. Es besteht im Seitenvergleich kein signifikanter Unterschied für das Fibulatransplantat. Allerdings fällt eine relativ große Dickenvariabilität für den überwiegenden Probandenanteil besonders im proximalen Anteil auf.

3.3 Korrelation der Lappendicke im Seitenvergleich.

Im Folgenden soll die Frage beantwortet werden, ob und wie stark die Dicke der jeweiligen Transplantate im Seitenvergleich voneinander abweicht. Da die Variablen voneinander abhängig sind, wird die Korrelationsanalyse nach Spearman-Rho durchgeführt (s. Tabelle 3.4). Eine Aussage über die Dicke bzw. welches das dickere Areal ist, lässt diese Analyse nicht zu und wird im nächsten Teil der Arbeit erbracht.

Tabelle 3.4: Korrelationsanalyse nach Spearman.

Diese Tabelle führt die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Transplantate bezüglich ihrer Dicke im Seitenvergleich auf. Die höchste Korrelation besteht für den ALT-Lappen. Bis auf einen Ausreißer im dritten Areal gilt Ähnliches auch für die Fibula.

Korrelationskoeffizient	re/li	Areal 1	Areal 2	Areal 3	Areal 4
Radialislappen	k(rad)	0,81	0,88	0,72	0,94
Ulnarislappen	k(uln)	0,51	0,72	0,53	0,93
Paraskapularlappen	k(par)	0,78	0,71	0,88	
Skapulalappen	k(ska)	0,85	0,92	0,96	
ALT	k(alt)	0,92	0,96	0,89	0,97
Fibula	k(fib)	0,93	0,96	0,74	0,91

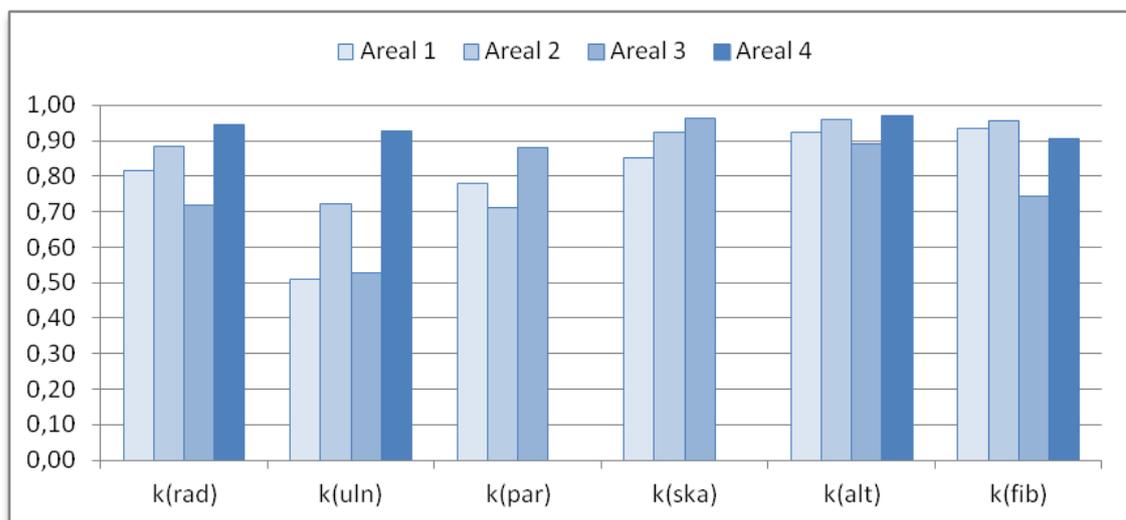


Diagramm 3.13: Darstellung der Korrelationskoeffizienten des Seitenvergleiches der einzelnen Transplantate. Diese Graphik stellt die in Tabelle 3.4 aufgeführten Werte aller Korrelationskoeffizienten dar. Der Ulnarislappen zeigt die geringste Korrelation. Allerdings korrelieren die Dicken aller Transplantatareale signifikant ($p=0,01$) mit denen der Gegenseite.

3.4 Regressionsanalysen

Zur Bewertung der Einflussfaktoren BMI, Rauchen und Geschlecht wurde eine Regressionsanalyse durchgeführt. Entsprechend dem Ergebnis der unter Punkt 3.1 durchgeführten Korrelationsanalyse wird der Parameter Alter nicht berücksichtigt. Der Zusammenhang der einzelnen Einflussfaktoren wird durch die jeweiligen Regressionskoeffizienten (β_x) zusammen mit der allgemeinen Konstante (k) beschrieben. Zu bedenken ist allerdings, dass nur die erfassten Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Sollten noch weitere unbekannte Faktoren existieren, dann wird dies die folgende Analyse zwar anzeigen, Anzahl und Art unbekannter Faktoren sind jedoch nicht bestimmbar.

Die der Beschreibung der Transplantatdicke (D) zugrunde liegende Formel lautet:

$$D = k + \beta_{\text{BMI}} * \text{BMI} + \beta_{\text{Rauchen}} * \text{Rauchen} + \beta_{\text{Geschlecht}} * \text{Geschlecht}$$

In den folgenden Diagrammen werden die Regressionskoeffizienten β der oben genannten Parameter für jedes Areal eines Transplantates dargestellt. Diese Darstellung soll veranschaulichen, wie stark der Einfluss der Parameter auf die Dicke jedes Transplantates ist, und in welchen Arealen deren Einfluss am größten ist. Zusätzlich wird die Regressionskonstante k angegeben, die den y-Abschnitt der Regressionsfunktion bestimmt und als Korrekturwert für den nicht mathematisch normierten BMI-Wert angesehen werden kann, der maßgeblich die Transplantatdicke beeinflusst.

Zu beachten sind Unterschiede in der Skalierung der y-Achsen der Diagramme zur Verbesserung der visuellen Auswertbarkeit. Für beide Seiten einer Transplantatregion ist die Skalierung jedoch stets gleich gewählt.

Auf das Radialistransplantat hat im Wesentlichen der BMI Einfluss, das verdeutlichen die stets positiven β_{BMI} , die zwar klein erscheinen, durchschnittlich aber mit einem 25-fach höheren Faktor multipliziert werden müssen, als die Regressionskoeffizienten der Parameter Geschlecht und Rauchen. Mit dem Anstieg der β_{BMI} vom distalen Areal 1 nach proximal steigt der Einfluss des BMI auf die Dicke der Areale des Radialistransplantates.

Der Parameter Rauchen hat kaum Einfluss, während sich weibliches Geschlecht zumindest in den proximalen beiden Arealen positiv auf die Lappendicke auswirken könnte, für eine konkrete Aussage ist dieser Effekt jedoch zu schwach.

Im Seitenvergleich zeigt sich entsprechend der zuvor festgestellten hohen Korrelation keine bedeutende Abweichung der Größen der Regressionskoeffizienten (siehe Diagramme 3.13 und 3.14).

Auch beim Ulnaristransplantat wirkt sich der BMI über einen geringeren Regressionskoeffizienten schwächer auf die distalen Areale aus, während die proximalen Areale stärker beeinflusst sind. Der Parameter Rauchen scheint keinen nennenswerten Effekt insbesondere auf das Ulnaristransplantat der linken Seite auszuüben.

Der Parameter Geschlecht wirkt sich beim Ulnaristransplantat deutlich stärker aus, als es beim Radialistransplantat der Fall ist. Auch ist der Effekt auf alle Areale des Ulnaristransplantates nahezu gleichmäßig verteilt, wenn der Wert in Areal 4 links als Ausreißer gewertet wird (siehe Diagramme 3.15 und 3.16).

Ähnlich dem Ulnaristransplantat hat der Parameter Geschlecht mit vergleichbar großen Regressionskoeffizienten einen relativ hohen Einfluss auf die Dicke des Paraskapularlappens, wobei die rechte Körperseite betont erscheint. Rauchen scheint auch auf die Dicke des Paraskapulartransplantates keinen Einfluss zu haben. Der BMI bestimmt eindeutig die Dicke des Paraskapulartransplantates (siehe Diagramme 3.17 und 3.18).

Die Regressionskoeffizienten des BMI sind beim Skapulatransplantat ähnlich groß und dominieren die Transplantatdicke, jedoch wirkt sich auch der Parameter Rauchen mit einem seitenunabhängig negativen

Regressionskoeffizienten bei diesem Transplantat vergleichsweise stark aus und kann eine leicht verminderte Transplantatdicke bei Rauchern anzeigen. Bei starker Korrelation der Parameter im Seitenvergleich sind auch die Regressionskoeffizienten entsprechend ähnlich ausgeprägt, sodass gefolgert werden kann, dass im Falle des Skapulatransplantates beidseits nahezu identisch dicke Transplantate gehoben werden können. Auch stützt dies die Validität der Auswertung. Nach seinen in Areal 1 positiven und in Areal 3 negativen Regressionskoeffizienten wirkt sich das Geschlecht stärker auf die laterale Seite des Skapulatransplantates aus, während medial das Skapulatransplantat bei Frauen eher dünner sein kann (siehe Diagramme 3.19 und 3.20).

Das ALT-Transplantat unterliegt einem großen Einfluss des Geschlechtes, was durch den auch im Seitenvergleich hohen Regressionskoeffizienten beschrieben wird. Man beachte diesbezüglich die hohe Skalierung der y-Achse verglichen mit anderen Transplantaten, die auch einem gewissen Einfluss des Parameters Geschlecht unterliegen, beispielsweise beim Ulnaristransplantat. Die hohe Übereinstimmung der Graphen beider Seiten wird bereits durch die Korrelationsanalyse beschrieben. Der Einfluss des BMI erscheint hingegen deutlich geringer, der β_{BMI} liegt aber numerisch im gleichen Rahmen wie bei den übrigen Transplantaten und hat demzufolge auch auf dieses Transplantat den entscheidenden Einfluss (siehe Diagramme 3.21 und 3.22).

Die kutane Insel des Fibulatransplantates wird vom Geschlecht mit beeinflusst, der Regressionskoeffizient $\beta_{\text{Geschlecht}}$ des häutigen Teils des Fibulatransplantates ist jedoch verglichen mit dem des ATL-Lappens nur maximal halb so groß. Eine Steigerung des Regressionskoeffizienten des Geschlechtes von Areal 1 zu Areal 4 kann zudem beobachtet werden, sodass die Auswirkung des Geschlechtes von distal nach proximal zunimmt. Tabakkonsum hat hingegen keinen nennenswerten Effekt auf die Hautareale des Fibulatransplantates (siehe Diagramme 3.23 und 3.24)

3.4.1 Das Radialstransplantat

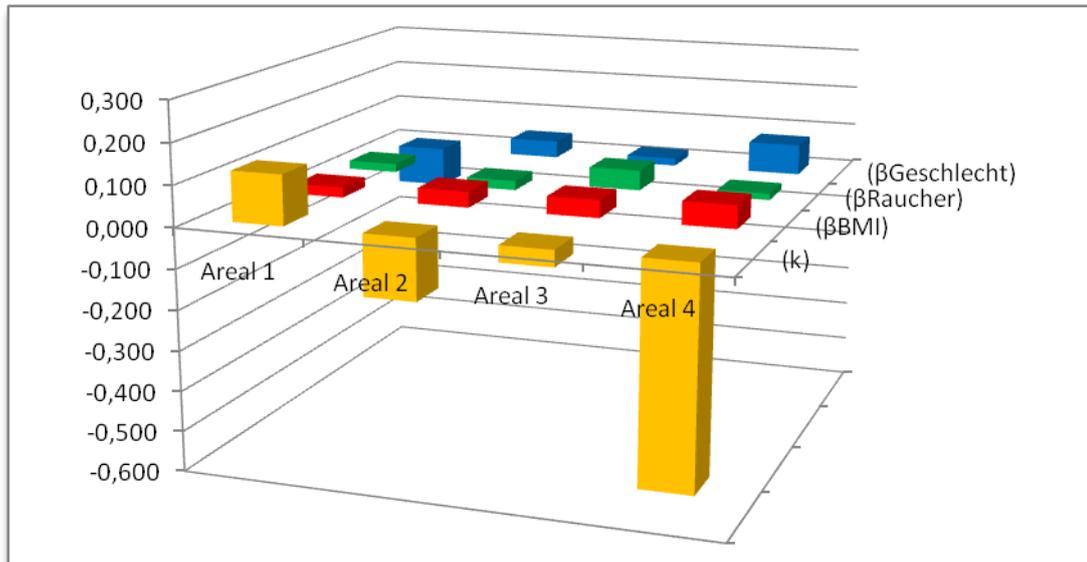


Diagramm 3.13: Darstellung der Dicke des Radialstransplantates der rechten Seite. Die Graphik zeigt die Regressionskoeffizienten der einzelnen Parameter sowie die Regressionskonstante k . Die Transplantatdicke erscheint im Wesentlichen vom BMI beeinflusst, während sich die Koeffizienten $\beta_{\text{Geschlecht}}$ der Areale numerisch aufheben. Ein hoher BMI wirkt sich insbesondere in Areal 4 positiv auf die Transplantatdicke aus.

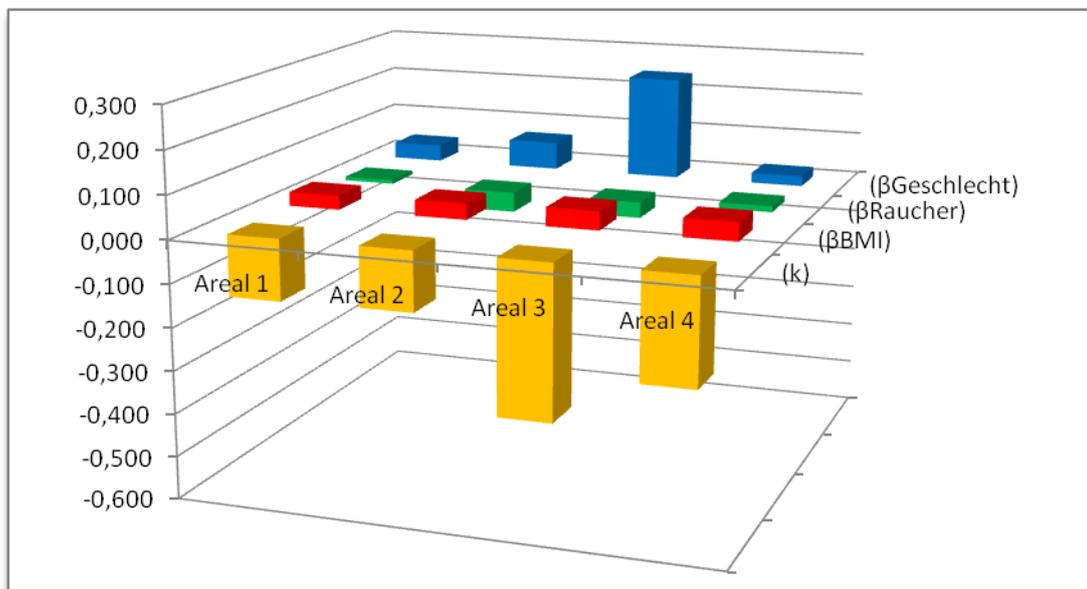


Diagramm 3.14: Darstellung der Dicke des Radialstransplantates der linken Seite. Entsprechend der zuvor festgestellten hohen Korrelation der Seiten wird die Dicke des Radialislappens auch links in ähnlicher Weise bestimmt.

3.4.2 Das Ulnaristransplantat

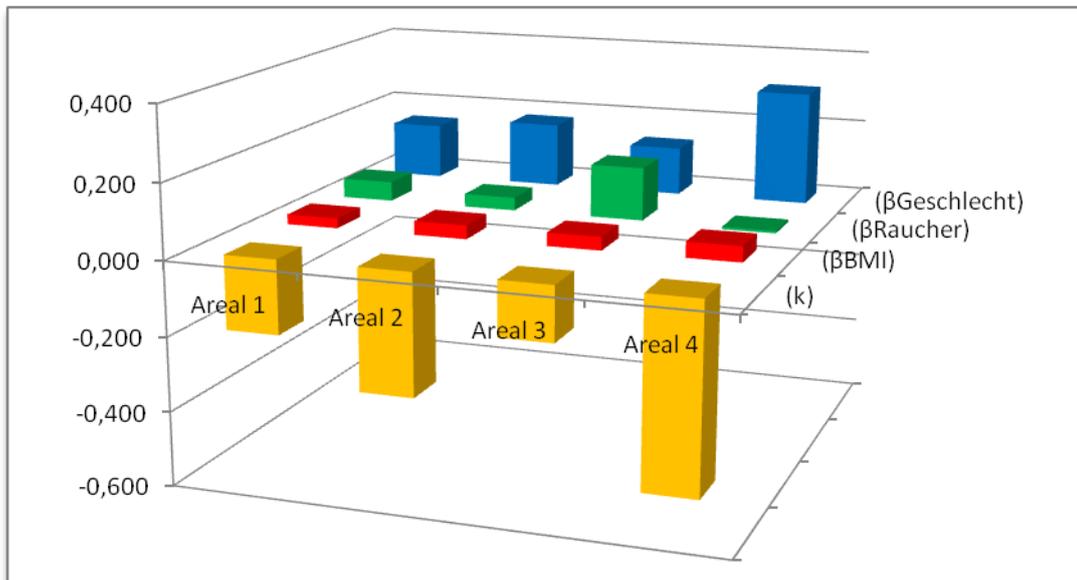


Diagramm 3.15: Darstellung der Dicke des Ulnaristransplantates der rechten Seite. Beim Ulnaristransplantat wirkt sich der Parameter Geschlecht stärker aus als beim Radialistransplantat. Der Parameter BMI steigt wie beim Radialistransplantat von distal nach proximal an, der Einfluss auf die Lappendicke nimmt also zu.

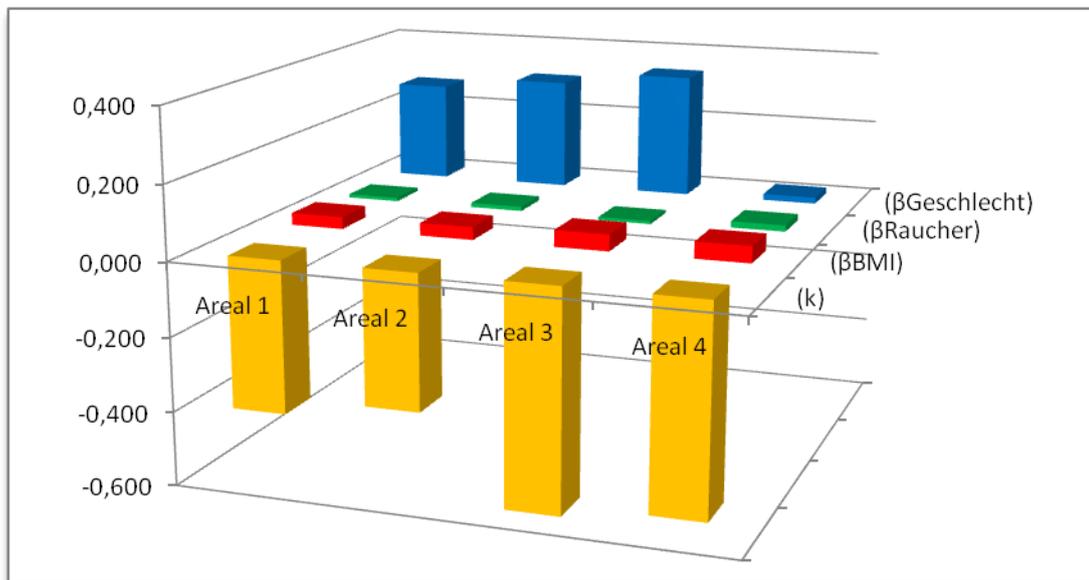


Diagramm 3.16: Darstellung der Dicke des Ulnaristransplantates der linken Seite. Entsprechend gelten die Aussagen im Seitenvergleich, der BMI dominiert zwar, aber auch das Geschlecht hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die Dicke des Ulnaristransplantates. Tabakkonsum hat hingegen keinen Effekt.

3.4.3 Das Paraskapulartransplantat

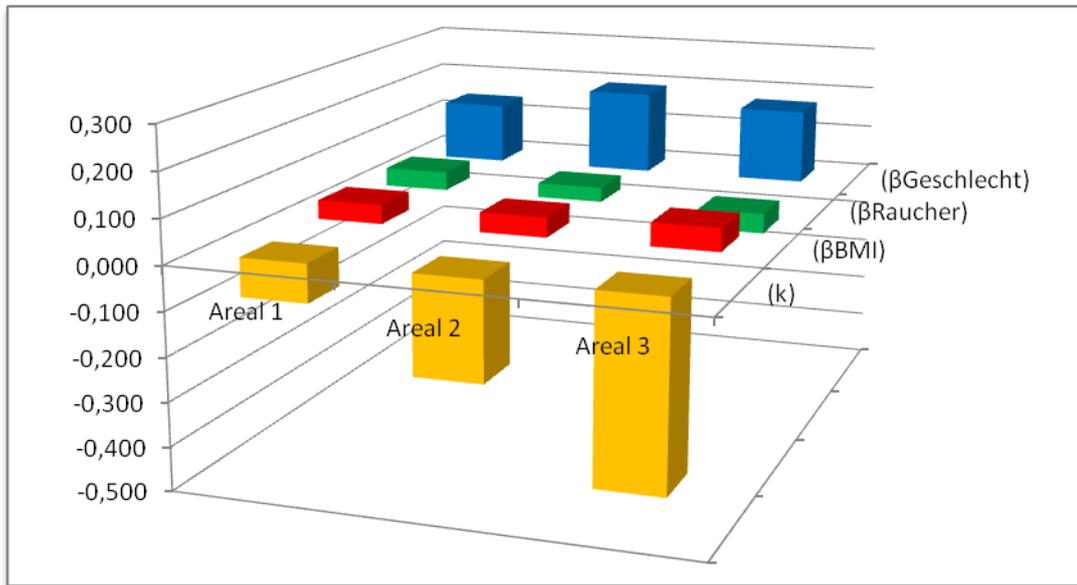


Diagramm 3.17: Darstellung der Dicke des Paraskapulartransplantates der rechten Seite. Es besteht ein relativ hoher Einfluss des Geschlechtes auf die Dicke des Paraskapulartransplantates, d.h. Frauen weisen eine höhere Transplantatdicke auf. Zwar scheint die Konstante k eine Abnahme der Dicke von kranial nach kaudal zu beschreiben, da der β_{BMI} aber gleichermaßen zunimmt, ist bezüglich dieses Effektes keine sichere Aussage zu treffen.

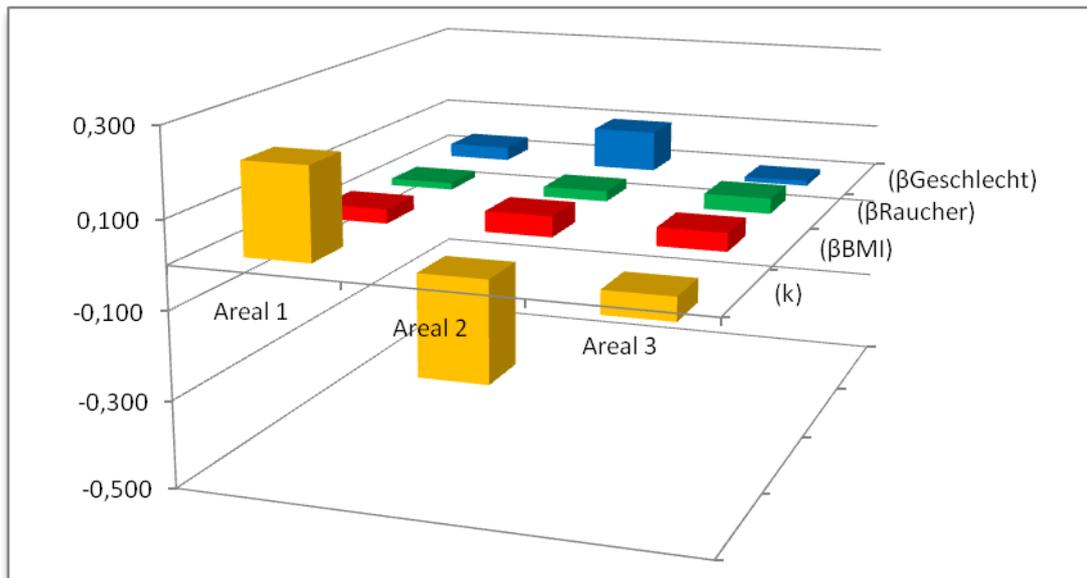


Diagramm 3.18: Darstellung der Dicke des Paraskapulartransplantates der linken Seite. Seitenunabhängig entwickelt der Parameter BMI von kranial nach kaudal einen stärkeren Einfluss.

3.4.4 Das Skapulatransplantat

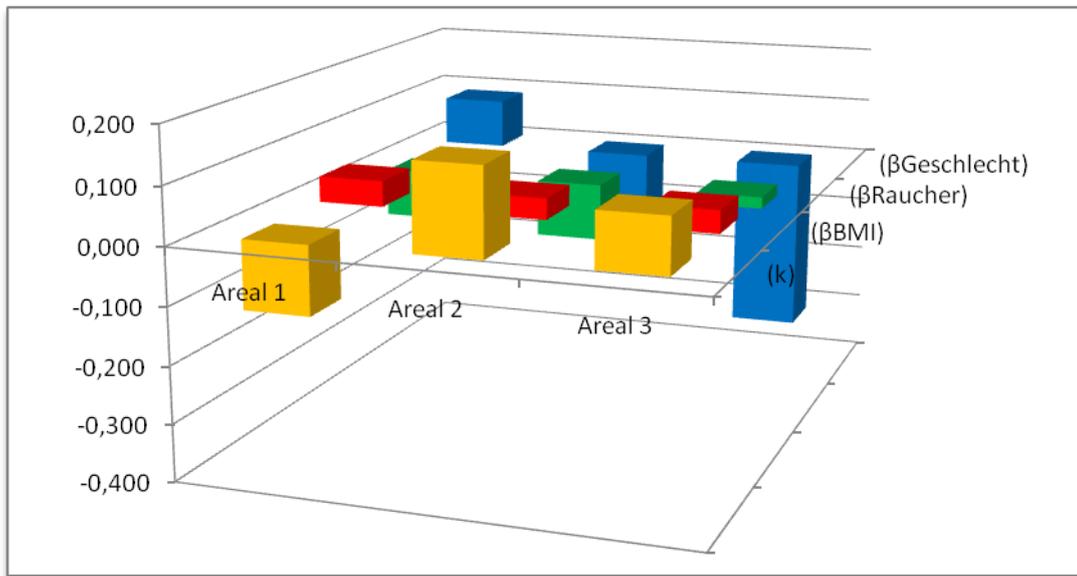


Diagramm 3.19: Darstellung der Dicke des Skapulatransplantates der rechten Seite. Zwar hat der BMI einen überwiegenden Einfluss auf die Dicke des Skapulatransplantates. Allerdings hat auch der Parameter Rauchen über einen negativen Koeffizienten β_{Rauchen} einen Einfluss auf die Dicke dieses Transplantates.

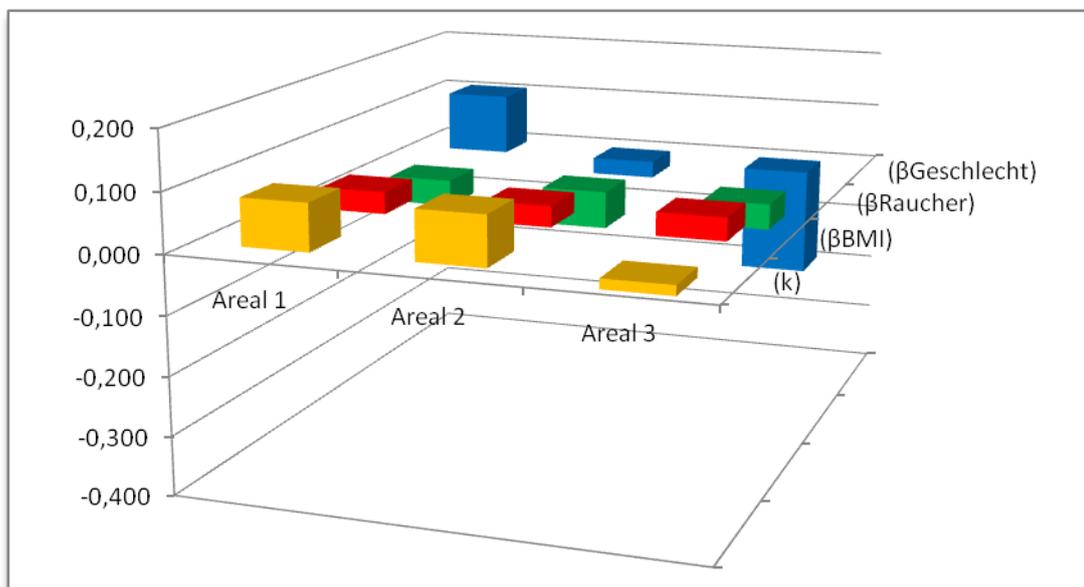


Diagramm 3.20: Darstellung der Dicke des Skapulatransplantates der linken Seite. Das Skapulatransplantat weist im Seitenvergleich eine hohe Übereinstimmung der Koeffizienten der einzelnen Parameter auf. Bezüglich des Parameters Geschlecht zeigt sich eine deutliche arealabhängige Auswirkung. Während die Transplantatdicke bei Frauen medial zunimmt, nimmt sie nach lateral stärker ab.

3.4.5 Das ALT-Transplantat

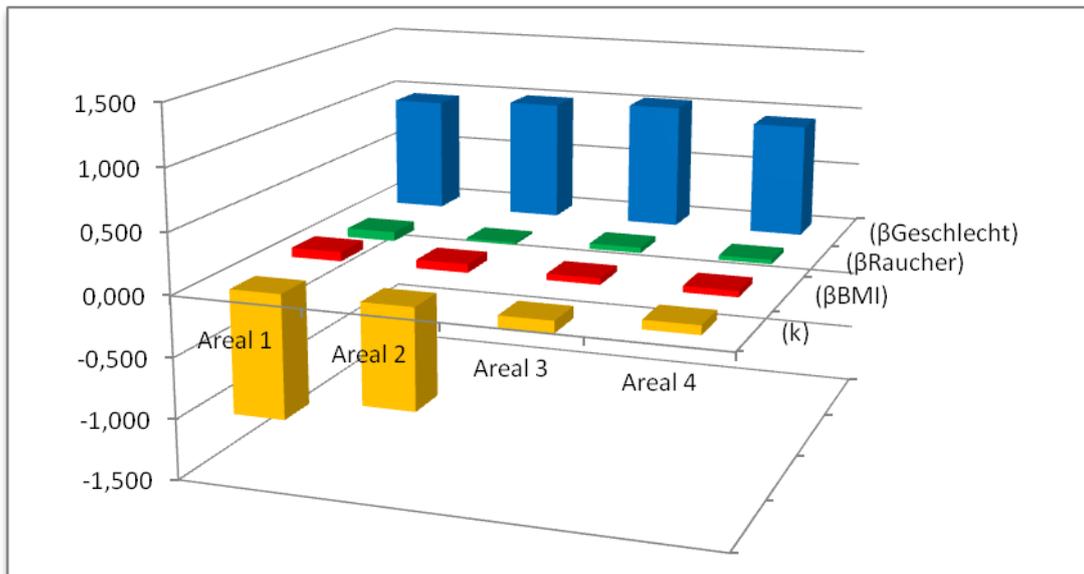


Diagramm 3.21: Darstellung der Dicke des ALT-Transplantates der rechten Seite.

Das ALT-Transplantat weist seitenunabhängig einen hohen geschlechtsspezifischen Einfluss auf die Transplantatdicke auf. Die hohe Übereinstimmung der Graphen beider Seiten wird bereits durch die Korrelationsanalyse beschrieben.

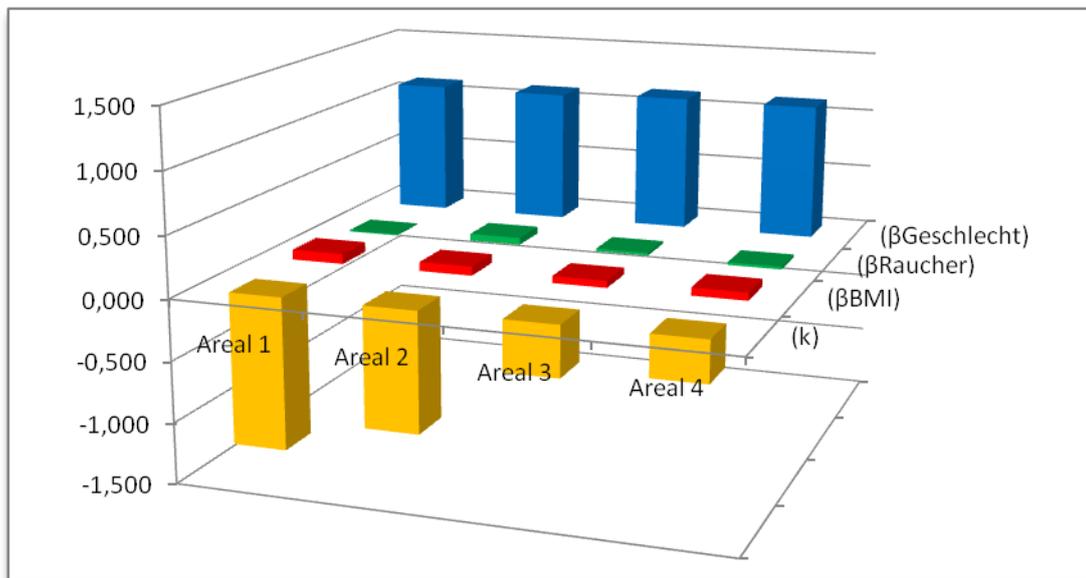


Diagramm 3.22: Darstellung der Dicke des ALT-Transplantates der linken Seite.

Die Veränderung der Konstante k von distal nach proximal spiegelt die relative Dickenzunahme nach proximal wieder, die von anderen Parametern unabhängig ist.

3.4.6 Das Fibulatransplantat

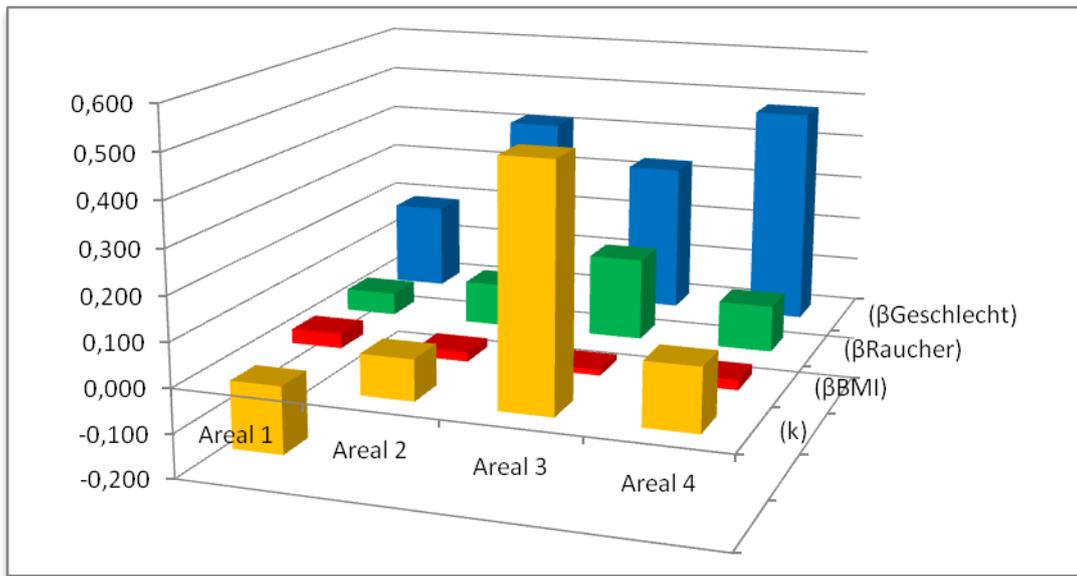


Diagramm 3.23: Darstellung der Dicke der Hautinsel des Fibulatransplantates der rechten Seite. Auch beim Fibulatransplantat zeigt sich anhand des Verlaufes der Konstante k eine Dickenzunahme von distal nach proximal.

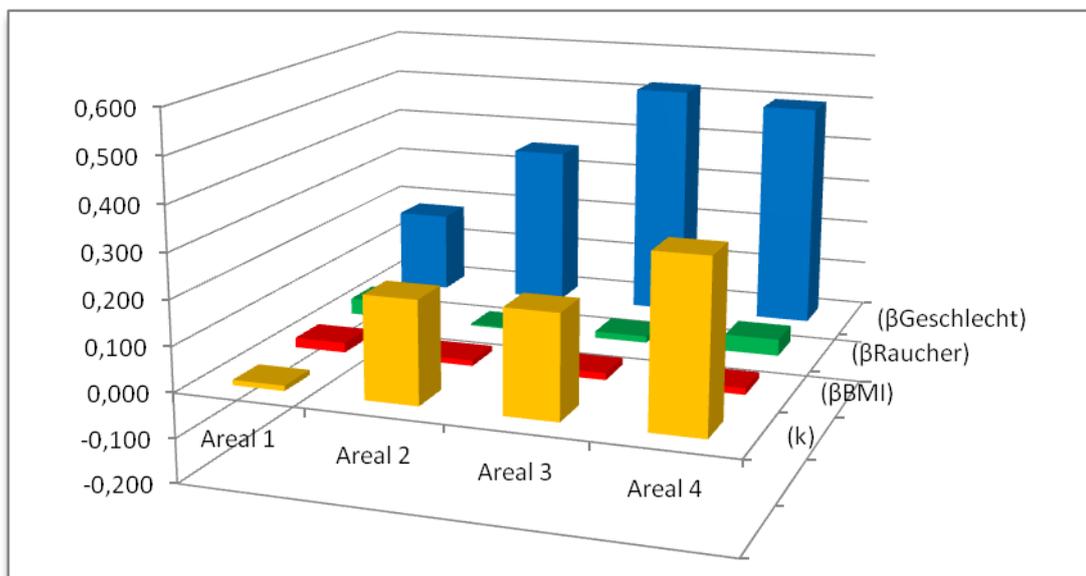


Diagramm 3.24: Darstellung der Dicke der Hautinsel des Fibulatransplantates der linken Seite. Zusätzlich führt der Parameter Geschlecht seitenunabhängig zu einer weiteren positiven Beeinflussung der Lappendicke von distal nach proximal.

Die Regressionsanalysen zeigen, dass die Lappendicke von Transplantat zu Transplantat durch unterschiedliche Parameter bestimmt wird. Zudem scheinen die erfassten Parameter auch innerhalb der Transplantatregionen unterschiedlich stark gewichtet. Ein einziger determinierender Parameter, wie beispielsweise eingangs angenommen der BMI, kann nicht nachgewiesen werden. Die Ausprägung der Transplantatdicke ist ein multifaktorielles Geschehen, das nicht nur von den gemessenen Faktoren abhängt, sondern auch von einem oder mehreren unbekanntem Faktoren beeinflusst wird. Diese Faktoren können nicht bestimmt oder in ihrer Art identifiziert werden. Sie quantifizieren sie sich in der systematischen Abweichung des Modells von den gemessenen Werten. Die Regressionskonstante k wird im Wesentlichen von der Steigung β_{BMI} beeinflusst, wobei der BMI einen physiologisch begründeten Minimalwert besitzt.

3.5 Vergleich der Parameter der Regressionsanalyse

Zum Vergleich der einzelnen Lappen untereinander folgen vier Diagramme, die die Mittelwerte der Regressionsanalyse für alle Transplantate nach Parametern getrennt aufführen, um die Unterschiede zwischen den einzelnen Transplantaten zu verdeutlichen.

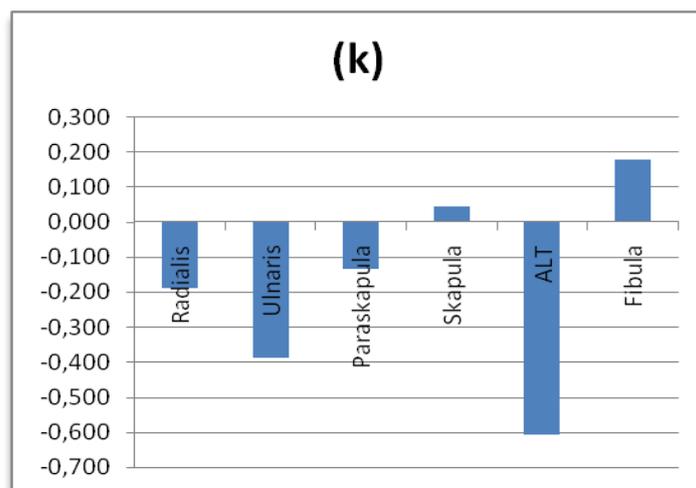


Diagramm 3.25: Darstellung der Regressionskonstante k . Die Regressionskonstante k wirkt sich insbesondere bei ALT und Ulnaristransplantat negativ auf die Transplantatdicke aus. Hingegen zeigt sich für die Dicke der Hautinsel des Fibulatransplantates eine positive Auswirkung.

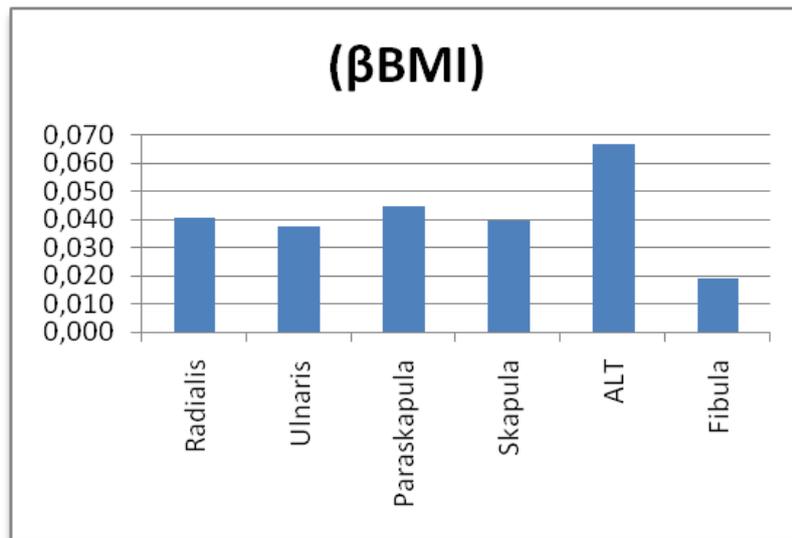


Diagramm 3.26: Darstellung des Regressionskoeffizienten β des BMI.

Zwar erscheint der Zahlenwert des Regressionskoeffizienten des BMI gering, dennoch ist der Einfluss des Produktes $\beta_{\text{BMI}} \cdot \text{BMI}$ auf die Transplantatdicke groß. Dies trifft insbesondere für den ALT zu. Das kutane Fibulatransplantat wird deutlich geringer vom BMI beeinflusst, während die übrigen Transplantatregionen mittlere Werte aufweisen.

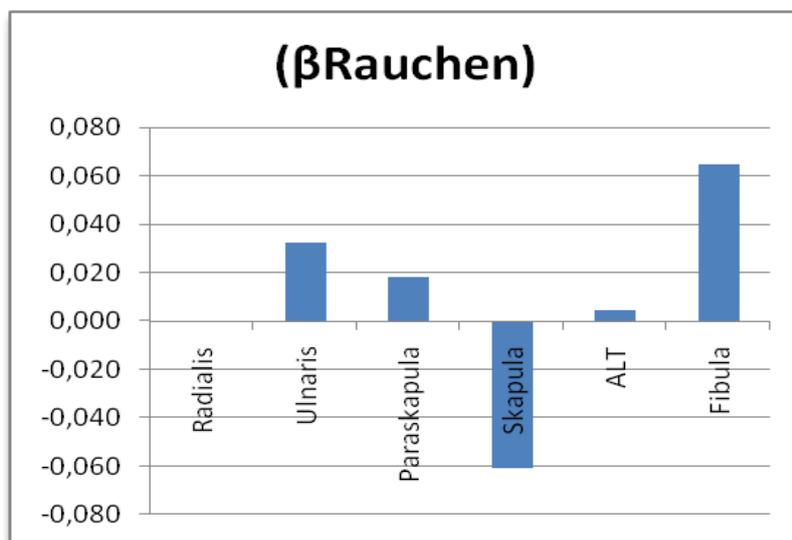


Diagramm 3.27: Darstellung des Regressionskoeffizienten β des Parameters Rauchen. Die Auswirkungen des Parameters Rauchen sind zwar aufgrund der geringen Koeffizienten und des einfachen Multiplikators gering, dennoch weichen sie in der Synopse der Transplantate teils erheblich voneinander ab. Während das Radialistransplantat unbeeinflusst ist, so zeigt sich für das Skapulatransplantat ein negativer Einfluss auf die Transplantatdicke. Bemerkenswerter ist jedoch der eher förderliche Einfluss des Rauchens auf die Dicke des Fibulatransplantates und auch des Ulnaristransplantates.

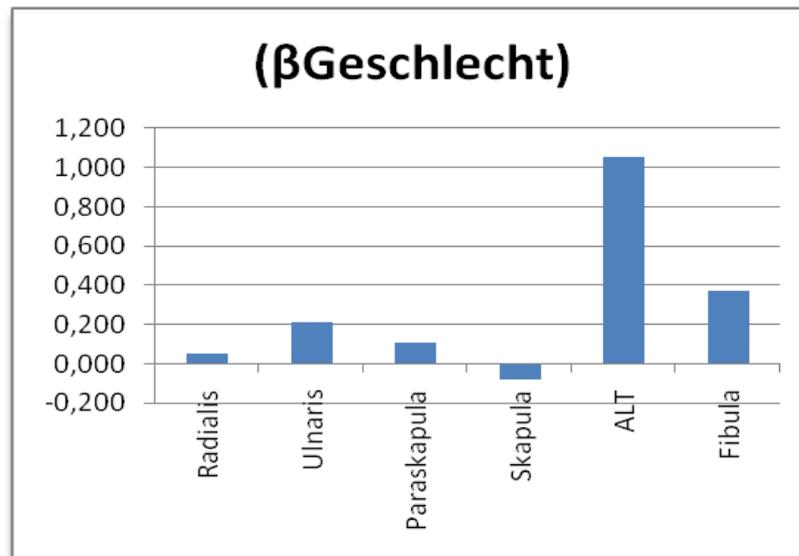


Diagramm 3.28: Darstellung des Regressionskoeffizienten β des Parameters Geschlecht. Über einen relativ hohen Regressionskoeffizienten nimmt der Parameter Geschlecht einen erhöhten Einfluss auf die Dicke des ALT-Transplantates verglichen mit den übrigen Transplantaten. Aber auch das Fibulatransplantat und das Ulnaristransplantat weisen einen geschlechtsspezifischen positiven Einfluss auf, der bei Frauen eine erhöhte Transplantatdicke bedeuten kann. Nur das Skapulatransplantat weicht hiervon ab. Hinsichtlich der Gewichtung des Effektes bezogen auf den Parameter Rauchen beachte man die Skalierung verglichen mit Diagramm 3.27. Allerdings sei erwähnt, dass kein direkter Vergleich der Regressionskoeffizienten und damit der Diagramme erfolgen darf.

Die Untersuchung zeigt nicht nur, dass die Dicke von den gegebenen Parametern in teils sehr unterschiedlichem Maße beeinflusst wird. Vielmehr zeigt sich auch, dass es transplantatspezifische Unterschiede in der Ausprägung der Parameter gibt.

Da die Parameter Rauchen und Geschlecht nur jeweils mit einem Wert von maximal 1 eingehen können, der BMI aber durchschnittlich mit 24,95, fallen auch kleine Regressionskoeffizienten (β_{BMI}) erheblich stärker ins Gewicht, als es in den Diagrammen 3.13 bis 3.24 erscheint. Die folgende Graphik soll den wahren Einfluss der einzelnen Parameter verdeutlichen. Das Ulnaristransplantat wurde gewählt, da die in Diagramm 3.15 und 3.16 dargestellten Regressionskoeffizienten eher einen Einfluss von Geschlecht oder Rauchen vermuten lassen. Die Mittelwerte der Parameter wurden in die mit Hilfe der Regressionsanalyse ermittelte Formel eingesetzt.

$$(D = k + \beta_{\text{BMI}} * \text{BMI} + \beta_{\text{Rauchen}} * \text{Rauchen} + \beta_{\text{Geschlecht}} * \text{Geschlecht})$$

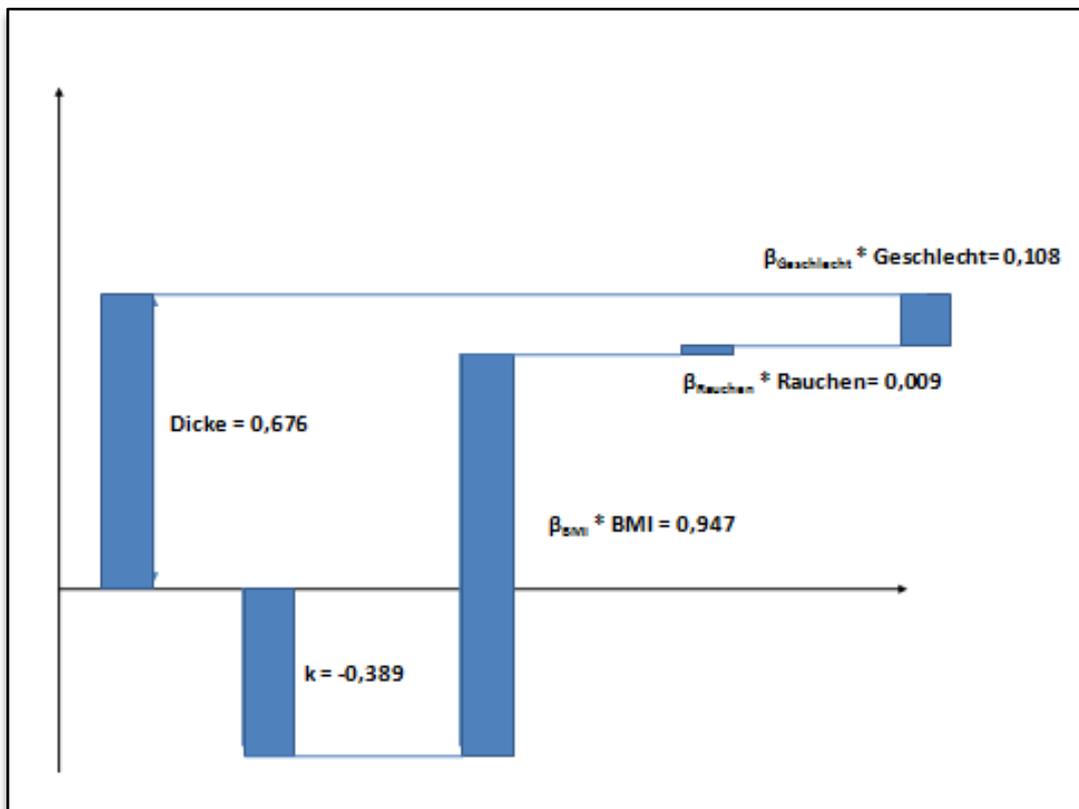


Diagramm 3.29: Wasserfalldiagramm Ulnarislappen. Das Diagramm zeigt die Auswirkungen der einzelnen Parameter auf die Transplantatdicke. Verglichen mit allen anderen Faktoren bestimmt der BMI trotz seines geringen Regressionskoeffizienten entscheidend die Transplantatdicke. Obwohl β_{BMI} und β_{Rauchen} sehr ähnliche Werte aufweisen, unterscheidet sich die Größen der Produkte um zwei Zehnerpotenzen.

$$(\overline{\text{BMI}} = 24,95 \quad \overline{\text{Rauchen}} = 0,279 \quad \overline{\text{Geschlecht}} = 0,508 \quad \beta_{\text{BMI}} = 0,038 \quad \beta_{\text{Rauchen}} = 0,032 \quad \beta_{\text{Geschlecht}} = 0,213).$$

4 Diskussion

Weichgewebsdefekte in der Kopf-/ Halsregion können vielerlei Ursachen haben. Zum Einen können sie traumatogen, zum Anderen infolge von Fehlbildungen oder ausgedehnten Infektionen aufgetreten sein. Ein wesentlicher Teil rührt aber auch von ablativen onkologischen Operationen her, die abhängig vom Tumorstadium zusätzlich adjuvante Therapien nach sich ziehen, wobei die Radiotherapie für das betroffene Gewebe besonders beeinträchtigend ist.

Die Vielzahl funktionell diverser Gewebe, die es in der Kopf-/ Halsregion zu ersetzen gilt, stellt ebenso diverse Anforderungen an die zur Rekonstruktion in Betracht kommenden Transplantate. Demzufolge müssen Transplantate so gewählt werden, dass sie erstens das Defektvolumen sicher verschließen und dabei nicht übermäßig auftragen, sodass im Idealfall keine Sekundäroperation zur Transplantatausdünnung erforderlich wird. Zweitens muss das transplantierte Gewebe eine gewisse Textur aufweisen, um eine kaufunktionelle Rehabilitation des Patienten zu ermöglichen.

Des Weiteren sollte das Transplantat auch einer adjuvanten Nachbehandlung standhalten oder sich gar mit radiogen alteriertem Nachbargewebe verbinden können. Ferner muss es dem zu ersetzenden Gewebe in Farbe, Textur und Behaarung ähneln oder sich diesem im Laufe der Zeit angleichen können, um ein ästhetisch akzeptables Ergebnis zu erzielen.

Die von unterschiedlichen Körperregionen gewonnenen Transplantate ermöglichen es, deren Eigenschaften in das Empfängergebiet zu übertragen oder ein der Beschaffenheit des Empfängergebietes passendes Transplantat zu verwenden.

Die Lage der versorgenden Gefäße, die Anzahl und Lagevarianz der Perforatoren und die Lappendicke können beispielsweise angiographisch, durch Leichenpräparation oder auch durch Sonographie bestimmt werden.

Radiologische Untersuchungen wie Angiographie oder gar eine Computertomographie bieten zwar eine hervorragende Bildqualität, gehen

jedoch mit einer Strahlenbelastung des Patienten einher. Prospektive Studien an gesunden Probanden müssen aus diesem Grund ethisch kritisch hinterfragt werden.

Eine Leichensektion zur Durchführung anatomischer Studien bezüglich des Gefäßstatus, Gefäßvarianten, Perforatorverteilung und Transplantatausdehnung ist in der Entwicklung mikrochirurgischer Transplantate von grundlegender Bedeutung. Infolge von Flüssigkeitsverlusten des zu untersuchenden Gewebes, Flüssigkeitsumverteilung innerhalb des toten Körpers oder autolytischem Gewebszerfall kann der Situs bei unfixierten, wie fixierten Leichen nicht mehr der Situation im lebenden Menschen in gleicher Weise nachempfunden werden. Leichensektion stellt für die Beantwortung der dieser Studie zugrundeliegenden Fragestellung daher keine geeignete Untersuchungsmethode dar.

Diese Arbeit untersuchte die Dicke unterschiedlicher mikrochirurgischer Weichteiltransplantate, auch im Vergleich zur anderen Körperseite und die Auswirkung verschiedener Parameter auf die Ausprägung der Transplantatdicke. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe von Korrelationsanalysen ausgewertet und graphisch dargestellt.

Um das zur Empfängerregion passende Transplantat für ein bestimmtes Defektgebiet eines Patienten zu finden, sollten sämtliche relevanten Parameter in einer Formel vereint werden. Dies erfolgte in der vorliegenden Arbeit im Rahmen der Regressionsanalyse. Eine weitere Korrelationsanalyse half die relevanten Parameter zu ermitteln, die in die Regressionsanalyse einbezogen wurden. Eine zu starke Korrelation der Parameter hätte die Abgrenzbarkeit der Effekte verhindert.

Bei insgesamt 122 Probanden wurden stets die Transplantatregionen beider Körperregionen untersucht. Demzufolge ergab sich eine Anzahl von 244 untersuchten Transplantaten aus jeder Region. Hiervon erwiesen sich das Ulnaristransplantat als dünnstes und der ALT- Lappen als dickstes Transplantat. Dünner als der ALT- Lappen, ähnelten sich Skapulatransplantat und Paraskapulartransplantat erwartungsgemäß in ihren Werten, wobei sich

das Skapulatransplantat insbesondere im Maximum deutlich zarter, vergleichbar dem Radialistransplantat darstellte. Eine bemerkenswerte Ähnlichkeit stellte sich im Vergleich der Kenngrößen von Radialistransplantat und Fibulatransplantat heraus. Die Hautinsel des osteokutanen Fibulatransplantates weist sehr ähnliche Kenngrößen der Lappendicke wie das für intraorale weichgewebige Rekonstruktionen weit verbreitete Radialistransplantat auf und eignet sich auf Basis dieser Werte ebenso gut für intraorale Weichgewebsdefektdeckung.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass sich das Ulnaristransplantat für die zartesten mikrochirurgischen Hautplastiken, beispielsweise der Nasenregion oder bei Gingivadefekten in Ober- und Unterkiefer, besonders eignet.

Für Rekonstruktionen, die ein voluminöses Transplantat erfordern, bietet sich das septokutane ALT- Transplantat an.

Septokutanes Skapula- und Paraskapulartransplantat bieten sich als intermediär dicke und auch flächig entnehmbare Transplantate zum Verschluss größerer Defekte im Mittelgesicht, beispielsweise nach Oberkieferteilresektion, an. Da das Skapulatransplantat auch bei ausgeprägter Adipositas eine eher mit dem Radialistransplantat vergleichbare, dünnere Schichtdicke aufweist, könnte bei adipösen Menschen mit bestimmter Defektconfiguration und fehlender Verfügbarkeit des Radialistransplantates dies eine mögliche Option darstellen.

In der vorliegenden Studie wurden die Messareale der Transplantatregionen so gewählt, dass der gesamte Bereich repräsentiert ist, in dem eine Transplantatentnahme möglich ist.

Insbesondere bei den Unterarmklappen ist es möglich, die Transplantate entweder proximal zu heben, wenn kein langer Lappenstiel notwendig ist, oder aber diesen retrograd perfundiert nach distal zu präparieren (7, 11, 87). Demzufolge ist es möglich, die Dicke des Transplantates durch die Lage der Entnahmestelle auszuwählen.

Es zeigte sich, dass die ausgewählten Transplantate in unterschiedlichen Bereichen unterschiedlich dick sind. Die Unterarmklappen, Radialistransplantat und Ulnaristransplantat, weisen im distalen Areal deutlich geringere Werte für die Transplantatdicke auf als in den drei proximalen Arealen. Die proximalen Areale weisen deutlich höhere Extremwerte auf. Auch bei übergewichtigen

Menschen lassen sich vom distalen Unterarm vergleichsweise zarte mikrochirurgische Transplantate gewinnen, wobei die distale Ulnarisregion die zartesten Lappen liefert. Im Seitenvergleich ergeben sich bezüglich des Ulnaristransplantates keine signifikanten Differenzen. Das Radialistransplantat zeigt eine zumindest tendenziell erhöhte Dicke der rechten Seite, mit Ausnahme des distalen Areals, das nahezu seitengleich ist.

Transplantate der Schulterregion, das Skapulatransplantat und das Paraskapulartransplantat, weisen nicht nur in ihren gemittelten Dicken, sondern auch im Dickenverlauf Ähnlichkeiten auf. Das Paraskapulartransplantat nimmt von kranial nach kaudal an Dicke ab, das Skapulatransplantat von lateral nach medial, wobei die Variabilität jedoch bei beiden Transplantaten im dünnsten Areal zunimmt. Begründet werden kann dieser Verlauf gut durch die Anatomie der Schulterblattregion. Während beide Schultertransplantate eine geringe Spreizung der mittleren Quartile zeigen, fällt beim Paraskapulartransplantat eine deutlich höhere Spreizung im Hinblick auf die Extremwerte auf. Das Paraskapulartransplantat zeigt bei sehr schlanken und sehr adipösen Probanden stärkere Dickenveränderungen.

Generell weist das ALT- Transplantat die größten Lappendicken auf. Im Vergleich der einzelnen Areale ergibt sich eine deutliche Dickenzunahme von distal nach proximal. Hierbei besteht ein geringerer Unterschied zwischen den beiden distalen Arealen (Areal 1 und 2) und den proximalen Arealen (Areal 3 und 4) als zwischen Areal 1 und 2 verglichen mit Areal 3 und 4. Zwischen den beiden zentralen Arealen 2 und 3, die die Region des Hauptperforators umschließen, ist eine deutliche Dickenzunahme nach proximal zu erkennen (65, 88). Das ALT- Transplantat weist desweiteren eine erhebliche Dickenzunahme bei Extremwerten auf, sodass bei adipösen Personen die Transplantatdicke in allen Arealen nahezu gleich groß ist. Während bei allen übrigen Transplantaten die Dicke pro Areal lediglich um ca. 1 cm zwischen Maximum und Minimum schwankt, so sind dies beim ALT- Transplantat mehr als 2 cm.

Das Fibulatransplantat zeigt ebenfalls eine stetige Dickenzunahme von distal nach proximal. Die Werte verteilen sich relativ gleichmäßig um den Median.

Erhebliche Extremwerte wie beispielsweise beim ALT- Transplantat wurden nicht festgestellt. Das Fibulatransplantat weist allgemein eine relativ konstante Dicke auf, die stetig nach proximal zunimmt und auch bei adipösen Probanden in der Regel einen Wert bis ca. 1,5 cm annimmt.

Betrachtet man die Korrelationsanalyse des Seitenvergleiches, so zeigt diese für die einzelnen Areale der untersuchten Transplantate, dass das ALT-Transplantat beidseits nahezu identisch dick ist, während das Ulnaristransplantat die größte Abweichung im Seitenvergleich der Areale aufweist, ausgenommen des proximalen Areals 4. Auch das Skapulatransplantat weist im Seitenvergleich eine hohe Korrelation auf, insbesondere die medial gelegenen Areale 3, anders als es die Boxplotdiagramme (s. Abb. 3.7 und 3.8) aufgrund ihrer stärkeren Spreizung im Areal 3 suggerieren. Die Lappendicke des Paraskapulartransplantates ist im Seitenvergleich etwas schwächer korreliert, zeigt aber auch einen ähnlichen Werteverlauf wie das Skapulatransplantat.

Die Hautinsel des Fibulatransplantates und das Radialistransplantat weisen ein ähnliches Muster und vergleichbare Werte in der Korrelation der Untersuchungsareale beider Körperseiten auf. Schon bei der Betrachtung der Dickenwerte der beiden Transplantate und ihrer Verteilung bezüglich der Untersuchungsareale war eine hohe Ähnlichkeit der Hautinsel des Fibulatransplantates und des Radialistransplantates aufgefallen.

Für intraorale rekonstruktive Chirurgie ist dieser Zusammenhang sehr aufschlussreich, da eine ossäre Rekonstruktion, bei der ein Fibulatransplantat verwendet wird, dem betroffenen Patienten eine ähnlich beschaffene Hautinsel zur Weichgewebsdefektdeckung bietet, wie sie beim Radialistransplantat allgemein geschätzt wird.

Die Parameter, nach denen die Regressionsanalyse durchgeführt wurde, wurden zunächst zur Untersuchung einer Abhängigkeit und damit möglichen gegenseitigen Beeinflussung einer Korrelationsanalyse unterworfen. Um eine lineare Unabhängigkeit zu gewährleisten, wurde der Parameter „Alter“ aus der weiteren Analyse ausgeschlossen, da eine starke Korrelation mit dem Parameter „BMI“ nachgewiesen wurde. Es wäre sonst nicht möglich, einen

eindeutigen Lösungsraum zu generieren. Die Parameter „Geschlecht“ und „BMI“ korrelieren geringer, „Rauchen“ und „Geschlecht“ bzw. „BMI“ weisen keine signifikante Korrelation auf.

Die Konstante k der Regressionsformel (s. Abschnitt 3.4) zur Bestimmung der Transplantatdicke gibt den y - Achsenabschnitt wieder. Es lässt sich aus ihr jedoch keine direkte Information für die Transplantatdicke ableiten, da die Einflussgrößen zur Erleichterung der besseren Interpretierbarkeit der Auswertung nicht mathematisch normiert wurden.

Die einzelnen Parameter werden von ihrem jeweiligen Regressionskoeffizienten repräsentiert und gehen als Summenprodukt in die Formel zur Berechnung der Transplantatdicke ein. Anhand der Größe und Relation der Regressionskoeffizienten kann der Einfluss der Parameter auf die Lappendicke abgeschätzt werden. Da wie zuvor beschrieben eine Normierung der Einflussgrößen nicht vorgenommen wurde, bestimmen auch augenscheinlich kleine Regressionskoeffizienten des BMI (β_{BMI}) entscheidend die Transplantatdicke.

Der BMI wirkt sich gleichermaßen positiv auf alle Transplantate aus, wobei das ALT- Transplantat besonders stark, die Dicke der Hautinsel des Fibulatransplantates schwächer als die der übrigen Transplantate beeinflusst wird. Zwar erscheint dies aufgrund allgemeiner Erfahrung plausibel zu sein, es fehlen jedoch Studien, die den direkten Zusammenhang erklären können. Die Arbeit von Bierwolf aus dem Jahr 2002 bietet hierzu Anhalt, kann aber auch keine konkreten Gründe nennen (89).

In der Betrachtung der einzelnen Untersuchungsareale zeigt sich ein nahezu konstanter Regressionskoeffizient des BMI für alle Transplantate. Eine Ausnahme bilden die Unterarmlappen und das Fibulatransplantat. Bei den Unterarmlappen fällt im distalen Areal 1 der Regressionskoeffizient des BMI geringer als in den drei proximal folgenden Arealen aus. Bei Radialistransplantat und Ulnaristransplantat kann dies die Erklärung für die zarte Lappendicke in diesem Areal darstellen. Bezüglich des Fibulatransplantates ist der Regressionskoeffizient des BMI im distalen Areal höher. Die Dicke der proximalen Areale scheint hingegen stärker vom

Parameter „Geschlecht“ abhängig zu sein, dies kann aber infolge eines mäßigen ($R^2 = -0,426$) linearen Zusammenhanges aufgetreten sein.

Hinsichtlich des Parameters „Geschlecht“ kann die Aussage getroffen werden, dass die Dicke des ALT- Transplantates auch deutlich von diesem Parameter beeinflusst wird. Aufgrund des oben erwähnten möglichen Zusammenhanges zwischen BMI und Geschlecht kann weder die Auswirkung betreffend des ALT- Transplantates quantifiziert werden, noch kann die Auswirkung des Geschlechtes auf die anderen Transplante sicher beurteilt werden. Es erscheint allerdings wahrscheinlich, dass ein positiver Effekt für den Parameter „Geschlecht – weiblich“ auf die Dicke des ALT- Transplantates gilt. Bezüglich des Skapulatransplantates scheint eine gewisse Tendenz der Auswirkung des Geschlechtes auf die Dicke der Areale zu bestehen. Für die anderen Transplantate gilt dies hingegen nicht.

Solange kein gravierender systematischer Fehler zugrunde liegt, der die in der Arbeit ermittelten Werte sämtlich beeinflusst, so werden sich kleinere Messfehler und Abweichungen aufgrund der hohen Zahl an Messwerten ausgleichen. Beispiel ist die per Augenmaß geschätzte Verteilung der Messpunkte und die ebenfalls per Augenmaß festgelegte Rechtwinkligkeit der gemessenen Strecken zur Hautoberfläche. Nur ein Untersucher führte die Messungen durch, was einerseits einen systematischen Fehler begünstigen kann, andererseits auch eine beobachterabhängige Streuung der Messergebnisse der bekanntermaßen subjektiven Sonographie vermindert.

Eine explizite Analyse mit ähnlicher Fragestellung wurde nur von Bierwolf im Rahmen einer Dissertation im Jahre 2002 durchgeführt und von Sieg und Bierwolf 2003 publiziert (15, 89). Andere Studien verliefen unter anderen Fragestellungen und liefern Daten über die Dicke ausgewählter mikrochirurgischer Transplantate nur als Nebenaussage (65, 90-92).

Während ein direkter Vergleich mit der von Bierwolf durchgeführten Studie zwar naheliegt, sind dessen Arbeit und die vorliegende Arbeit aber in Untersuchungsweise, Aufbau und Auswertung so unterschiedlich, dass ein

direkter Vergleich nicht möglich ist. Gemeinsam ist lediglich die Wahl der Sonographie als Untersuchungsmethode, vergleichbar ist die Art und Einstellung des Schallkopfes, aber die Durchführung der Messungen ist bereits im Ansatz unterschiedlich, wie auch die weitere statistische Auswertung. Der grundlegende Unterschied ist, dass Bierwolf ausschließlich die Schichtdicke des subkutanen Fettgewebes bestimmt hat, während in der vorliegenden Arbeit die Schichtdicke des gesamten septokutanen Transplantates, der Haut mit subkutanem Fettgewebe vermessen wurde. Dieser augenscheinlich kleine, aber methodisch gravierende Unterschied bedingt, dass die Auswertung und die gesamten Ergebnisse nicht übertragbar sind. Es kann lediglich die generelle Aussage über die Fettschichtdickenunterschiede der untersuchten Transplantatregionen zur Kenntnis genommen werden und tendenziell in Beziehung zu den unter Punkt 3.2, Tabelle 3.3 ermittelten Lappendicken gesetzt werden. Es wird nur ein Areal pro Transplantatregion gemessen, eine Verlaufsdarstellung, die die Schichtdicke einer gesamten Transplantatregion beschreibt, ist somit nicht möglich. Desweiteren nimmt Bierwolf eine Unterteilung seines Probandenkollektivs in vier Gruppen vor (männlich/schlank; weiblich/schlank; männlich/adipös; weiblich/adipös) und gibt danach Durchschnittswerte zur Fettschichtdicke der ausgewählten Transplantate an. So ist nur eine verhältnismäßig grobe Aussage über die unterschiedliche Ausprägung der Fettschichtdicke zu treffen. Diese generellen Aussagen können bezüglich der untersuchten Transplantate verglichen werden. Das Ulnaristransplantat liefert in beiden Arbeiten die geringsten Messwerte. Das Radialistransplantat stellt sich als zweidünnstes Transplantat dar, gefolgt vom lateralen Unterschenkel bzw. Fibulatransplantat und schließlich den Schulterlappen, wobei ebenfalls zunächst das Skapulatransplantat, dann das Paraskapulartransplantat aufgeführt werden muss. Das ALT- Transplantat wurde von Bierwolf nicht untersucht.

Die Parameter BMI und Fettschichtdicke wurden von Bierwolf einer Korrelationsanalyse nach Pearson unterzogen und nach dem Parameter Geschlecht aufgeteilt für jedes Transplantatareal angegeben. Allerdings wurde von Bierwolf eingangs keine Korrelationsanalyse der einzelnen Parameter durchgeführt, sodass nicht eindeutig bewertet werden kann, ob der Anstieg der Fettschichtdicke beispielsweise beim Radialistransplantat und beim kutanen

Anteil des Fibulatransplantates nicht eher auf eine BMI Erhöhung zurückzuführen ist, die mit dem Parameter „weiblich“ korreliert, weil vielleicht beispielsweise die überwiegende Anzahl von Frauen übergewichtig war. Dies könnte somit zu falschen Schlüssen führen.

Nakayama et al. veröffentlichten im Jahre 2002 eine Studie, die die Dicke von Radialistransplantat, ALT- Transplantat und Rectus abdominis-Lappen verglich. Dabei wurde, vergleichbar mit der vorliegenden Arbeit, sowohl die Sonographie als Untersuchungsmethode eingesetzt, als auch die gesamte Transplantatdicke bestimmt, Haut und subkutanes Fettgewebe eingeschlossen. Zur Untersuchung wurde ein 7,5 MHz Linearschallkopf angewendet, der eine gute Eindringtiefe aufweist, aber infolge einer geringen Auflösung eine unsichere Differenzierung von Gewebsschichten bietet. Dies könnte zu fehlerhaften Messungen geführt haben. Das Untersuchungskollektiv bestand aus 31 Patienten, die an einem malignen Tumor in der Kopf-Hals-Region erkrankt waren. Demgegenüber untersuchte die vorliegende Arbeit gesunde Probanden. Der durchschnittliche BMI der Patienten lag mit 20,6 (Männer 17.2 bis 26.5) bis 23,4 (Frauen 20.0 bis 28.1) deutlich unter dem Durchschnittswert der vorliegenden Studie. Auch variierte der BMI nicht so stark, deckte dadurch kein gleichermaßen breites Spektrum ab. Die relativ kleine Fallzahl kann eine einseitige Selektion begünstigen. Desweiteren wurde keine Aussage zum Tumorstadium oder einer eventuell bestehenden Kachexie der Patienten getroffen. Die ermittelten Transplantatdicken wurden für das Radialistransplantat mit 2.1 ± 1.0 mm und das ALT- Transplantat mit 7.1 ± 3.4 mm angegeben. Diese Werte sind sehr gering verglichen mit denen der vorliegenden Arbeit sowie der von Yu et al. aus dem Jahre 2004, deren Ergebnisse nachfolgend diskutiert werden.

Seth et al. haben im Jahre 2011 präoperativ 106 Patienten einer computertomographischen Angiographie (CTA) unterzogen. Das 64-Zeilen-Gerät wurde zum Nachweis und zur Lagebestimmung der Hauptperforatoren des ALT- Transplantates eingesetzt (sog. perforator mapping). Als Nebenprodukt erfolgte eine Analyse der subkutanen Fettschichtdicke, die einen signifikanten Geschlechtsdimorphismus zeigte. Das ALT- Transplantat stellt sich in der männlichen Gruppe signifikant dünner (durchschnittliche Dicke ♂ 9,9

mm / ♀ 19,9 mm) dar. Die Fettschichtdicke wurde ebenfalls signifikant durch den BMI beeinflusst, wiederum besonders bei Frauen. Diese Resultate decken sich zwar mit der vorliegenden Studie und der Arbeit von Bierwolf (2002), aber es sollte bedacht werden, dass eine nicht beschriebene Abhängigkeit zwischen „BMI“ und „Geschlecht“ in der Studie von Seth vorliegen könnte, die eine klare Diskriminierung der Einflüsse verhindern und so die von Seth getroffene Aussage verfälschen würde.

Anders als die vorgenannten Studien hat Yu sich in seiner im Jahre 2004 publizierten Arbeit nicht bildgebender Verfahren bedient, sondern eine anatomische Studie zum ALT- Transplantat veröffentlicht. Die Transplantatdickenmessung wurde von Yu intraoperativ mit Hilfe eines Lineals vorgenommen. Nachdem das Transplantat gehoben und auf eine ebene Fläche gelegt worden war, wurden in der Transplantatmitte sowie 5 cm proximal und distal Messungen durchgeführt. Während die Messareale in beiden Studien ein ähnlich gestaltetes Transplantatareal abdecken, fällt der Vergleich dennoch schwer, da eine Stauchung oder Verziehung des Transplantates durch die angewandte Messmethode resultieren könnte. Allerdings waren die durchschnittlichen Transplantatdicken mit $12,5 \pm 6,4$ mm bis $18,3 \pm 8,8$ mm von distal nach proximal mit denen der vorliegenden Arbeit vergleichbar (s. Abb. 3.9f). Auch die entwickelten Aussagen decken sich mit denen der vorliegenden Arbeit. Beispielsweise stellten Yu et al. fest, dass bei sehr dünnen Transplantaten die Dicke im Verlauf von distal nach proximal kaum variiert und dass der ALT- Lappen gleichmäßig beschaffen ist. Es zeigte sich ebenfalls, dass das ALT- Transplantat sowohl vom BMI als auch vom Geschlecht beeinflusst wird, wobei das weibliche Geschlecht allgemein mit höheren Transplantatdicken korreliert.

Résumé:

Die vorliegende Arbeit untersucht den Zusammenhang zwischen Transplantatdicke, BMI, Geschlecht und Rauchen. Der BMI stellte sich als der wesentliche Einflussfaktor heraus. Das Geschlecht war bei einigen Transplantaten ein weiterer erheblicher Faktor, während der Parameter Rauchen nahezu keine Rolle spielte. Diese Erkenntnisse können anhand anderer Studien nachvollzogen werden, auch wenn bislang keine unmittelbar mit der vorliegenden Arbeit vergleichbare Studie existiert.

Im Seitenvergleich liegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Transplantatregionen vor. Es zeigt sich jedoch eine leichte Tendenz der Unterarmklappen auf dem linken, meist nicht dominanten Arm, dünner zu sein. Desweiteren zeigt die kutane Insel des Fibulatransplantates zumindest eine mit dem Radialistransplantat vergleichbare Transplantatdicke und bietet sich somit ebenso für Rekonstruktionen intraoraler Weichgewebe an.

Abschließend muss nachdrücklich empfohlen werden, dass weitere, insbesondere vergleichbare Studien zu diesem Thema durchgeführt werden sollten. Wünschenswert wäre, wie beispielsweise Yu et al. fordern (88), eine Berücksichtigung weiterer Ethnien, um auch diese Patienten in eine optimale Transplantatversorgung einzubeziehen.

5 Zusammenfassung

Autologe mikrochirurgisch anastomosierte Transplantate ermöglichen eine ästhetisch und funktionell zufriedenstellende Rekonstruktion ausgedehnter Gewebedefekte. In der Mund-, Kiefer-, Gesichtsregion sind aufgrund erheblicher Unterschiede in der Struktur der Gesichtsteile entsprechend beschaffene Transplantate gefordert. Entscheidend für den Operationserfolg ist eine sichere präoperative Einschätzung des zu rekonstruierenden Areals, um ein geeignetes Transplantat auszuwählen. Dieses sollte der zu rekonstruierenden Region in Form, Struktur, Textur und Dicke entsprechen. Insbesondere die Dicke des Transplantates entscheidet über das Anwendungsgebiet im Gesichtsbereich. Die vorliegende Arbeit versucht durch eine sonographische Vermessung einiger gebräuchlicher Transplantate zu klären, welche Transplantate für welche Kopf- und Halsregionen geeignet sind. Es wurden verschiedene Parameter, von denen ein Einfluss auf die Ausprägung der Transplantatdicke vermutet wurde, zusätzlich zu den gemessenen Lappendicken erfasst und statistisch in Beziehung dazu gesetzt. Als Parameter wurden das Alter, der BMI, das Geschlecht und eine positive oder negative Rauchanamnese ausgewählt, gestützt auf die von Bierwolf im Jahre 2002 durchgeführte Dissertationsarbeit. Allerdings wurde in der vorliegenden Arbeit die gesamte Dicke gebräuchlicher septokutaner Transplantate gemessen. Ein statistisches Modell wurde erarbeitet, das anhand der vorgenannten Parameter die Lappendicke beschreiben soll und die präoperative Auswahl eines Transplantates erleichtern könnte. Hierzu wurden bei insgesamt 122 Probanden jeweils beidseitig die Dicken des Radialistransplantates, des Ulnaristransplantates, des Paraskapulartransplantates, des Skapulartransplantates, des ALT-Transplantates und des Fibulatransplantates untersucht. Die einzelnen Transplantatregionen wurden in 3-4 Messareale unterteilt, an denen je drei Messungen die Distanz von Hautoberfläche zur Faszie bzw. zur Muskulatur bestimmten.

Die Messungen wurden sonographisch durchgeführt, wobei sichergestellt wurde, dass das Messareal nicht gestaucht wurde. Die resultierenden Messwerte wurden einer statistischen Analyse unterzogen. Diese schloss Korrelationsanalysen zur Beurteilung von Körperseitendifferenzen ein. Ebenfalls

wurde eine Korrelationsanalyse der Parameter bezüglich der Bewertung ihrer Verwendbarkeit in der nachfolgenden Regressionsanalyse durchgeführt. Mit Hilfe von Regressionsanalysen wurde die Auswirkung der einzelnen Parameter arealgenau bestimmt und eine mathematische Beziehung formuliert.

Geschlossen werden kann, dass sich der BMI auf sämtliche Transplantate als entscheidende Einflussgröße auswirkt, wenn auch gewisse Unterschiede bestehen mögen. So sind die distalen Areale von Radialistransplantat und Ulnaristransplantat relativ gering vom BMI beeinflusst, das ALT-Transplantat hingegen seiten- und arealunabhängig am stärksten. Das Geschlecht der Probanden wirkte sich schwächer auf die Transplantatdicke aus, war jedoch bei einigen Transplantaten ein wichtiger Einflussfaktor. Genannt seien hier das ALT- Transplantat und das Fibulatransplantat. Ob eine hinreichende Trennung der Effekte BMI und Geschlecht möglich ist, kann nicht sicher beantwortet werden. Das Probandenalter und der BMI korrelierten stark, daher wurde das Alter nicht in die Regressionsanalyse einbezogen. Der Parameter „Rauchen“ schien bei keinem Transplantat nennenswert dessen Dicke zu beeinflussen. Das dünnste Transplantat war das Ulnaristransplantat. Als generell dickstes Transplantat stellte sich das ALT- Transplantat heraus, während Skapulartransplantat und Paraskapulartransplantat intermediäre Werte aufwiesen und sich damit für Rekonstruktionen größerer Defekte beispielsweise im Mittelgesichtsbereich anbieten.

Desweiteren zeigten sich für Radialis- und Fibulatransplantat sehr ähnliche Werte der Transplantatdicke, auch im Verlauf der Transplantatregionen, obwohl die Ausprägung der Parameter zwischen beiden Transplantaten deutlich differiert. Hieraus kann abgeleitet werden, dass sich die Hautinsel des osteokutanen Fibulatransplantates ebenso für intraoralen Weichgewebersatz eignet wie das Radialistransplantat, welches für Rekonstruktionen in der Mundhöhle seit Jahren einen hohen Stellenwert hat.

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Dicke mikrochirurgischer Transplantate von verschiedenen bestimmbar Faktoren abhängt, mittlerer derer auf die spezielle Situation in einem Individuum rückgeschlossen werden kann.

6 Literaturverzeichnis

1. Wolff K-D, Hölzle F: *Raising of Microvascular Flaps A Systematic Approach*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005
2. Berchtold R: *Chirurgie*. 1075 ff, Elsevier, München Jena, 2008
3. Schwenzer N, Ehrenfeld M: *Spezielle Chirurgie*. 380 ff, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2002
4. Strauch B, Yu H-L: *Atlas of microvascular surgery: anatomy and operative techniques*. Thieme Medical Publishers, Inc., New York, 2006
5. Maruyama Y, Nakajima H, Fossati E, Fujino T, *Free latissimus dorsi myocutaneous flaps in the dynamic reconstruction of cheek defects: a preliminary report*. J Microsurg, 1979. 1(3): p. 231-6.
6. Song R, Gao Y, Song Y, Yu Y, *The forearm flap*. Clin Plast Surg, 1982. 9(1): p. 21-6.
7. Soutar DS, Scheker LR, Tanner NS, McGregor IA, *The radial forearm flap: a versatile method for intra-oral reconstruction*. Br J Plast Surg, 1983. 36(1): p. 1-8.
8. Christie DR, Duncan GM, Glasson DW, *The ulnar artery free flap: the first 7 years*. Plast Reconstr Surg, 1994. 93(3): p. 547-51.
9. Lovie MJ, Duncan GM, Glasson DW, *The ulnar artery forearm free flap*. Br J Plast Surg, 1984. 37(4): p. 486-92.
10. Sieg P, Bierwolf S, *Ulnar versus radial forearm flap in head and neck reconstruction: an experimental and clinical study*. Head Neck, 2001. 23(11): p. 967-71.
11. Khashaba AA, McGregor IA, *Haemodynamics of the radial forearm flap*. Br J Plast Surg, 1986. 39(4): p. 441-50.
12. Fernandez Canedo I, de Troya Martin M, Funez Liebana R, Rivas Ruiz F, Blanco Eguren G, Blazquez Sanchez N, *Preoperative 15-MHz ultrasound assessment of tumor thickness in malignant melanoma*. Actas Dermosifiliogr, 2013. 104(3): p. 227-31.
13. Music MM, Hertl K, Kadivec M, Pavlovic MD, Hocevar M, *Pre-operative ultrasound with a 12-15 MHz linear probe reliably differentiates between*

- melanoma thicker and thinner than 1 mm.* J Eur Acad Dermatol Venereol, 2010. 24(9): p. 1105-8.
14. AWMW, *S3 Leitlinie Mundhöhlenkarzinom.* 2012
 15. Sieg P, Hakim SG, Bierwolf S, Hermes D, *Subcutaneous fat layer in different donor regions used for harvesting microvascular soft tissue flaps in slender and adipose patients.* Int J Oral Maxillofac Surg, 2003. 32(5): p. 544-7.
 16. Yang G, Chen B, Gao Y, Liu X, Li J, Jiang S, He S, *Forearm free skin transplantation.* Natl Med J China, 1981(61): p. 139.
 17. Schusterman MA, Kroll SS, Weber RS, Byers RM, Guillaumondegui O, Goepfert H, *Intraoral soft tissue reconstruction after cancer ablation: a comparison of the pectoralis major flap and the free radial forearm flap.* Am J Surg, 1991. 162(4): p. 397-9.
 18. Germann G, Busching K, Wittemann M, *Two modifications of the radial forearm flap for reconstruction of complex facial defects.* J Reconstr Microsurg, 1999. 15(7): p. 489-93.
 19. Askar I, Oktay MF, Kilinc N, *Use of radial forearm free flap with palmaris longus tendon in reconstruction of total maxillectomy with sparing of orbital contents.* J Craniofac Surg, 2003. 14(2): p. 220-7.
 20. Genden EM, Wallace DI, Okay D, Urken ML, *Reconstruction of the hard palate using the radial forearm free flap: indications and outcomes.* Head Neck, 2004. 26(9): p. 808-14.
 21. Milkov V, *Die mikrochirurgische Transplantation des Radialislappens auf orofaziale Weichgewebsdefekte - eine Untersuchung zu den funktionellen und ästhetischen Ergebnissen in der Spender- und Empfängerregion.* 2011.
 22. Evans HB, Lampe HB, *The radial forearm flap in head and neck reconstruction.* J Otolaryngol, 1987. 16(6): p. 382-6.
 23. Hentz VR, Pearl RM, Grossman JA, Wood MB, Cooney WP, *The radial forearm flap: a versatile source of composite tissue.* Ann Plast Surg, 1987. 19(6): p. 485-98.
 24. Funk GF, Valentino J, McCulloch TM, Graham SM, Hoffman HT, *Anomalies of forearm vascular anatomy encountered during elevation of the radial forearm flap.* Head Neck, 1995. 17(4): p. 284-92.

25. Kim GG, Halvorson EG, Hang AX, Pederson WC, De Santis G, Hackman TG, *Prelamination of radial forearm free flap with buccal mucosa*. Otolaryngol Head Neck Surg, 2013. 148(2): p. 341-3.
26. Villaret DB, Futran NA, *The indications and outcomes in the use of osteocutaneous radial forearm free flap*. Head Neck, 2003. 25(6): p. 475-81.
27. Fujioka M, Hayashida K, Murakami C, Koga Y, *Reconstruction of total nasal defect including skin, bone, and lining, using a single free radial forearm osteocutaneous perforator flap*. Plast Reconstr Surg, 2012. 129(5): p. 854e-7e.
28. Arganbright JM, Tsue TT, Girod DA, Militsakh ON, Sykes KJ, Markey J, Shnyder Y, *Outcomes of the osteocutaneous radial forearm free flap for mandibular reconstruction*. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2013. 139(2): p. 168-72.
29. Jaquet Y, Enepekides DJ, Torgerson C, Higgins KM, *Radial forearm free flap donor site morbidity: ulnar-based transposition flap vs split-thickness skin graft*. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 2012. 138(1): p. 38-43.
30. Kaltman JM, McClure SA, Lopez EA, Pedroletti F, *Closure of the radial forearm free flap donor site defect with a full-thickness skin graft from the inner arm: a preferred technique*. J Oral Maxillofac Surg, 2012. 70(6): p. 1459-63.
31. Fang QG, Shi S, Zhang X, Li ZN, Liu FY, Sun CF, *Upper extremity morbidity after radial forearm flap harvest: a prospective study*. J Int Med Res, 2013.
32. Hallam MJ, Butt DA, Pacifico MD, Coombes DM, *Exploiting the perforator concept to minimise donor site morbidity in harvesting the radial forearm free flap*. Br J Oral Maxillofac Surg, 2013. 51(1): p. 79-80.
33. Lane JC, Swan MC, Cassell OC, *Closure of the radial forearm donor site using a local hatchet flap: analysis of 45 consecutive cases*. Ann Plast Surg, 2013. 70(3): p. 308-12.
34. Bruner TW, Hanasono MM, Skoracki RJ, *Radial forearm free flap morbidity: A rare case of a normal preoperative arteriogram and acute intraoperative hand ischemia*. Can J Plast Surg, 2011. 19(3): p. 102-4.
35. Koshima I, Iino T, Fukuda H, Soeda S, *The free ulnar forearm flap*. Ann Plast Surg, 1987. 18(1): p. 24-9.
36. Van Cann EM, Koole R, *The ulnar forearm free flap for the reconstruction of soft tissue defects in the head and neck area: free flap outcome and*

- donor site outcome*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2009. 108(6): p. 851-4.
37. Sieg P, Dericioglu M, Hansmann C, Jacobsen HC, Trenkle T, Hakim SG, *Long-term functional donor site morbidity after ulnar forearm flap harvest*. Head Neck, 2012. 34(9): p. 1312-6.
38. Tan ST, James DW, Moaveni Z, *Donor site morbidity of free ulnar forearm flap*. Head Neck, 2012. 34(10): p. 1434-9.
39. Hekner DD, Abbink JH, van Es RJ, Rosenberg A, Koole R, Van Cann EM, *Donor-site morbidity of the radial forearm free flap versus the ulnar forearm free flap*. Plast Reconstr Surg, 2013. 132(2): p. 387-93.
40. Salibian AH, Allison GR, Krugman ME, Strelzow VV, Brugman JJ, Rappaport I, McMicken BL, Etchepare TL, *Reconstruction of the base of the tongue with the microvascular ulnar forearm flap: a functional assessment*. Plast Reconstr Surg, 1995. 96(5): p. 1081-9; discussion 1090-1.
41. Salibian AH, Allison GR, Armstrong WB, Krugman ME, Strelzow VV, Kelly T, Brugman JJ, Hoerauf P, McMicken BL, *Functional hemitongue reconstruction with the microvascular ulnar forearm flap*. Plast Reconstr Surg, 1999. 104(3): p. 654-60.
42. Wax MK, Rosenthal EL, Winslow CP, Bascom DA, Andersen PE, *The ulnar fasciocutaneous free flap in head and neck reconstruction*. Laryngoscope, 2002. 112(12): p. 2155-60.
43. Gabr EM, Kobayashi MR, Salibian AH, Armstrong WB, Sundine M, Calvert JW, Evans GR, *Role of ulnar forearm free flap in oromandibular reconstruction*. Microsurgery, 2004. 24(4): p. 285-8.
44. Fatah MF, Nancarrow JD, Murray DS, *Raising the radial artery forearm flap: the superficial ulnar artery "trap"*. Br J Plast Surg, 1985. 38(3): p. 394-5.
45. Devansh, *Superficial ulnar artery flap*. Plast Reconstr Surg, 1996. 97(2): p. 420-6.
46. Sieg P, Jacobsen HC, Hakim SG, Hermes D, *Superficial ulnar artery: curse or blessing in harvesting fasciocutaneous forearm flaps*. Head Neck, 2006. 28(5): p. 447-52.
47. Nassif TM, Vidal L, Bovet JL, Baudet J, *The parascapular flap: a new cutaneous microsurgical free flap*. Plast Reconstr Surg, 1982. 69(4): p. 591-600.

48. Kon M, *The free parascapular flap*. Neth J Surg, 1988. 40(3): p. 80-3.
49. Vaienti L, Soresina M, Menozzi A, *Parascapular free flap and fat grafts: combined surgical methods in morphological restoration of hemifacial progressive atrophy*. Plast Reconstr Surg, 2005. 116(3): p. 699-711.
50. Tseng WS, Cheng MH, Tung TC, Wei FC, Chen HC, *Microsurgical combined scapular/parascapular flap for reconstruction of severe neck contracture: case report and literature review*. J Trauma, 1999. 47(6): p. 1142-7.
51. Birgfeld CB, Low DW, *Total face reconstruction using a pre-expanded, bilateral, extended, parascapular free flap*. Ann Plast Surg, 2006. 56(5): p. 565-8.
52. Janus JR, Carlson ML, Moore EJ, *The scapular, parascapular, and latissimus dorsi flap as a single osteomyocutaneous flap for repair of complex oral defects*. Clin Anat, 2012. 25(1): p. 120-8.
53. Hamilton SG, Morrison WA, *The scapular free flap*. Br J Plast Surg, 1982. 35(1): p. 2-7.
54. dos Santos LF, *The vascular anatomy and dissection of the free scapular flap*. Plast Reconstr Surg, 1984. 73(4): p. 599-604.
55. Mayou BJ, Whitby D, Jones BM, *The scapular flap--an anatomical and clinical study*. Br J Plast Surg, 1982. 35(1): p. 8-13.
56. Granick MS, Newton ED, Hanna DC, *Scapular free flap for repair of massive lower facial composite defects*. Head Neck Surg, 1986. 8(6): p. 436-41.
57. Granick MS, Ramasastry SS, Newton ED, Solomon MP, Hanna DC, Kaltman S, *Reconstruction of complex maxillectomy defects with the scapular-free flap*. Head Neck, 1990. 12(5): p. 377-85.
58. Deschler DG, Hayden RE, *The optimum method for reconstruction of complex lateral oromandibular-cutaneous defects*. Head Neck, 2000. 22(7): p. 674-9.
59. Schlenz I, Korak KJ, Kunstfeld R, Vinzenz K, Plenk H, Jr., Holle J, *The dermis-prelaminated scapula flap for reconstructions of the hard palate and the alveolar ridge: a clinical and histologic evaluation*. Plast Reconstr Surg, 2001. 108(6): p. 1519-24; discussion 1525-6.
60. Nkenke E, Vairaktaris E, Stelzle F, Neukam FW, Stockmann P, Linke R, *Osteocutaneous free flap including medial and lateral scapular crests:*

- technical aspects, viability, and donor site morbidity.* J Reconstr Microsurg, 2009. 25(9): p. 545-53.
61. Hwang JH, Hwang K, Bang SI, Kim DI, Han SH, *Reliability of vascular territory for a circumflex scapular artery-based flap.* Plast Reconstr Surg, 2009. 123(3): p. 902-9.
62. Song YG, Chen GZ, Song YL, *The free thigh flap: a new free flap concept based on the septocutaneous artery.* Br J Plast Surg, 1984. 37(2): p. 149-59.
63. Zhang Q, Qiao Q, Yang X, Wang H, Robb GL, Zhou G, *Clinical application of the anterolateral thigh flap for soft tissue reconstruction.* J Reconstr Microsurg, 2010. 26(2): p. 87-94.
64. Lakhiani C, Lee MR, Saint-Cyr M, *Vascular anatomy of the anterolateral thigh flap: a systematic review.* Plast Reconstr Surg, 2012. 130(6): p. 1254-68.
65. Seth R, Manz RM, Dahan IJ, Nuara MJ, Meltzer NE, McLennan G, Alam DS, *Comprehensive analysis of the anterolateral thigh flap vascular anatomy.* Arch Facial Plast Surg, 2011. 13(5): p. 347-54.
66. Ross GL, Dunn R, Kirkpatrick J, Koshy CE, Alkureishi LW, Bennett N, Soutar DS, Camilleri IG, *To thin or not to thin: the use of the anterolateral thigh flap in the reconstruction of intraoral defects.* Br J Plast Surg, 2003. 56(4): p. 409-13.
67. Yang WG, Chiang YC, Wei FC, Feng GM, Chen KT, *Thin anterolateral thigh perforator flap using a modified perforator microdissection technique and its clinical application for foot resurfacing.* Plast Reconstr Surg, 2006. 117(3): p. 1004-8.
68. Loreti A, Di Lella G, Vetrano S, Tedaldi M, Dell'Osso A, Poladas G, *Thinned anterolateral thigh cutaneous flap and radial fasciocutaneous forearm flap for reconstruction of oral defects: comparison of donor site morbidity.* J Oral Maxillofac Surg, 2008. 66(6): p. 1093-8.
69. Kuo YR, Seng-Feng J, Kuo FM, Liu YT, Lai PW, *Versatility of the free anterolateral thigh flap for reconstruction of soft-tissue defects: review of 140 cases.* Ann Plast Surg, 2002. 48(2): p. 161-6.
70. Wolff KD, Holzle F, Kolk A, Hohlweg-Majert B, Kesting MR, *Suitability of the anterolateral thigh perforator flap and the soleus perforator flap for intraoral reconstruction: a retrospective study.* J Reconstr Microsurg, 2011. 27(4): p. 225-32.

71. Collins J, Ayeni O, Thoma A, *A systematic review of anterolateral thigh flap donor site morbidity*. Can J Plast Surg, 2012. 20(1): p. 17-23.
72. Agostini T, Lazzeri D, Spinelli G, *Anterolateral thigh flap: systematic literature review of specific donor-site complications and their management*. J Craniomaxillofac Surg, 2013. 41(1): p. 15-21.
73. Townley WA, Royston EC, Karmiris N, Crick A, Dunn RL, *Critical assessment of the anterolateral thigh flap donor site*. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2011. 64(12): p. 1621-6.
74. Boca R, Kuo YR, Hsieh CH, Huang EY, Jeng SF, *A reliable parameter for primary closure of the free anterolateral thigh flap donor site*. Plast Reconstr Surg, 2010. 126(5): p. 1558-62.
75. Rozen WM, Ashton MW, Pan WR, Kiil BJ, McClure VK, Grinsell D, Stella DL, Corlett RJ, *Anatomical variations in the harvest of anterolateral thigh flap perforators: a cadaveric and clinical study*. Microsurgery, 2009. 29(1): p. 16-23.
76. Koshima I, Fukuda H, Utunomiya R, Soeda S, *The anterolateral thigh flap; variations in its vascular pedicle*. Br J Plast Surg, 1989. 42(3): p. 260-2.
77. Riva FM, Tan NC, Liu KW, Hsieh CH, Jeng SF, *Anteromedial thigh perforator free flap: report of 41 consecutive flaps and donor-site morbidity evaluation*. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2013. 66(10): p. 1405-14.
78. Taylor GI, Miller GD, Ham FJ, *The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular techniques*. Plast Reconstr Surg, 1975. 55(5): p. 533-44.
79. Hidalgo DA, *Fibula free flap: a new method of mandible reconstruction*. Plast Reconstr Surg, 1989. 84(1): p. 71-9.
80. Hidalgo DA, Rekow A, *A review of 60 consecutive fibula free flap mandible reconstructions*. Plast Reconstr Surg, 1995. 96(3): p. 585-96; discussion 597-602.
81. Disa JJ, Cordeiro PG, *Mandible reconstruction with microvascular surgery*. Semin Surg Oncol, 2000. 19(3): p. 226-34.
82. Zimmermann CE, Borner BI, Hasse A, Sieg P, *Donor site morbidity after microvascular fibula transfer*. Clin Oral Investig, 2001. 5(4): p. 214-9.
83. Wei FC, Seah CS, Tsai YC, Liu SJ, Tsai MS, *Fibula osteoseptocutaneous flap for reconstruction of composite mandibular defects*. Plast Reconstr Surg, 1994. 93(2): p. 294-304; discussion 305-6.

84. Sieg P, Zieron JO, Bierwolf S, Hakim SG, *Defect-related variations in mandibular reconstruction using fibula grafts. A review of 96 cases.* Br J Oral Maxillofac Surg, 2002. 40(4): p. 322-9.
85. Clemenza JW, Rogers S, Magennis P, *Pre-operative evaluation of the lower extremity prior to microvascular free fibula flap harvest.* Ann R Coll Surg Engl, 2000. 82(2): p. 122-7.
86. Hölzle F, Franz EP, von Diepenbroick VH, Wolff KD, *[Evaluation of the lower leg vessels before microsurgical fibula transfer. Magnetic resonance angiography versus digital subtraction angiography].* Mund Kiefer Gesichtschir, 2003. 7(4): p. 246-53.
87. Timmons MJ, *The vascular basis of the radial forearm flap.* Plast Reconstr Surg, 1986. 77(1): p. 80-92.
88. Yu P, *Characteristics of the anterolateral thigh flap in a Western population and its application in head and neck reconstruction.* Head Neck, 2004. 26(9): p. 759-69.
89. Bierwolf S, *Sonographische Analyse der subkutanen Fettschicht verschiedener Spenderregionen autologer Weichteiltransplantate.* Med. Diss. Lübeck, 2002
90. Chien CY, Hwang CF, Chuang HC, Jeng SF, Su CY, *Comparison of radial forearm free flap, pedicled buccal fat pad flap and split-thickness skin graft in reconstruction of buccal mucosal defect.* Oral Oncol, 2005. 41(7): p. 694-7.
91. Chiu WK, Lin WC, Chen SY, Tzeng WD, Liu SC, Lee TP, Chen SG, *Computed tomography angiography imaging for the chimeric anterolateral thigh flap in reconstruction of full thickness buccal defect.* ANZ J Surg, 2011. 81(3): p. 142-7.
92. Nakayama B, Hyodo I, Hasegawa Y, Fujimoto Y, Matsuura H, Yatsuya H, Torii S, *Role of the anterolateral thigh flap in head and neck reconstruction: advantages of moderate skin and subcutaneous thickness.* J Reconstr Microsurg, 2002. 18(3): p. 141-6.

7 Danksagung

Ein weiteres Mal darf ich herzlich allen danken ich an der Erstellung dieser Arbeit beteiligt waren, zuerst den Probandinnen und Probanden, die sich zur Verfügung gestellt haben.

Meinen Kollegen und meiner Familie, mit meiner Partnerin, meinen Eltern und Geschwistern und selbstverständlich meinem besten Freund danke ich von ganzem Herzen, dass sie noch einmal verständnisvoll, geduldig, liebevoll und kraftspendend so viel Unterstützung geleistet haben.

Natürlich bedanke ich mich ganz herzlich bei meinem Chef Herrn Prof. Dr. Dr. Peter Sieg, der mir auch während dieser zweiten Arbeit stets ansprechbar, mit viel persönlicher Motivation zur Seite stand.

Mein ganz besonderer Dank aber gilt Herrn Privatdozent Dr. Dr. Samer Hakim für die Überlassung der interessanten Themenstellung, die exzellente Betreuung und seine ständige Gesprächs- und unermüdliche Hilfsbereitschaft.

Ebenfalls möchte ich mich bei Frau Dr. Hemmelmann bedanken, die mir im Hinblick auf Studienplanung und statistische Auswertung gerne zur Seite gestanden hat.