

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Univ.-Prof. Dr. Dr. Norbert R. Kübler

**Gewebeexpander für Weichgeweberekonstruktionen
im Kopf-Hals-Bereich –
Anforderungen und Grenzen**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Stephanie Schultz

2013

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez. Univ.-Prof. Dr. med. Joachim Windolf
Dekan

Referent: Prof. Dr. Dr. Handschel

Korreferent: apl. Prof. Dr. Lögters

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Handschel, J., Schultz, S., Depprich, R. A., Smeets, R., Sproll, C., Ommerborn, M. A., Naujoks, C., Kübler, N. R., Zimmermann, A., 2012, „Tissue expanders for soft tissue reconstruction in the head and neck area-requirements and limitations“. *Clinical Oral Investigations* (2013) 17: 573-578

Zusammenfassung

Die Wiederherstellung von Weichgewebedefekten im Kopf- und Halsbereich stellt in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie eine große Herausforderung dar. Gewebeexpansion wird als ein Therapieverfahren beschrieben, das gute Ergebnisse bezüglich Ästhetik und Funktion der expandierten Haut bietet.

Die in der Literatur beschriebenen Komplikationsraten für dieses Verfahren liegen aber zwischen 0 und 48 %.

Daher bestand das Ziel dieser retrospektiven Untersuchung in der Ermittlung von Risikofaktoren für die plastische Rekonstruktion von Weichteildefekten im Kopf-Hals-Bereich mittels Gewebeexpandertechnik.

49 Patienten mit Weichteildefiziten im Kopf-Hals-Bereich unterzogen sich in den Jahren 1999 bis 2010 in der Klinik für Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf einer Gewebeexpansion. 62 implantierte Expander wurden hinsichtlich der verschiedenen Komplikationen und der Erfolgsrate untersucht.

Erfolgreich abgeschlossen wurde die Behandlung bei 37 aller 49 untersuchten Patienten (75,5 %). Der häufigste Grund für das Hautdefizit war eine Tumorsektion im Bereich der Nasenspitze, gefolgt von Hautdefekten verursacht durch Kraniektomie.

Interessanterweise korrelierten eine höhere Anzahl an implantierten Expandern pro Patient und ein größeres Expandervolumen signifikant mit der Misserfolgsrate. Außerdem wurde tendenziell ein Zusammenhang zwischen größeren Defekten und einer höheren Misserfolgsrate verzeichnet.

Die Gewebeexpansion mit internen Expandern gilt folglich als eine nützliche Therapieform für die Wiederherstellung von Weichteildefiziten im Kopf- und Gesichtsbereich. Im Vergleich zu gestielten Lappenplastiken oder freien Hauttransplantaten bietet sie häufig ein besseres kosmetisches Ergebnis.

Bei der Rekonstruktion großer Defekte (größer 105 cm²) oder wenn mehr als zwei Expander benötigt werden, steigt die Komplikationsrate signifikant an. In diesen Fällen werden daher alternative Therapiemöglichkeiten empfohlen.

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
cm²	Quadratcentimeter
cm³	Kubikcentimeter
g	Gramm
Gy	Gray
i. d. R.	in der Regel
M.	Musculus
mbar	Millibar
MKG	Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie
ml	Milliliter
mm	Millimeter
SMAS	<i>superficial musculoaponeurotic system</i>
Tab.	Tabelle
UKD	Universitätsklinikum Düsseldorf

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	I
Abkürzungsverzeichnis	II
Inhaltsverzeichnis	III
1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Geschichte der Gewebeexpansion	3
1.3 Aufbau und Funktionen der Haut und Kopfhaut	4
1.4 Histomorphologie der Hautdehnung	6
1.5 Zeitabhängige Formen der Gewebeexpansion	9
1.5.1 Intraoperative Expansion	9
1.5.2 Kurzzeitexpansion	9
1.5.3 Langzeitexpansion	10
1.6 Expandersysteme	10
1.6.1 Interne Expander	10
1.6.2 Externe Expander	12
1.6.3 Osmotisch aktive Expander	13
1.7 Indikationen	14
1.8 Komplikationen	17
2 Ziel der Arbeit	21
3 Material und Methode	22
3.1 Studienaufbau	22
3.2 Patienten	22
3.3 Verwendete Expander	22

3.4	Chirurgisches Vorgehen	24
3.4.1	Expanderimplantation	24
3.4.2	Expanderexplantation und Defektdeckung	27
3.5	Füllungsperiode	29
3.6	Methodisches Vorgehen	30
3.7	Statistische Auswertung	31
3.8	Ethikvotum	31
4	Ergebnisse	32
<hr/>		
5	Diskussion	39
<hr/>		
6	Schlussfolgerung	47
<hr/>		
7	Literaturverzeichnis	49
<hr/>		
8	Abbildungsverzeichnis	54
<hr/>		
9	Tabellenverzeichnis	55
<hr/>		

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Rekonstruktion ausgedehnter Weichteildefekte im Kopf-Hals-Bereich gilt als große Herausforderung in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie. Sie stellt Operateure vor die Aufgabe, teils sehr komplexe Verletzungen bzw. Gewebedefizite im sichtbaren Bereich funktional und ästhetisch wiederherzustellen. Verbrennungen, Verkehrsunfälle und umfangreiche Tumorexzisionen stellen nur Beispiele für die Ursachen der Defekte dar, die entweder nur das Weichgewebe betreffen oder auch das darunterliegende Hartgewebe inkludieren.

Die verschiedenen Möglichkeiten der Lappenplastiken bilden häufig die Therapie der Wahl, um Weichgewebedefekte funktionsgerecht zu verschließen. Dazu gehören die lokalen Lappenplastiken mit zufallsverteilter Gefäßmuster (*Random Pattern Flap*), die gestielten Lappenplastiken, die entweder über einen Gefäßstiel mit dem benachbarten Gewebe verbunden sind oder einer entfernten Donorstelle entstammen und über eine mikrovaskuläre Anastomosierung in der Empfängerregion angeschlossen werden, und die freien Hauttransplantate ohne eigene Gefäßversorgung.

Lokale Lappenplastiken, wie beispielsweise Rotationsplastiken oder Verschiebeplastiken, finden besonders im Gesichtsbereich ihre Anwendung, da hier durch die enge Lagebeziehung von Spender- und Empfängerstelle eine große Übereinstimmung in Farbe, Dicke und Haarwachstum besteht und damit ein größtmögliches Maß an Ästhetik erreicht werden kann.

Lappenplastiken zur Deckung von größeren Defekten entstammen meist einer entfernten Spenderstelle und können neben der Haut auch Muskel und/oder Knochen beinhalten. Sie sind gestielt oder enthalten eine mikrovaskulär anastomosierte Gefäßversorgung (Petres and Rompel 2007).

Freie Hauttransplantate sind bei größeren, flachen Defekten indiziert, wenn keine Fernlappenplastiken möglich sind. Sie entstammen ebenfalls einer

entfernten Donorstelle, bringen jedoch im Unterschied zu Fernlappenplastiken keine eigene Gefäßversorgung mit sich.

Man unterscheidet Spalthauttransplantate, bei denen die Epidermis und die oberste Schicht der Dermis transplantiert werden, von Vollhauttransplantaten, die Epidermis und Dermis mit Hautanhangsgebilden enthalten.

Spalthauttransplantate werden aufgrund ihrer Schrumpfungstendenz und ihrer Koloriteigenschaften nicht für die Defektdeckung im Gesichtsbereich empfohlen, wohingegen es für Vollhauttransplantate im Gesicht verschiedene Indikationen gibt, wie beispielsweise im Lid-, Stirn- oder Nasenbereich. Auch bei Vollhauttransplantaten kommt es bezüglich der Pigmentierung oft zu einem eingeschränkten ästhetischen Ergebnis, jedoch zeigt sich bei dieser Methode eine geringere Schrumpfungstendenz des Transplantates.

Die genannten Lappenplastiken bieten einerseits die Möglichkeit, Defekte im Kopf- und Halsbereich funktionell verschließen zu können, sie sind aber auch vielfach mit Einschränkungen verbunden.

Dazu gehören zusätzlich entstehende Narben sowie Defekte oder Deformationen in der Spenderregion, die zu weiteren Komplikationen führen können. Außerdem besteht besonders bei der Therapie mit freien Hauttransplantaten das Problem, dass die Empfängerregionen zwar funktionell gedeckt werden können, dies jedoch mit teils erheblichen Einschränkungen bezüglich der Ästhetik einhergeht. Gerade große Weichteildefizite im Bereich der behaarten Kopfhaut können mit den genannten Therapiemaßnahmen meist nicht ästhetisch zufriedenstellend behandelt werden.

Eine Erweiterung der Möglichkeiten stellt in diesem Zusammenhang die Expandertechnik dar. Sie bewirkt einen lokalen Überschuss an Haut und Subkutangewebe, der für den Defektverschluss eingesetzt wird. Ein Gewebeexpander ist ein Silikonballon mit einem selbstschließenden Ventil, der i. d. R. subkutan implantiert wird. Über einen Zeitraum von mehreren Wochen bis Monaten wird Kochsalzlösung instilliert, sodass sich der Expander stetig vergrößert und eine Hautdehnung verursacht. Die Expandertechnik erlaubt es, gerade in ästhetisch anspruchsvollen und exponierten Regionen, wie dem Gesicht oder der behaarten Kopfhaut, exzellente Ergebnisse zu erzielen, da Defekte mit regionaler Haut gedeckt werden können, die eine ähnliche oder gleiche Struktur, Dicke und Pigmentierung aufweist (Chun and Rohrich 1998).

1.2 Geschichte der Gewebeexpansion

Das Prinzip der chirurgischen Gewebeexpansion beruht auf der physiologischen Dehnbarkeit und Elastizität der Haut. Diese Eigenschaft lässt sich naturgemäß beispielsweise an der Bauchdeckenvergrößerung während der Schwangerschaft, der weiblichen Brustvergrößerung in der Pubertät und bei ausgedehnten subkutanen Tumoren beobachten (Siegert 2004).

Auch in verschiedenen Völkern und Kulturen der Erde wird seit Urzeiten die natürliche Gewebedehnung genutzt, um Schönheitsideale umzusetzen oder Stammeszugehörigkeit zu signalisieren. Die Surma in Ostafrika beispielsweise zeichnen sich durch die Lippenteller der Frauen aus. In die durchbohrten Lippen werden zunächst Teller aus Ton oder Holz von kleinem Umfang eingesetzt. Diese werden über einen Zeitraum von mehreren Monaten durch immer größere Durchmesser ersetzt. Es gilt, dass eine Braut umso kostbarer ist, je größer sich das Ausmaß ihres Lippentellers darstellt.

Die Gewebeexpansion als Methode zur Weichteilrekonstruktion im Bereich des Kopfes wurde erstmals 1957 von Neumann eingesetzt (Neumann 1957). Er berichtet von einem 52-jährigen Patienten, bei dem fünfzehn Jahre zuvor ein traumatischer Verlust von zwei Dritteln seines rechten Ohrs stattgefunden hatte. Um Weichgewebe zur Rekonstruktion zu gewinnen, wurde dem Patienten rechtsseitig ein Gummiballon nahe dem Defekt subkutan implantiert. Durch das Befüllen mit kleinen Mengen Luft über ein extern liegendes Ventil wurde der Ballon sukzessive aufgedehnt. Nach zwei Monaten war die Hautfläche um etwa fünfzig Prozent vergrößert, sodass in einer weiteren Operation die Entfernung des Ballons folgte und das rechte Ohr mühelos rekonstruiert werden konnte.

Erst Mitte der Siebziger Jahre sorgte Radovan für einen weiteren entscheidenden Fortschritt in der Geschichte der Gewebeexpander. Er stellte eine modifizierte Form aus Silikonelastomer mit einem selbstschließenden Ventil vor, das über einen Silikonschlauch mit dem Expanderlumen verbunden war (Radovan 1976). Das System bot insbesondere die Möglichkeit der Kontrolle der Gewebedehnung bei steriler Implantation des Expanders (Exner 2003).

Dieses Prinzip fand seither einen breiten klinischen Einsatz mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten (Chun and Rohrich 1998). Radovan beschrieb 1984 die Möglichkeit der Anwendung in nahezu jedem Bereich des Körpers (Radovan 1984).

Es wurde fortan besonders häufig in der rekonstruktiven Mammachirurgie, hauptsächlich nach radikaler Mastektomie, eingesetzt (Radovan 1982, Argenta, Marks et al. 1983, Argenta 1984, McCraw, Horton et al. 1987, Cohen, Casso et al. 1992). Auch der erfolgreiche Einsatz im Kopf-Hals-Bereich wurde zahlreich beschrieben (Manders, Schenden et al. 1984, Kabaker, Kridel et al. 1986, Matthews and Missotten 1986, Buhrer, Huang et al. 1988, Hudson and Grobbelaar 1995, Silfen, Hudson et al. 2000). Die Expansion des Skalps wurde seit dem Jahre 1982 durchgeführt (Van Damme, Heidbüchel et al. 1992).

1.3 Aufbau und Funktionen der Haut und Kopfhaut

Die Haut (Kutis) bildet eine mechanische und funktionelle Barriere zwischen dem Organismus und der Umwelt. Eine entscheidende Funktion stellt der Schutz vor mechanischen Verletzungen, Mikroorganismen, Austrocknung und chemischen Reizen dar. Die Haut schützt den Körper außerdem vor physikalischen Reizen, wie Hitze- und Kälteeinwirkungen und UV-Strahlung. Sie trägt zur Immunabwehr und Temperaturregulation bei und vermittelt Tast- und Schmerzreize. Sie spielt außerdem eine Rolle in der Kommunikation zwischen Individuen.

Um diese zahlreichen Funktionen erfüllen zu können, weist die Haut einen charakteristischen Aufbau aus drei Schichten auf, der Epidermis, Dermis und Subkutis.

Eine Sonderstellung nimmt der Aufbau des Skalps, der behaarten Kopfhaut, ein. Mit einer Stärke von 3-8 mm stellt er die dickste Haut des Körpers dar und setzt sich neben dem beschriebenen Aufbau der Haut aus weiteren Schichten zusammen: Äußerlich findet sich dort ebenfalls Haut (Epidermis und Dermis) mit darunterliegendem Subkutangewebe. Im Gegensatz zur restlichen Haut des Körpers befindet sich unterhalb der Subkutis die Galea aponeurotica, eine

fibröse Verbindung zwischen dem Musculus frontalis und Musculus occipitalis. Lockeres Bindegewebe stellt die Verbindung zwischen der Galea aponeurotica und dem Perikranium dar, welches an das Kranium grenzt. Dieses wird aus Tabula externa und Tabula interna gebildet, die mit den Hirnhäuten das Gehirn bedeckt (Weyand 2011). Die Galea ist mit dem Perikranium locker und mit der Kopfhaut fest verbunden, was für die gute Verschieblichkeit der Kopfhaut sorgt.

Die Epidermis (Oberhaut) bildet die äußere Schicht der Haut und ist ein mehrschichtiges verhornendes Plattenepithel. Sie wird von innen nach außen in ein Stratum basale, Stratum spinosum, Stratum granulosum und Stratum corneum eingeteilt. Die Epidermis besteht zum größten Teil aus Keratinozyten und wird in einem ständigen Prozess erneuert. Dieser so genannte Turnover der gesunden Epidermis dauert etwa 28 Tage (Wolff 2005). Dabei wandern die Keratinozyten, die im Stratum basale aus Stammzellen gebildet werden, bis ins Stratum corneum und verändern dabei ihre Form und Funktion. Der Übergang von Basalzellen über Stachel- und Körnerzellen zu Hornzellen spiegelt sich in den einzelnen Schichten der Epidermis wieder. Die dichte Hornschicht bildet eine Barriere des Organismus zu seiner Umwelt (Furter and Jasch 2007).

Die Epidermis enthält Nerven, aber keine Blut- und Lymphgefäße, sie wird über die Dermis ernährt. Neben den genannten Keratinozyten beinhaltet die Epidermis außerdem Melanozyten, die durch Melaninproduktion vor UV-Strahlung schützen, und Langerhans-Zellen. Diese gehören zu den dendritischen Zellen, den antigenpräsentierenden Zellen des Immunsystems. In der Epidermis befinden sich zudem Merkel-Zellen, die die Funktion der Mechanorezeption übernehmen, und es treten vereinzelt Lymphozyten auf (Furter and Jasch 2007).

Die Grenze zwischen Epidermis und Dermis bildet die Dermo-epidermale Junctionszone. Sie wird durch Verzahnung sowohl von den basalen Keratinozyten der Epidermis, als auch von den Fibroblasten der Dermis gebildet und enthält die Basalmembran (Wolff 2005, Furter and Jasch 2007).

Die Dermis (Lederhaut) ist für die Elastizität und Reißfestigkeit der Haut verantwortlich und gliedert sich von außen nach innen in das Stratum papillare und das Stratum reticulare. Sie besteht größtenteils aus Kollagenfaserbündeln

und netzartig angeordneten elastischen Fasern, die beide von Fibroblasten gebildet werden (Wolff 2005).

Die gelartige Extrazellulärmatrix, von der die Fibroblasten und Bindegewebsfasern umgeben sind, besteht aus Proteoglykanen.

Neben den Fibroblasten finden sich Histiozyten, Mastzellen und T-Lymphozyten in der Dermis sowie Hautanhangsgebilde (Adnexe), Gefäße und Nerven (Furter and Jasch 2007).

Die Subkutis (subkutanes Fettgewebe) setzt sich aus Fettgewebe, durchzogen von Bindegewebssepten, zusammen. Außerdem enthält sie Blut- und Lymphgefäße sowie Nerven. Sie übernimmt die Funktion eines Schutzpolsters, der Energiespeicherung und der Hautverschieblichkeit.

Wie oben bereits erwähnt, ist die Dermis für die Reißfestigkeit und Elastizität der Haut verantwortlich. Wirkt ein Dehnungsreiz auf die Haut, so kommt deren Elastizität in der Anfangsphase nicht durch Dehnung der einzelnen Bestandteile zustande, sondern durch deren architektonische Umgestaltung. Durch die Dehnung wird eine Zugkraft auf das Gewebe ausgeübt. Die Kollagenfasern, die normalerweise in lockeren Bündeln angeordnet sind, werden zunächst gestrafft und richten sich parallel aus. Nimmt der Zug zu, werden immer mehr Fasern einbezogen und der Dehnungswiderstand wächst. Hat dieser sein Maximum erreicht und der Zug wird weiter ausgeübt, „fließen“ die Fasern und es resultiert eine bleibende Dehnung. Die Dehnbarkeit und Straffheit der Haut sind somit auf die Funktion der kollagenen Fasern zurückzuführen, die elastischen Fasern sind dafür verantwortlich, dass das Gewebe in seine Ursprungslage zurückschnellt (Fritsch 2004).

1.4 Histomorphologie der Hautdehnung

Als Reaktion auf eine kontinuierliche Dehnung finden zahlreiche morphologische Umbauprozesse im Gewebe statt.

Durch die Gewebeexpansion findet eine Vergrößerung der Oberfläche der expandierten Haut statt. Interessanterweise lässt sich jedoch keine

Verringerung der Dicke der Epidermis feststellen, es wird vielmehr von einer Verdickung der Epidermis berichtet (Austad, Pasyk et al. 1982, Hoffmann 2009). Die Mitoserate in der expandierten Epidermis ist signifikant erhöht, was auf die Fähigkeit der Haut, die Dicke der Epidermis zu regulieren, schließen lässt (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Die Verdickung der Epidermis scheint nur temporär zu bestehen, da mikroskopische Untersuchungen zwei Jahre nach Abschluss der Expansion zeigen, dass die Haut die gleiche Dicke aufweist wie die von Personen einer Kontrollgruppe sowie keine Überbleibsel einer fibrösen Kapsel zu erkennen sind (Pasyk, Argenta et al. 1988).

Untersuchungen zeigen, dass in der Dermis signifikante Umbauprozesse während der Expansion stattfinden. Sie verdünnt sich um 30-50 %, besonders bei Beschleunigung der Expansion (Pasyk, Argenta et al. 1987, Pasyk, Argenta et al. 1988, Hoffmann 2009). Doch auch diese Verdünnung dürfte sich nach Kabaker et al. nach Entfernung des Expanders wieder normalisieren (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Die Fibroblastenaktivität und damit die Kollagensynthese im Stratum papillare und im Stratum reticulare ist während des Expansionsprozesses gesteigert, um zu versuchen, die normale Dicke der Dermis wiederherzustellen, während die physiologische Anordnung der Kollagenfasern verändert ist (Kabaker, Kridel et al. 1986, Hoffmann 2009).

Es kann eine vermehrte Pigmentation des expandierten Gewebes beobachtet werden, was auf eine temporär gesteigerte Melaninproduktion zurückzuführen ist (Hoffmann 2009).

Der Abstand zwischen den einzelnen Haarfollikeln vergrößert sich während der Expansion, wodurch das Haar etwas weniger dicht erscheinen kann. Jedoch bleibt die Anzahl an Haarfollikeln bestehen, es werden keine neuen Follikel gebildet (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Die Expansion hat auch Einflüsse auf das subkutane Gewebe. Es ist eine Abnahme der Anzahl an Fettzellen zu beobachten. Diese Veränderung scheint permanent zu bestehen, wie Biopsien mehrere Jahre nach der Hautexpansion beweisen (Kabaker, Kridel et al. 1986). Fettgewebe zeigt eine geringe Toleranz gegenüber Expansion und verliert dabei bis zu fünfzig Prozent seiner Dicke (Hoffmann 2009).

Es wird ebenfalls von einer Verdünnung der Muskulatur berichtet, wobei nach Kabaker et al. dadurch jedoch kein Funktionsverlust auftritt (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Nach Hoffmann wurden neben der Verdünnung der Muskulatur auch Nekrosen, Atrophien und klinische Schwäche derselbigen beobachtet. Im Kopf-Hals-Bereich sind diese Parameter vorwiegend von Bedeutung, wenn sie den M. frontalis oder die mimische Muskulatur betreffen (Hoffmann 2009).

Einen großen Einfluss hat der Prozess der Expansion auf die Vaskularisierung des Gewebes, da chronische Gewebeexpansion einen starken Stimulus für die Proliferation von Gefäßen darstellt (Cherry, Austad et al. 1983). Es wird eine Zunahme an Kapillaren, Venolen und Arteriolen, sowie eine Verlängerung der vaskulären Strukturen beobachtet (Hong, Stark et al. 1987). Dies ist besonders nützlich in Gebieten, in denen die Blutversorgung ohnehin eingeschränkt ist und erhöht die Erfolgsrate der plastischen Deckung (Hoffmann 2009).

Während sich ein Expander in situ befindet, bildet sich eine dichte fibröse Kapsel mit eigener Vaskularisierung um das Implantat. Dies bietet in besonderer Weise die Möglichkeit der Verbesserung der Lappendurchblutung (Exner 2003).

Die Kapsel wird von aktiven Fibroblasten gebildet, die Kollagen produzieren, das parallel zur Implantatoberfläche angeordnet wird (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Mit dieser bindegewebigen Kapsel steht neues Gewebe zur Verfügung, das bei der Expanderexplantation nicht entfernt werden muss, sondern bei der Defektdeckung genutzt werden kann. Mayer und Amarante et al. empfehlen Entlastungsinzisionen in der Kapsel, um die Gewebespannung zu reduzieren und somit die Einpassung zu erleichtern (Mayer, Amarante et al. 1989).

Nach Hoffmann besteht die Möglichkeit, die Kapsel bei Bedarf vorsichtig zu exzidieren (Hoffmann 2009). Dies kann besonders in ästhetisch anspruchsvollen Regionen erforderlich sein, da die fibröse Kapsel zur Schrumpfung des Lappens nach der Defektdeckung beiträgt. Durch die Kontraktion und Schrumpfung verdickt sich der Lappen, was besonders bei Stirnlappen zur Nasenrekonstruktion nicht erwünscht ist.

Nervales Gewebe reagiert tolerant auf eine Expansion und es findet eine Verlängerung von Nerven ohne Nekrose statt. Die Verlängerung kann laut einer

Studie von Milner et al. bis zu 32 % betragen (Milner and Wilkins 1992). Jedoch besteht das Risiko einer eingeschränkten Funktion der Nerven nach einer Expansion. Daher empfiehlt Hoffmann eine Expanderimplantation oberhalb der Gesichtsnerven und oberhalb des SMAS (*superficial musculoaponeurotic system*), um das Risiko einer Nervschädigung zu verringern (Hoffmann 2009).

1.5 Zeitabhängige Formen der Gewebeexpansion

In Abhängigkeit von dem zeitlichen Vorgehen lassen sich drei Expansionsarten mit ganz unterschiedlichen biologischen Wirkungsweisen unterscheiden (Siegert 2004):

1.5.1 Intraoperative Expansion

Die intraoperative Expansion über etwa zwei Stunden führt zu einer subkutanen Mobilisation und einer schnellen Dehnung der Haut (Siegert 2004, Hoffmann 2009). Sie wird in Intervallen von fünf Minuten in dem gleichen operativen Eingriff durchgeführt, in dem Gewebelappen gebildet und mobilisiert werden (Siegert, Weerda et al. 1993, Hoffmann 2009). Es finden im Gegensatz zur Langzeitexpansion keine physiologischen und metabolischen Umbauprozesse im Gewebe statt, die Verlängerung des Hautlappens ist vielmehr mechanischen Ursprungs, indem die natürliche Dehnbarkeit der Haut genutzt wird (Hoffmann 2009). Dabei kommt es zur Umverteilung von interstitieller Flüssigkeit und Grundsubstanz, zur Fragmentierung von Elastin und einer Umordnung der Kollagenfasern (Pasyk, Argenta et al. 1987, Hoffmann 2009).

1.5.2 Kurzzeitexpansion

Die Kurzzeitexpansion wird über 1-2 Wochen durchgeführt und dient einer Erhöhung der Lappendurchblutung (Siegert 2004). Der Expander wird intraoperativ mit etwa 10-20 % des Gesamtvolumens befüllt. Etwa eine Woche

später erfolgt eine weitere Füllung, die durch ein ischämisches Abblassen des Gewebes, subjektiv empfundenes Schmerzempfinden des Patienten und die Spannung der Haut limitiert wird. Es resultiert eine dezente subkutane Mobilisation sowie eine vermehrte Mikrozirkulation im expandierten Gebiet. Letzteres ist auf einen Wachstumsstimulus auf das Gefäßsystem zurückzuführen, der durch die Hypoxie während der Expansion ausgelöst wird (Siegert and Weerda 1994, Siegert and Weerda 1994, Schneider 2008).

1.5.3 Langzeitexpansion

Die Langzeitexpansion nimmt je nach Defektgröße mehrere Wochen bis Monate in Anspruch (Siegert 2004). Nach der Implantation eines oder mehrerer Expander und einer Einheilungsphase werden die Expander etwa einmal pro Woche mit steriler Kochsalzlösung befüllt. Bei diesem Prozess kommt es nicht nur zu einer mechanischen Hautdehnung, sondern zu einem echten Hautwachstum (Siegert 2004). Das Prinzip der Langzeitexpansion kommt bei den untersuchten Expandern der vorliegenden Studie zur Anwendung. Es finden zahlreiche morphologische Umbauprozesse statt, auf die im obigen Kapitel „Histomorphologie der Hautdehnung“ bereits näher eingegangen wurde.

1.6 Expandersysteme

1.6.1 Interne Expander

Konventionelle Hautexpander stellen ein hydraulisches System dar, sie sind Silikonballons in zahlreichen Formen und Größen mit selbstdichtenden Ventilen, sogenannten Ports (Lasheen, Saad et al. 2009). Durch die Ventile wird Kochsalzlösung instilliert, um das Expandervolumen sukzessive zu vergrößern und somit das darüberliegende Gewebe zu dehnen (Lasheen, Elzeftawy et al. 2007).

Gewebeexpander werden in der Nähe des bestehenden Defekts oder des zu exzidierenden Areals subkutan implantiert (Petres and Rompel 2007). Im Bereich des Skalps besteht die Möglichkeit der supra- oder subgalealen Implantation (Prakash, Tandon et al. 2006).

Entsprechend der Indikationen werden die passenden Expander ausgewählt (Mayer, Amarante et al. 1989). Es sind runde, ovale, rechteckige oder sichelförmige Modelle in jeweils verschiedenen Größen erhältlich, sowie Expander mit integriertem oder entfernt liegendem Port. Der Distanzport ist über eine Schlauchverbindung mit dem Expanderlumen verbunden. Dies reduziert das Risiko einer Verletzung der Expanderhülle während der Injektion. Die Befüllung beginnt etwa zwei Wochen nach der Expanderimplantation, nach Abschluss der primären Wundheilung (Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Hoffmann 2009).

Entfernt liegende Ports werden dazu meist palpatorisch gefunden oder ihre Lage ist an der darüberliegenden Haut mit einer Markierung versehen. Integrierte Ports können über eine magnetische Markierung aufgesucht werden (Mayer, Amarante et al. 1989).

Durch den Port wird in Intervallen von einigen Tagen Natriumchlorid in den Expander injiziert, der sich dadurch sukzessive vergrößert (Lasheen, Saad et al. 2009). Bei diesem Prinzip wird die natürliche Elastizität und Dehnbarkeit der Haut genutzt, wie sie naturgemäß während der Schwangerschaft oder bei muskulärem Wachstum beobachtet wird (Petres and Rompel 2007). Bei einem andauernden Dehnungsreiz finden oben genannte histomorphologische Veränderungen des Gewebes statt (Hoffmann 2009).

Bei jeder Füllung des Expanders wird soviel Natriumchlorid injiziert, bis der Patient subjektiv Schmerz wahrnimmt oder eine Ischämie des expandierten Gewebes auftritt (Chun and Rohrich 1998, Keskin, Kelly et al. 2006). Außerdem wird das Injektionsvolumen durch die klinische Begutachtung der Gewebespannung begrenzt (Chun and Rohrich 1998, Hoffmann 2009).

Eine Modifizierung dieser klassischen internen Expander stellen Expander mit externen Füllventilen dar. Bei dieser Form wird der Expander ebenfalls in einer dafür vorbereiteten Gewebetasche subkutan implantiert. Im Gegensatz zu der klassischen Expandertechnik wird der Port jedoch nicht in eine weitere

Gewebetasche eingebracht, er verbleibt außerhalb des Körpers. Die Füllvorgänge erfolgen demzufolge nicht transkutan, sondern über das extern liegende Injektionsventil wird sterile Kochsalzlösung über eine Schlauchverbindung in den Expander eingebracht. Die Füllungen sind für den Patienten somit weniger schmerzhaft, da die transkutane Injektion bei diesem Prinzip ausbleibt. Außerdem kann die Instillation von Kochsalzlösung durch den Patienten selbst oder durch Angehörige erfolgen. Dadurch wird eine deutliche Reduzierung der ambulanten Klinikbesuche ermöglicht (Keskin, Kelly et al. 2006).

1.6.2 Externe Expander

Eine weitere Form der Gewebeexpansion stellt die externe Expansion dar. Externe Hautexpander werden im Gegensatz zu internen Expandern nicht subkutan implantiert, sondern zunächst auf dem zu expandierenden Hautbereich platziert. Die Erzeugung eines Unterdrucks zwischen Haut und Expander bewirkt eine Gewebedehnung von außen. Entsprechend wird bei interner Expansion positiver Druck aufgebracht, die externe Expansion erfolgt durch negativen Druck. Externe Expander sind ebenfalls in verschiedenen Größen und Formen erhältlich und werden entsprechend ihrer Indikation ausgewählt. Sie sind durchsichtig, um die Hautverfärbung während der Expansion beobachten zu können und stabil gestaltet, damit sie dem negativen Druck standhalten. Die Ränder, die mit der Haut in Kontakt gelangen sind abgerundet, um Verletzungen der Hautoberfläche zu verhindern. Über ein Ventil im oberen Anteil des Expanders wird mithilfe einer Nadel Luft aus dem Expander entfernt und somit ein Unterdruck im Inneren erzeugt. Die Dicke externer Expander lässt nur eine Dehnung von Haut und subkutanem Gewebe zu. Im Bereich dicker Haut, wie dem Skalp, werden dickere Expander und in Regionen mit dünner Haut, wie z.B. der Halsregion werden dünnere Expander verwendet. Entsprechend variieren die erzeugten Drücke an der derben Haut des Skalps zwischen -150 bis -200 mbar und an der empfindlichen Haut des Halses zwischen -100 und -150 mbar. Die expandierte Haut im Expanderlumen

vergrößert sich sukzessive mit anhaltender Applikation des Expanders, bis sie das Innere vollständig ausfüllt. Limitierende Faktoren für die Expansion sind dabei, wie bei interner Expansion, farbliche Veränderungen der Haut und das Schmerzempfinden der Patienten. Werden Farbveränderungen der expandierten Haut festgestellt oder klagt der Patient über Schmerzen, sollte der negative Druck innerhalb des Expanders etwas reguliert werden. Steht durch die Dehnung genügend Haut für die Defektrekonstruktion zur Verfügung, ist die Gewebeexpansion beendet und das Hautdefizit kann in einem operativen Eingriff plastisch rekonstruiert werden (Lasheen, Saad et al. 2009).

1.6.3 Osmotisch aktive Expander

Unter Osmose (griechisch *ōsmós* = Stoß, Schub) versteht man die gerichtete Diffusion von Flüssigkeit durch eine semipermeable Membran zum Konzentrationsausgleich zweier unterschiedlich konzentrierter Lösungsmittel in Richtung der höheren Konzentration (Boeck 2003).

Das Prinzip eines selbstquellenden, osmotisch aktiven Gewebeexpanders wurde 1979 erstmalig von Austad und Rose entwickelt. In seiner ursprünglichen Form besteht der Expander aus einer hypertonen Kochsalzlösung, umgeben von einer abgedichteten semipermeablen Membran. Durch einen osmotischen Gradienten zwischen dem Inneren des Implantats und dem Extrazellarraum nimmt der Expander ein geeignetes Maß an extrazellulärer Flüssigkeit auf und vergrößert somit sukzessive sein Volumen. Als Material für die Membran stellte sich wegen seiner guten Gewebereaktion Silikon als am besten geeignet heraus (Austad and Rose 1982). Dieses ursprüngliche Modell birgt die Gefahr von Gewebenekrosen, wenn die Silikonhülle versehentlich beschädigt wird und die Kochsalzlösung in das umliegende Gewebe gelangt (Anwander, Schneider et al. 2007).

Die neue Generation der Osmoexpander (Osmed GmbH, Ilmenau, Deutschland) basiert auf einem osmotisch aktiven Hydrogel, bestehend aus Methylmethacrylat und N-Vinylpyrrolidon Copolymeren. Nach Implantation

nehmen die osmotisch aktiven Hydrogelexpander Extrazellulärflüssigkeit aus dem umliegenden Gewebe auf und quellen bis auf eine vorbestimmte Größe auf. Eine modifizierte Form dieser Expander ist zusätzlich mit einer perforierten Hülle aus Silikon versehen, um die Wachstumsgeschwindigkeit zu reduzieren und ein möglichst lineares Quellverhalten zu erreichen (Osmed GmbH, Ilmenau, Deutschland).

Die beschriebenen Vorteile von osmotisch aktiven Expandern gegenüber dem hydraulischen System sind zunächst einmal die kürzeren Operationszeiten bei Im- und Explantation, zudem sind häufig kleinere Inzisionen möglich als bei konventionellen Expandern. Die Notwendigkeit von mehrfachen ambulanten Klinikbesuchen für das Auffüllen der Expander entfällt und damit die zahlreichen schmerzhaften perkutanen Injektionen. Somit wird gleichzeitig die Inzidenz von Infektionen durch Keimverschleppung an der Einstichstelle reduziert (Chummun, Addison et al. 2010).

1.7 Indikationen

Die Gewebeexpansion mittels Weichgewebeexpandern stellt eine wertvolle Erweiterung der Möglichkeiten zur Rekonstruktion von Hautdefekten dar.

Die Anwendungsgebiete, die in der Literatur für Gewebeexpander beschrieben werden, sind sehr weitreichend. Nach Radovan kann die Expandertechnik zur Gewinnung von Gewebe für operative Lappen in nahezu jedem Bereich des Körpers angewendet werden. Dazu gehören der Skalp, das Gesicht, der Nacken, der Körperstamm und obere sowie untere Extremitäten (Radovan 1984).

Ein breites Indikationsfeld in der allgemeinen plastischen Chirurgie seit der Einführung des modifizierten Expanders durch Radovan (Radovan 1976) stellt die Brustrekonstruktion dar, besonders nach radikaler Mastektomie (Radovan 1982, Argenta, Marks et al. 1983, Argenta 1984, McCraw, Horton et al. 1987, Cohen, Casso et al. 1992).

Im Kopf-Hals-Bereich ist die Gewebeexpansion indiziert, wenn Weichgewebedefizite mit lokalen Lappenplastiken nicht ausreichend

rekonstruiert werden können, wenn nicht genügend Gewebe zur Deckung vorhanden ist oder wenn schwere Deformitäten an der Entnahmestelle der Lappen verhindert werden sollen (Mayer, Amarante et al. 1989).

Die Eigenschaften des Skalps unterscheiden sich durch seine individuelle Beschaffenheit in Farbe, Dicke und Charakteristik der Behaarung bedeutend von den anderen Hautarealen des Körpers. Daher eignet sich gerade im Bereich der Kopfhaut die Wiederherstellung von verletzten Hautbezirken mit gleichem Gewebe, weswegen die Anwendung von Expandern in diesem Bereich eine natürliche und logische Konsequenz darstellt (Mustoe and Corral 1995).

Insbesondere in diesem sichtbaren und ästhetisch anspruchsvollen Bereich der Kopf-Hals-Region, mit ihren unterschiedlichen Hauteigenschaften, bietet die Expandertechnik entscheidende Vorteile. Durch die defektnahe Expansion wird Gewebe gewonnen, das die gleiche Farbe und Struktur aufweist wie der zu rekonstruierende Bereich. Auch die Übereinstimmung in der Dicke des subkutanen Bindegewebes, die gleiche Haarbeschaffenheit sowie der Erhalt der neuralen Versorgung sorgen für exzellente funktionelle und ästhetische Ergebnisse (Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Chun and Rohrich 1998). Die gesteigerte Vaskularisierung erhöht außerdem die Überlebensrate der operativen Lappen (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Besonders vielseitig und nützlich stellt sich die Expandertechnik zur Rekonstruktion im Kopf- und Halsbereich nach Verbrennungen dar. Chun und Rohrich berichten von einem Patienten mit verbrennungsbedingter Alopezie und von einer Patientin mit einer hypertrophen Vernarbung und Kontraktion im vorderen Bereich des Halses. Beide Defekte konnten mittels Gewebeexpansion erfolgreich rekonstruiert werden und es wurden exzellente kosmetische Ergebnisse erzielt (Chun and Rohrich 1998).

Sharony et al. Implantierten einem 18-jährigen Patienten einen osmotisch aktiven Expander der Firma Osmed GmbH und konnten erfolgreich eine verbrennungsbedingte Alopezie im parietalen Bereich durch einen expandierten, haartragenden Lappen ersetzen (Sharony, Rissin et al. 2009).

In der Literatur wird die Anwendung nicht nur bei Erwachsenen, sondern auch bei Kindern beschrieben (Buhrer, Huang et al. 1988, Hudson and Grobbelaar

1995, Silfen, Hudson et al. 2000, Hudson and Arasteh 2001, Chummun, Addison et al. 2010).

Silfen und Hudson schildern die Schwierigkeit im Umgang mit schwerer verbrennungsbedingter Alopezie bei Kindern, da solch ein Trauma bleibende psychische Schäden verursachen kann. Es wird von einem fünf-jährigen Jungen mit einer verbrennungsbedingten Alopezie von etwa siebzig Prozent des Skalps berichtet. Mit einem expandierten, haartragenden temporo-parietalen Lappen war es möglich, einen frontalen Haaransatz zu schaffen. Das Ergebnis war ästhetisch zufriedenstellend und nachfolgend wurde eine Verbesserung im Verhalten des Kindes festgestellt (Silfen, Hudson et al. 2000). Auch nicht-verbrennungsbedingte Formen der Alopezie, wie die vernarbende und die nicht-vernarbende Alopezie stellen eine Indikation für Gewebeexpansion dar (Kabaker, Kridel et al. 1986).

Die Wiederherstellung besonders großer Skalpdefekte bedeutet eine spezielle Herausforderung für Operateure. Die Ursache liegt häufig in ausgedehnten Tumorexzisionen oder in schweren Unfällen mit großflächigem Weichgewebeverlust. In der Literatur wird eine Reihe von Fällen beschrieben, in denen diese Defekte mittels Gewebeexpandern behandelt wurden (Matthews and Missotten 1986, Wieslander 1988, Kuwahara, Hatoko et al. 2000, Hoffmann 2005, Miyazawa, Azuma et al. 2007, Wollina and Bayyoud 2010).

Mentzel et al. rekonstruierten im Jahr 2000 eine etwa 12 x 20 cm große Skalpierungsverletzung eines fünf-jährigen Jungen mit Hilfe von zwei parietal implantierten Expandern. Der Defekt war durch einen Hundebiss verursacht worden. Der drittgradige Weichteilschaden wurde zunächst mittels Vakuumversiegelung in einen zweitgradigen Defekt überführt und anschließend mit einem Spalthauttransplantat vorübergehend gedeckt. Es folgte die Implantation und sukzessive Befüllung von zwei Expandern. Nach drei Monaten wurde die Spalthaut in einer weiteren Operation exzidiert und das Weichteildefizit konnte durch zwei Dehnungslappen erfolgreich gedeckt werden (Mentzel, Ebinger et al. 2000).

Lischner et al. schildern den Fall eines 26-jährigen Patienten, bei dem ein kongenitaler, intradermaler, hirnrindenartig gefalteter Nävuszellnävus am Kapillitium mit einem Durchmesser von etwa 10 cm vorlag. Der Nävus wurde vollständig exzidiert, da er zum einen eine ästhetische Beeinträchtigung

darstellte und durch Keimbesiedlung eine Geruchsentwicklung vorhanden war, zum anderen bestand die Gefahr der malignen Entartung. Durch eine Expanderimplantation und anschließende Dehnung des Skalps wurde genügend Gewebe gewonnen, um das Areal mit einem Rotationsverschiebelappen erfolgreich zu decken (Lischner, Dunsche et al. 2001).

Zwei weitere Indikationen für Gewebeexpander im Kopf-Hals-Bereich stellen Nasen- und Ohrrekonstruktionen dar (Neumann 1957, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Siegert 2004). Antonyshyn et al. rekonstruierten die Nase eines 17-jährigen Jungen nach einem selbst zugefügten Pistolenschuss ins Gesicht. Die Totalrekonstruktion erfolgte mit einem expandierten Stirnlappen, wobei darauf geachtet wurde, dass die supratrochlearen und supraorbitalen Gefäße in dem Lappen enthalten waren (Antonyshyn, Gruss et al. 1988).

Eine Ohrrekonstruktion mittels Expansion wurde erstmals 1957 durch Neumann vorgestellt und zählt seither ebenfalls zu den Einsatzgebieten der Gewebeexpander (Neumann 1957).

Trotz der zahlreich beschriebenen Indikationen ist die Expandertechnik nur eine von vielen Möglichkeiten der Rekonstruktion von Weichgewebedefekten im Kopf-Hals-Bereich. Lokale sowie gestielte Lappenplastiken und freie Hauttransplantate stellen eine Alternative dar, solche Defekte zu schließen (Van Cann and Koole 2009, Moukarbel, Fung et al. 2010, Moukarbel, White et al. 2010, Salgarelli, Cangiano et al. 2010).

1.8 Komplikationen

Die oben genannten Indikationen beschreiben ein breites Einsatzgebiet der Expandertechnik. Sie sollte jedoch unter strenger klinischer Beobachtung durchgeführt werden, da sie das Gewebe unter starken mechanischen und biologischen Stress setzt, der zu Komplikationen während der Behandlung führen kann (Hoffmann 2009).

Zu den Risiken und Komplikationen, die mit der Gewebeexpansion assoziiert sind, zählen:

- Schmerzen
- Serome
- Hämatome
- Infektionen
- Nekrosen
- Nahtdehiszenzen
- Exposition des Expanders
- Perforationen der expandierten Haut
- Ruptur des Expanders
- Knochenresorptionen
- Vergrößerung von Narben

(Manders, Schenden et al. 1984, Radovan 1984, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Mayer, Amarante et al. 1989, Cunha, Nakamoto et al. 2002).

In der Literatur wird dabei meist in leichte und schwere Komplikationen unterschieden (Manders, Schenden et al. 1984):

Leichte Komplikationen verhindern nicht das Ziel des Defektverschlusses, das heißt die Expansion kann fortgesetzt und der Defekt rekonstruiert werden. Sie erfordern häufig zusätzliche Interventionen, wie beispielsweise antiseptische Maßnahmen. Zu dieser Gruppe von Komplikationen zählen leichte Infektionen, Schmerzen, Serome und die Vergrößerung von Narben (Manders, Schenden et al. 1984).

Schwere Komplikationen veranlassen eine Abweichung von dem ursprünglichen Behandlungsplan. Sie schließen eine weitere Expansion aus und verzögern damit entscheidend das Ziel der Defektrekonstruktion. Komplikationen dieser Kategorie erfordern den Abbruch der Gewebeexpansion durch Expanderexplantation, der Defektverschluss erfolgt mithilfe von alternativen Methoden und geht somit häufig mit teils erheblichen funktionellen

und ästhetischen Einbußen einher. In diese Gruppe fallen schwere Infektionen, freiliegende Expander, Nahtdehiszenzen, Rupturen der Expander, Nekrosen und Perforationen der expandierten Haut (Manders, Schenden et al. 1984).

Das subjektive Gefühl des Schmerzes des Patienten ist ein limitierender Faktor bei der Instillation von Kochsalzlösung in den Expander. Typischerweise tritt es mit einer Spannung des expandierten Gewebes auf und signalisiert den Abschluss des jeweiligen Füllvorgangs. Je nach Farbe und kapillärer Versorgung des Gewebes erfolgt bei Bedarf aber auch das Ablassen weniger Milliliter Kochsalzlösung. Das Gefühl der Unbehaglichkeit nach der Befüllung des Expanders ist nach etwa 4-6 Stunden abgeklungen und nach 8-12 Stunden ist die expandierte Haut spürbar weniger gespannt (Manders, Schenden et al. 1984).

Radovan empfiehlt bei der Beobachtung eines Hämatoms nach Expanderimplantation die Entfernung des Expanders und des Hämatoms, da die Anwesenheit von Blut unter dem Lappen eine Prädisposition für Nekrosen und Infektionen darstellt (Radovan 1984).

Nach Antonyshyn et al. kann der Expander in diesem Fall in situ belassen werden, wenn eine sofortige chirurgische Drainage und Spülung der Gewebetasche erfolgen (Antonyshyn, Gruss et al. 1988).

Infektionen werden durch die regelmäßigen perkutanen Injektionen begünstigt. Bei entfernt liegenden Injektionsventilen kommt es daher zu lokalisierten Infektionen, die die weitere Expansion nicht zwangsläufig beeinträchtigen. Eine ernstere Komplikation stellt dagegen die Infektion der Expanderhöhle dar, aus der häufiger die Expanderentfernung resultiert (Antonyshyn, Gruss et al. 1988). Antonyshyn et al. beobachteten bei zwei erwachsenen Patienten erhebliche Knochenresorptionen nach der Expanderexplantation im Bereich der Stirn. Bei weiteren sechs Expansionen im gleichen Bereich traten keine Resorptionen auf. Es ließen sich keine verursachenden oder verstärkenden Faktoren für diese Resorption feststellen (Antonyshyn, Gruss et al. 1988).

Chun et al. berichten von schweren Komplikationen in 12 % und leichten Komplikationen in 32 % der Fälle, in denen Weichgewebeexpander zur Rekonstruktion von Verletzungen im Kopf-Hals-Bereich nach Verbrennungen eingesetzt wurden (Chun and Rohrich 1998).

Manders et al. ermittelten eine Komplikationsrate von insgesamt 41 %, leichte Komplikationen traten in 17 % und schwere Komplikationen in 24 % der Fälle auf. Untersucht wurde dabei ein breites Spektrum an Indikationen für die Weichgewebeexpansionen in verschiedenen Regionen des Körpers (Manders, Schenden et al. 1984).

Weitere in der Literatur beschriebene Komplikationsraten schwanken zwischen 0 und 48 % (Manders, Schenden et al. 1984, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Buhrer, Huang et al. 1988, Chun and Rohrich 1998).

2 Ziel der Arbeit

Die Wiederherstellung von Weichteildefiziten im Kopf-Hals-Bereich soll idealerweise zu ästhetisch und funktional einwandfreien Ergebnissen führen. Als Therapiemöglichkeit, die gute Ergebnisse hinsichtlich Struktur, Pigmentierung und Dicke des chirurgischen Lappens für die Rekonstruktion des Defektes bietet, wird die Gewebeexpansion beschrieben.

In der Literatur findet sich für diese Form der Behandlung jedoch eine Komplikationsrate von bis zu 48 %.

Die zentrale Frage dieser Untersuchung lautet daher:

Welche Faktoren erhöhen das Risiko eines Misserfolgs für den plastischen Verschluss von Weichteildefekten im Kopf-Hals-Bereich mittels Gewebeexpansion?

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie besteht in der Erhebung von Risikofaktoren für den Einsatz von Gewebeexpandern in der rekonstruktiven Chirurgie des Kopf-Hals-Bereiches. Es gilt, die Parameter herauszustellen, die einen Misserfolg bei dieser Therapieform begünstigen bzw. verursachen.

Die ermittelten Risikofaktoren sollen zukünftig bei der Therapieplanung als Entscheidungskriterium für den Einsatz von Expandern zugrunde gelegt werden können.

3 Material und Methode

3.1 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Auswertung von klinischen Patientendaten.

3.2 Patienten

Die untersuchten Daten stammen von 49 Patienten mit Weichgewebedefiziten im Kopf- und Nackenbereich, bei denen Hautrekonstruktionen mit Hilfe von lokalen Gewebeexpandern durchgeführt wurden. Die Operationen fanden in den Jahren 1999 bis 2010 in der Klinik für Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf statt.

Es wurden insgesamt 62 Expander verwendet, leider mussten vier Expander von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden, da in drei Fällen die Behandlung in der hiesigen Klinik vorzeitig abgebrochen wurde und ein Patient vor Beendigung der Therapie verstorben ist.

Von den 58 untersuchten Expandern wurden 35 Expander männlichen Patienten und 23 Expander weiblichen Patienten implantiert.

Das Alter der Patienten lag im Durchschnitt bei 58 (6-84) Jahren.

3.3 Verwendete Expander

Es wurden die Daten von 49 Patienten in die Analyse einbezogen. Wie im obigen Abschnitt bereits erwähnt, konnten vier Expander nicht in die Analyse einbezogen werden. Da einigen Patienten mehr als ein Expander implantiert wurde, resultiert daraus die Gesamtzahl von 58 Expandern.

Gewebeexpander sind in zahlreichen Formen und Größen verfügbar, um den chirurgischen Anforderungen verschiedenster Weichgewebedefekte gerecht zu werden.

In dieser Studie wurden rechteckige CUI™ Gewebeexpander mit entfernt liegenden subkutanen Injektionsreservoirs verwendet (Allergan™, Santa Barbara, CA, USA) (Abb. 1). Je nach Größe des zu deckenden Hautdefekts wurden 140, 250 oder 340 cm³ große Expander verwendet.

Die CUI™ Expander bestehen aus einer Expansionshülle aus Silikonelastomer mit einer weichen Oberfläche. Sie sind latexfrei und sind nicht für eine permanente Implantation, sondern für den temporären Gebrauch zur Bildung von operativen Lappen zur Defektdeckung vorgesehen.

Den Indikationen entsprechend gibt es Expander, die eine stabile Basis besitzen. Dies verschafft dem behandelnden Arzt eine bessere Kontrolle der Expansionsrichtung. In der vorliegenden Studie wurden Expander mit stabiler Basis nicht benötigt, entsprechend wurden nur konventionelle Expander ohne stabile Basis verwendet.

Die Injektionsstellen der Injektionsreservoirs sind selbstschließend, jedoch empfiehlt der Hersteller, eine Anzahl von zehn Injektionen nicht zu überschreiten, um die Schließfähigkeit nicht zu beeinträchtigen.

An der Basis des Injektionsreservoirs befindet sich eine passivierte Nadelsicherung aus Edelstahl. Diese verhindert unbeabsichtigte Punktierungen der Basis während der Injektionen.



Abb. 1: CUI™ Gewebeexpander der Firma Allergan; Über den Distanzport wird sterile Kochsalzlösung instilliert (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

3.4 Chirurgisches Vorgehen

3.4.1 Expanderimplantation

Alle chirurgischen Eingriffe erfolgten unter Vollnarkose und alle Patienten wurden perioperativ antibiotisch abgedeckt. Die Antibiotikatherapie bestand aus der intravenösen Verabreichung von 3 x 3 g pro Tag Ampicillin und Sulbaktam (Unacid®, Pfizer, Berlin, Deutschland).

Nach der Lagerung auf dem Operationstisch wurden die Patienten im Operationsgebiet mit desinfizierenden Lösungen abgewaschen und anschließend steril abgedeckt. Je nach Defektlokalisierung mussten die Haare der Patienten gegebenenfalls gescheitelt, geflochten oder rasiert werden.

In Abhängigkeit von der Positionierung der Expander und der Ports wurden präoperativ die geplanten Inzisionen angezeichnet (Abb. 2).



Abb. 2: Präoperativ wurde das Operationsgebiet rasiert und die geplante Inzision für das Expanderlager angezeichnet (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

Die Schnittführung erfolgte je nach Defektlokalisierung im rechten Winkel zu der gewünschten Expansionsrichtung, um die Spannung auf die Inzision möglichst gering zu halten. Bei sorgfältiger Planung bestand abhängig vom Einzelfall die Möglichkeit, bei Expanderexplantation die gleiche Inzision zur Bildung des Lappens zu übernehmen. Bei der Planung der Inzisionen musste daher zum einen bedacht werden, wie die Lappen zur plastischen Deckung gestaltet werden sollten, zum anderen mussten sorgfältig die anatomischen Gegebenheiten berücksichtigt werden, sodass die neurale und vaskuläre Versorgung der Lappen nicht verletzt wurde. Bei einer Durchtrennung der versorgenden Blutgefäße bestand die Gefahr einer Lappennekrose durch die Minderversorgung des Gewebes. Im Gesicht erfolgte die Schnittführung in Abhängigkeit von den ästhetischen Einheiten und es wurde nach Möglichkeit darauf geachtet, dass Narbengewebe nicht expandiert wurde.

Nach erfolgter Inzision wurde durch stumpfe Spreizung eine Gewebetasche für das Expanderlager präpariert, die etwas größer als die Fläche des ausgewählten Expanders sein sollte. Die Untereinierung sollte jedoch nicht zu groß gestaltet werden, damit der Expander später nicht in seiner Tasche wandern konnte. Die Blutstillung erfolgte mittels Elektrokoagulation.

Im Bereich des Skalps erfolgte die Inzision bis auf die Galea aponeurotica und es wurde eine supragaleale Tasche präpariert, im Bereich des Gesichts wurde eine subkutane Gewebetasche zur Aufnahme des Expanders vorbereitet.

Ein weiterer kleinerer Hohlraum wurde für das Injektionsreservoir geschaffen. Dabei wurde stets darauf geachtet, dass dieser so weit wie möglich von dem Expanderlager entfernt lag, um Verletzungen des Silikonballons zu verhindern. Nach dem Einbringen des Expanders in die Gewebetasche sollte dieser flach und ohne Falten oder Knicke zum liegen kommen.

Im Gesicht, vornehmlich im Bereich der Stirn, erfolgte die Präparation einer subkutanen Gewebetasche für den Expander, der Port wurde hinter dem Ohr über dem Processus mastoideus platziert (Abb. 3).



Abb. 3: Geplante Position des Expanders rechtsseitig im Bereich der Stirn nach erfolgter Inzision und Präparation einer subkutanen Gewebetasche (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

Üblicherweise erfolgte eine intraoperative Vorfüllung der Expander mit 5-25 ml steriler Kochsalzlösung durch das Injektionsventil. Dadurch wurden Hohlräume und damit einhergehende Hämatome vermieden und die Hämostase im Bereich des Expanderlagers unterstützt. Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass keine Spannung auf der Naht lastete, um Dehissenzen zu vermeiden. Nach erfolgreicher Platzierung des Expanders und des Ports erfolgte die Naht in zwei Schichten mit einer subkutanen resorbierbaren Naht und einer nicht resorbierbaren Hautnaht in Einzelknopftechnik (Abb. 4).



Abb. 4: Zustand nach Expanderimplantation rechtsseitig im Bereich der Stirn und Verschluss der Inzision durch eine Hautnaht in Einzelknopftechnik (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

3.4.2 Expanderexplantation und Defektdeckung

Die Gewebeexpander wurden in einem zweiten operativen Eingriff explantiert, wenn ausreichend Gewebe für eine Defektdeckung zur Verfügung stand oder wenn schwere Komplikationen auftraten, die einen Abbruch der Expansion erforderten.

Durch vorsichtige Präparation wurden die Expander einschließlich ihrer Ports freigelegt und entfernt (Abb. 5).



Abb. 5: Expanderexplantation; Der gefüllte Expander wird einschließlich Port durch vorsichtige Präparation freigelegt und entfernt, das überschüssige Gewebe kann anschließend für die Defektrekonstruktion verwendet werden (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

Die Defektdeckung erfolgte mittels lokaler Lappenplastiken des expandierten Gewebes unter Berücksichtigung der vaskulären und neuralen Versorgung. Am häufigsten kamen lokale Rotations- oder Verschiebepplastiken zum Einsatz.

Die bindegewebige Kapsel, die sich um die Expander gebildet hatte, wurde einzelfallabhängig entweder vorsichtig exzidiert oder zur Defektdeckung verwendet.

Im Falle einer frühzeitigen Explantation wegen schwerer Komplikationen erfolgte eine Abweichung von der ursprünglichen Behandlungsplanung und es schlossen sich weitere Therapieverfahren an, um einen Defektverschluss zu ermöglichen.

Die Explantationen wurden ebenfalls unter Vollnarkose und perioperativer intravenöser Antibiotikatherapie, wie oben bereits beschrieben, vollzogen.

3.5 Füllungsperiode

Die postoperative Füllungsperiode begann nach einer Heilungsphase im Durchschnitt sechzehn Tage nach der Expanderimplantation. Die Expander wurden in ambulanten Behandlungen drei Mal pro Woche mit steriler Kochsalzlösung befüllt.

Dabei wurde zunächst der subkutan implantierte Port palpatorisch aufgesucht. Die Injektion erfolgte durch die Haut mithilfe einer sterilen Nadel der Größe 23 oder kleiner mit einer standardmäßigen Abschrägung von 12°, da größere Nadeln oder andere Nadeltypen das Schließen des Injektionsreservoirs verhindern oder dieses beschädigen können. Der in den Port integrierte Nadelschutz aus Edelstahl verhinderte dabei die Punktierung der Basis. Durch eine Schlauchverbindung gelangte die sterile Kochsalzlösung von dem Port in das Expanderlumen.

Das Injektionsvolumen richtete sich bei jedem Füllvorgang nach dem Schmerzempfinden des Patienten, nach der Blutversorgung der Haut über dem Expander und nach der Gewebespannung. Die Injektion wurde demnach unterbrochen, wenn der Patient über Schmerzen klagte, eine weitere Instillation nicht möglich war, weil die maximale Gewebespannung über dem Expander erreicht war oder eine lokale Ischämie der expandierten Haut auftrat.

Eine sorgfältige Dokumentation der Füllvolumina wurde durchgeführt, um das vom Hersteller angegebene maximale Füllvolumen der Expander überprüfen zu können.

Die Füllungsperiode wurde beendet, wenn genügend Weichgewebe zur Defektdeckung zur Verfügung stand oder wenn schwere Komplikationen eine weitere Expansion verhinderten. Es folgten daraufhin entweder die Expanderexplantation mit gleichzeitiger plastischer Deckung der Weichteildefekte oder die Expanderexplantation ohne Defektverschluss. In diesem Fall musste vom ursprünglichen Behandlungsplan abgewichen werden und erneut eine Therapie für den nötigen Wundverschluss geplant werden.

3.6 Methodisches Vorgehen

Zu Beginn der retrospektiven Studie wurden aus den archivierten Operationslisten der Klinik für Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf alle Patienten herausgesucht, bei denen Gewebeexpander mit dem Ziel der Defektrekonstruktion implantiert wurden. In die Untersuchung einbezogen wurden die Patienten, bei denen die Behandlung entweder abgeschlossen oder soweit fortgeschritten war, dass die Ergebnisse ausgewertet werden konnten. Ausgeschlossen werden mussten demzufolge Patienten, bei denen die Behandlung gerade erst begonnen hatte, sodass nicht genügend Daten zur Auswertung zur Verfügung standen.

Es wurde ein Katalog mit Parametern erstellt, die retrospektiv auf ein mögliches Risikopotential für die Expandertechnik untersucht werden sollten.

Für die Evaluierung der Risikofaktoren wurden folgende Daten erhoben und dokumentiert:

- Alter und Geschlecht der Patienten
- Anzahl der Expander
- Expandergröße
- Lokalisation der Expander
- Defektgröße
- Art des Defekts
- Defektlokalisierung
- Gleichzeitige knöcherner Defekte
- Alle Komplikationen
- Vorangegangene Radiatio im entsprechenden Gebiet
- Grund für den Gewebeverlust
- Füllungsmengen
- Füllungsintervalle

Da es Patienten gab, bei denen mehr als ein Expander implantiert wurde, wurden insgesamt 49 Patienten und 58 rechteckig geformte Gewebeexpander

der Firma Allergan™, Santa Barbara, CA, USA mit entfernt liegenden subkutanen Ports in die Analyse einbezogen.

Die entsprechenden ambulanten und stationären Patientenakten sowie die Operationsberichte wurden auf die genannten Parameter hin untersucht und die Daten extrahiert. Die Ergebnisse wurden tabellarisch erfasst.

Anschließend wurden die Daten parametrisiert, um sie mithilfe einer Statistiksoftware auswerten zu können.

Die Behandlung mit Gewebeexpandern wurde als erfolgreich definiert, wenn der ursprüngliche Weichgewebsdefekt ohne weitere operative Maßnahmen, also ohne eine Abweichung von dem ursprünglichen Therapieplan, mittels Gewebeexpansion plastisch gedeckt werden konnte.

3.7 Statistische Auswertung

Für die statistische Analyse wurde das Software-Programm SPSS 18.0 (SPSS für Windows; SPSS Inc., Chicago, IL, USA) verwendet.

Um statistische Unterschiede festzustellen, wurden der Kruskal-Wallis-Test, der Mann-Whitney-U-Test, sowie der Chi-Quadrat-Test durchgeführt.

Als statistisch signifikant wurde ein p-Wert kleiner 0,05 angesehen.

3.8 Ethikvotum

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität hat das Protokoll zu der vorliegenden Studie mit der Studiennummer 4406 geprüft und am 16.09.2013 beurteilt. Wäre der Antrag vor Studienbeginn gestellt worden, hätte die Kommission keine ethischen oder rechtlichen Bedenken gegen die retrospektive Datenanalyse gehabt.

4 Ergebnisse

In die Analyse wurden 58 Gewebeexpander einbezogen, davon wurden 35 Expander bei männlichen und 23 bei weiblichen Patienten implantiert.

Das Durchschnittsalter der Patienten dieser Studie betrug 58 Jahre. Das Alter der jüngsten Patientin war zum Zeitpunkt der Expanderimplantation sechs Jahre, der älteste Patient war bei der Implantation 84 Jahre alt.

Fünf Expander wurden bei Patienten verwendet, die sich in der Vergangenheit einer Bestrahlungstherapie von 20-70 Gy unterzogen haben. Davon konnten drei Behandlungen (60 %) erfolgreich abgeschlossen werden und zwei Expander (40 %) mussten frühzeitig wegen schwerer Komplikationen explantiert werden.

Die Größe der plastisch zu deckenden Gewebedefekte betrug im Mittel 40 cm² und pro Patient wurden durchschnittlich 1,4 Expander verwendet. Dabei betrug das Expandervolumen im Durchschnitt 269 cm³.

Insgesamt ergab sich eine Erfolgsrate von 70,7 %. 17 Behandlungen (29,3 %) waren mit schweren Komplikationen verbunden, sodass durch die Gewebeexpansion keine vollständige Deckung der Defekte möglich war. In diesen Fällen mussten die Expander entfernt werden und alternative Methoden zur Defektrekonstruktion geplant werden. Bezieht man allerdings die Tatsache in die Berechnung ein, dass es Patienten gab, die mehr als einen Expander erhalten haben, so ergibt sich eine Erfolgsrate von 75,5 % (37 Patienten) aller neunundvierzig Patienten.

Der häufigste Grund für die Therapie mittels Gewebeexpandern bestand bei 15 Patienten (25,9 %) in der Resektion von Hauttumoren der Nase, überwiegend im Bereich der Nasenspitze. Darauf folgte bei 13 Patienten (22,4 %) ein bestehender Kalottendefekt einschließlich eines Weichteildefizits. Weitere Indikationen für die Expanderimplantationen waren Resektionen von Hauttumoren im Bereich des Schädels (11 Patienten, 19,0 %), Exzisionen von Meningeomen (neun Patienten, 15,5 %), andere Gründe (fünf Patienten, 8,6 %), Alopezie (vier Patienten, 6,9 %) und ein Hautdefizit nach Strahlentherapie im Bereich des Schädels (1,7 %) (Tab. 1).

Bezüglich der Indikationen waren statistisch signifikante Unterschiede in der Erfolgsquote festzustellen. Die aussichtsreichste Indikation für Hautrekonstruktionen mittels Expandertechnik war demnach ein Weichgewebsdefizit nach Hauttumorentfernung im Bereich des Schädels (90,9 %). Ebenfalls viel versprechend waren Teilresektionen im Bereich der Nase, besonders der Nasenspitze, mit einer Erfolgsquote von 86,7 % und die Behandlung von Alopezie (75,0 %) (Tab. 1).

Eine weitaus niedrigere Erfolgsrate war bei Weichgeweberekonstruktionen nach einem Kalottendefekt einschließlich eines Hautdefizits (69,2 %) und nach anderen Gründen für die Expanderimplantation (60,0 %) zu beobachten. Nur 33,3 % der Operationen nach der Resektion von Meningeomen konnten als erfolgreich bewertet werden und der einzige Rekonstruktionsversuch nach einer Strahlentherapie im Bereich des Schädels war ein Misserfolg (Tab. 1).

Tabelle 1: Ursachen des Hautdefizits

Ursachen des Hautdefizits	Gesamtanzahl		Erfolg *	
	Absolut	%	Absolut	%
Hauttumor der Nase (vorwiegend Nasenspitze)	15	25,9	13	86.7
Kalotten- einschließlich Hautdefekt	13	22.4	9	69.2
Nach Hauttumorentfernung im Bereich des Schädels	11	19.0	10	90.9
Nach Resektion von Meningeomen	9	15.5	3	33.3
Andere Gründe	5	8.6	3	60.0
Alopezie	4	6.9	3	75.0
Hautdefizit nach Strahlentherapie	1	1.7	0	0.0

* Statistisch signifikante Unterschiede, analysiert mittels Chi-Quadrat-Test: $p < 0.046$

Die Lokalisation des Defektes hatte ebenfalls einen Einfluss auf die Erfolgsrate. Mit 15 Patienten am häufigsten (25,9 %) trat das Weichgewebedefizit einseitig in der Parietalregion auf, die das Versorgungsgebiet der Arteria temporalis superficialis darstellt, dicht gefolgt von der Nase, hauptsächlich der Nasenspitze, mit 14 Patienten (24,1 %) und der Stirnregion (12,1 %). Zusammen ergeben diese drei Gebiete etwa einen Anteil von zwei Dritteln aller Defektlokalisationen (Tab. 2).

Die Erfolgsrate der verschiedenen Areale war statistisch gesehen sehr unterschiedlich. Hautdefizite im Bereich der Nase, der Wange/Oberlippe und unilaterale Defekte der Parietal- und Occipitalregion konnten in den meisten Fällen erfolgreich wiederhergestellt werden. Defekte der Stirn und große Defekte, die die Versorgungsgebiete aller Arteriae temporales superficiales und Arteriae occipitales einschlossen, bargen dagegen eine höhere Wahrscheinlichkeit des Auftretens schwerer Komplikationen (Tab. 2).

Tabelle 2: Lokalisation des Hautdefizits hinsichtlich der regionalen Vaskularisierung

Lokalisation des Hautdefizits hinsichtlich der regionalen Vaskularisierung	Gesamtanzahl		Erfolg *	
	Absolut	%	Absolut	%
Versorgungsgebiet d. A. temporalis superficialis unilateral	15	25.9	13	86.7
Nase, insbesondere Nasenspitze	14	24.1	12	85.7
Stirn	7	12.1	3	42.9
Versorgungsgebiet aller Aa. Temporales superf. Und Aa. occipitales	4	6.9	0	0.0
Wange / Oberlippe	3	5.2	3	100.0
Versorgungsgebiet d. A. occipitalis unilateral	3	5.2	2	66.7
Versorgungsgebiet d. Aa. occipitales bilateral	3	5.2	3	100.0
Versorgungsgebiet d. Aa. Temporales superf. bilateral	3	5.2	2	66.7
Hals	2	3.4	0	0.0
Versorgungsgebiet d. A. temporalis superf. unilateral und d. Stirn	2	3.4	1	50.0
Versorgungsgebiet d. Aa. temporales superf. bilateral und d. Stirn	2	3.4	2	100.0

*statistisch signifikante Unterschiede, analysiert mittels Chi-Quadrat-Test: $p < 0.023$

Insgesamt sind bei 22 (37,7 %) der 58 Expander Komplikationen aufgetreten. Davon zeigten sich diese bei 15 Expandern (25,7 %) bereits in der Füllungsphase, während sich der Expander in situ befand, bei sieben Expandern (12,0 %) traten sie nach der Defektdeckung auf. 36 Expander (62,1 %) führten zu einem erfolgreichen Abschluss der Behandlung, also ohne schwere Komplikationen und weitere Therapiemaßnahmen.

Zu den Komplikationen während der Füllungsphase gehörten Dehiszenzen über dem Expander (8,6 %), Infektionen des Expanders (5,1 %) und andere Komplikationen, während sich der Expander in situ befand (12,0 %).

Die Komplikationen nach der Defektdeckung waren Dehiszenzen nach Expanderexplantation (1,7 %) und andere Komplikationen nach der Entfernung des Expanders (10,3 %) (Tab. 3).

Von den 22 Komplikationen stellten jedoch nur 17 einen Misserfolg dar, da in den anderen fünf Fällen trotz frühzeitiger Explantation die Expansion soweit fortgeschritten war, dass bereits eine Defektdeckung möglich war.

Tabelle 3: Komplikationen

Komplikationen	Während Füllungsperiode		Nach Defektverschluss		Gesamt	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Keine Komplikationen					36	62.1
Dehiszenz über dem Expander	15	25,7			5	8.6
Infektion des Expanders					3	5.1
Andere Komplikationen, während d. Expander in situ war					7	12.0
Dehiszenz nach Expanderexplantation			7	12	1	1.7
Andere Komplikationen nach Expanderexplantation					6	10.3

Weitere untersuchte Parameter waren die Defektgröße, die Anzahl implantierter Expander pro Patient, die Expandergröße und die Zeitdauer zwischen der Expanderimplantation und der ersten Füllung. Die durchschnittlichen Werte für eine erfolgreiche Behandlung waren eine Defektgröße von 50,3 cm², 1,2 Expander pro Patient, eine Expandergröße von 224,0 cm³ pro Patient und 15,8 Tage von der Implantation bis zur ersten Füllung. Nicht erfolgreich abgeschlossen werden konnten Behandlungen mit einer durchschnittlichen Defektgröße von 106,0 cm², durchschnittlich 3,5 Expandern pro Patient, einer Expandergröße von 542 cm³ und 103,5 Tagen zwischen Implantation und erster Füllung (Tab. 4).

Interessanterweise standen Größe und Anzahl der verwendeten Expander pro Patient in direktem Zusammenhang mit dem Erfolg der Behandlung. Es zeigte sich, dass eine höhere Anzahl an Expandern pro Patient und ein höheres Volumen der Expander mit einem signifikant höheren Risiko des Misserfolgs korrelierten. Es war ebenfalls eine Tendenz zwischen größeren Defekten und einem negativen Ergebnis der Behandlung zu beobachten. Hier lag der p-Wert mit 0,051 nur geringfügig über der Grenze von 0,05. Ergebnisse mit einem

p-Wert bis zu diesem Grenzwert von 0,05 wurden als statistisch signifikant angesehen.

Die Zeitspanne zwischen der Implantation der Expander und der ersten Füllung erwies sich mit einem p-Wert von 0,232 als statistisch nicht signifikant in Bezug auf die Erfolgsrate (Tab. 4).

Tabelle 4: Untersuchung der statistischen Signifikanz einzelner Parameter

Parameter	Werte für erfolgreich behandelte Patienten/ Expander	Werte für nicht erfolgreich behandelte Patienten/ Expander	p-Wert *	
Defektgröße	50.3 (\pm 53.3) cm ²	106.0 (\pm 28.0) cm ²	0.051	Nicht signifikant
Expanderanzahl pro Patient	1.2 (\pm 0,4)	3.5 (\pm 1.0)	0.005	signifikant
Expandergröße pro Patient	224.0 (\pm 189.8) cm ³	542 (\pm 255.0) cm ³	0.013	signifikant
Zeitspanne zwischen Expanderimplantation und erster Füllung	15.8 (\pm 6.3) Tage	103.5 (\pm 157.0) Tage	0.232	Nicht signifikant

*gemäß Mann-Whitney-U-Test

Hautdefizite der Nase stellen die zweitgrößte Gruppe der Defektlokalisierung dar. Daher erfolgt die Beschreibung der Rekonstruktionen dieser Region detaillierter.

Die meisten Defekte der Nase waren im Bereich der Nasenspitze lokalisiert. Für die Rekonstruktion wurde der Expander im Bereich der Stirn, je nach Defektlokalisierung auf der gegenüberliegenden Seite, implantiert. Das Injektionsventil wurde subkutan hinter dem Ohr, über dem Os mastoideus platziert. In dieser Gruppe wurden nur zwei Misserfolge wegen Infektionen der Expander, respektive der darüberliegenden Haut, während der Füllungsphase verzeichnet.

5 Diskussion

Weichteildefekte im Kopf- und Halsbereich stellen in der plastisch-rekonstruktiven Chirurgie auch erfahrene Operateure vor eine besondere Herausforderung. Die Möglichkeit, mittels Expandertechnik einen Überschuss an Gewebe gleicher Beschaffenheit in direkter Umgebung des Defekts zu erhalten, ist als eine wertvolle Erweiterung der lokalen Lappenplastiken zur Rekonstruktion dieser Gewebedefizite anzusehen.

In der vorliegenden Untersuchung wird mit 49 Patienten und 58 Expandern eine weitaus höhere Fallzahl in die Analyse einbezogen, als in vielen bisher veröffentlichten Studien (Kabaker, Kridel et al. 1986, Matthews and Missotten 1986, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Wieslander 1988, Hudson and Grobbelaar 1995, Chun and Rohrich 1998, Prakash, Tandon et al. 2006, Miyazawa, Azuma et al. 2007, Lasheen, Saad et al. 2009). Dies verdeutlicht die Relevanz der Ergebnisse für die Praxis der Expandertechnik.

Die Studie umfasst die Analyse von insgesamt 58 Gewebeexpandern, die 49 Patienten implantiert wurden. Die Untersuchung ergab eine Erfolgsrate von 70,7 % aller implantierten Expander. Da einigen Patienten mehr als ein Expander eingesetzt wurde, resultiert daraus eine Erfolgsrate von 75,5 % bezogen auf alle behandelten Patienten. Die Therapie galt als erfolgreich, wenn der initiale Weichgewebedefekt durch die Gewebedehnung geschlossen werden konnte und keine zusätzlichen Behandlungsmaßnahmen notwendig waren.

Wie eingangs bereits beschrieben, liegen die in der Literatur beschriebenen Komplikationsraten zwischen 0 und 48 % (Manders, Schenden et al. 1984, Antonyshyn, Gruss et al. 1988, Chun and Rohrich 1998). Manders et al. berichten von einer Gesamtkomplikationsrate von etwa 40 %. Vernachlässigt man dabei die leichten Komplikationen, die das wesentliche Ziel der Defektdeckung nicht beeinflussen und keine Abweichung des Therapieplans erfordern, bleibt eine Rate von 25 %. Das heißt in 25 % der untersuchten Fälle der Studie traten schwere Komplikationen auf, sodass die Defektrekonstruktion nicht ohne weitere therapeutische Maßnahmen vollzogen werden konnte und vom ursprünglichen Behandlungsplan abwich (Manders, Schenden et al. 1984).

Diese Rate deckt sich annähernd mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit mit einer Komplikationsrate von 29,3 %.

In einer Untersuchung von Chun et al. wurden an 25 Patienten mit Verbrennungen der Kopf-Hals-Region Rekonstruktionen mittels Weichgewebeerweiterung vorgenommen. Der Anteil an schweren Komplikationen lag bei 12 %. Diese bestanden aus einer Dehiscenz, einer Infektion und einem Defekt des Ventils, wahrscheinlich verursacht durch zu große Injektionskanülen während der Füllungsphase. Das durchschnittliche Expandervolumen betrug 290 cm³ (Chun and Rohrich 1998). Dies ist vergleichbar mit dem durchschnittlichen Volumen der Expander von 269 cm³ in der vorliegenden Untersuchung. Ein großer Unterschied besteht jedoch in dem durchschnittlichen Patientenalter. Chun et al. untersuchten Patienten zwischen neun Monaten und 46 Jahren mit einem durchschnittlichen Alter von 24 Jahren (Chun and Rohrich 1998). Die vorliegende Arbeit betrachtet die Therapie von Patienten im Alter von sechs bis 84 Jahren, mit einem Altersdurchschnitt von 58 Jahren. Hier zeigt sich, dass sich die Komplikationsraten nicht direkt miteinander vergleichen lassen, da die Studiendesigns im Hinblick auf das Patientenalter stark voneinander abweichen.

Ein interessantes Ergebnis der Auswertungen zu dieser Studie ist die enge Korrelation zwischen der Misserfolgsrate und der Anzahl an implantierten Expandern pro Patient sowie der Expandergröße. Eine erhöhte Anzahl an Expandern pro Patient führt zu einer signifikant höheren Misserfolgsrate. Aus diesem Grund stellt die Weichgewebeerweiterung für Hautdefizite oder Defekte, die eine Implantation von mehr als zwei Expandern erfordern würden, nicht die Therapie der ersten Wahl dar.

Gleichermaßen korrelieren Expander mit einer durchschnittlichen Größe von 542 cm³ mit einer signifikant höheren Misserfolgsrate, wohingegen Expandergrößen von 224 cm³ durchschnittlich zu einem erfolgreichen Abschluss der Behandlung führen.

Beide oben genannten Parameter, die Anzahl der verwendeten Expander pro Patient und die Expandergröße, stehen üblicherweise eng mit der Defektgröße in Verbindung.

Somit ist ein entscheidendes Ergebnis dieser Untersuchung, dass Defektgrößen von durchschnittlich etwa 55 cm² eine hohe

Erfolgswahrscheinlichkeit haben und damit eine Indikation für die Rekonstruktion mit Gewebeexpandern darstellen. Die Behandlung von großen Hautdefiziten von über 105 cm² mittels Gewebeexpansion führt jedoch zu einer steigenden Komplikationsrate, sodass auch in diesem Fall andere Therapieverfahren zur Rekonstruktion eingesetzt werden sollten.

Hautdefizite im Bereich der Nase erfordern häufig den Einsatz von Expandern mit einem geringen Volumen. Dies begründet die hohe Erfolgsrate für diese Defektlokalisierung. In einer jüngst veröffentlichten 5-Jahres-Studie berichten Kheradmand et al. von den Vorteilen der Nasenrekonstruktion mithilfe von Hautexpandern, die im Bereich der Stirn implantiert wurden. Obwohl bei sechs von 20 Patienten (30 %) größere oder mehrere kleine Korrekturen vorgenommen werden mussten, wird insgesamt eine hohe Zufriedenheitsrate der Patienten geschildert (Kheradmand, Garajei et al. 2011).

Im Vergleich zu anderen Therapiemöglichkeiten birgt das Verfahren der Gewebeexpansion einzigartige Vorteile. Gerade in ästhetisch anspruchsvollen Bereichen, wie der Gesichts-, Kopf- und Halsregion ist die Hautexpansion den gestielten Lappen oder den freien Hauttransplantaten deutlich überlegen.

Diese Region setzt sich aus Haut unterschiedlichster Struktur, Dicke, Pigmentierung und haartragender Qualität zusammen.

Defekte oder Defizite in diesem Bereich können durch Expansion mit benachbartem Gewebe gleicher oder ähnlicher Beschaffenheit rekonstruiert werden, sodass die oben genannten Eigenschaften der einzelnen Regionen erhalten bleiben. Mit diesem Verfahren lassen sich exzellente ästhetische Ergebnisse erzielen (Chun and Rohrich 1998). Auch die Sensibilität der expandierten Haut bleibt bei dieser Methode erhalten (Mayer, Amarante et al. 1989).

Besonders im Bereich des Skalps ist es von entscheidendem Vorteil, dass durch Expansion Haut mit den gleichen haartragenden Eigenschaften zur Defektrekonstruktion gewonnen werden kann (Cohen and Marschall 1990, Miyazawa, Azuma et al. 2007). Mit dieser Methode können Defekte des Skalps, die nicht allein mit lokalen Lappenplastiken zu rekonstruieren sind, mit exzellenten kosmetischen und funktionalen Ergebnissen wiederhergestellt werden (Abb. 6). Mit Fernlappenplastiken oder freien Transplantaten lässt sich ein derartiges Ergebnis in aller Regel nicht realisieren.



Abb.6: Zustand nach Exzision eines Areals mit alopecia areata am Os occipitale eines 6-jährigen Mädchens und Rekonstruktion des Defekts nach Gewebeexpansion der benachbarten behaarten Kopfhaut (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

Ein weiterer einzigartiger Vorteil der Gewebeexpansion ist die Vermeidung von Entnahmestellen für gestielte Lappen oder freie Hauttransplantate. Damit werden entfernt liegende Deformitäten, Narben und Infektionen verhindert (Lasheen, Saad et al. 2009).

Neben den genannten Vorteilen führt die Langzeitexpansion zu einer gesteigerten Vaskularisierung des expandierten Gewebes, wodurch größer ausgedehnte Lappen zur plastischen Rekonstruktion gebildet werden können (Hoffmann 2005). Außerdem findet eine Neuordnung der Haarfollikel im expandierten Skalp statt, obwohl dabei keine neuen Follikel entstehen (Prakash, Tandon et al. 2006).

Aus der Betrachtung des operativen Verfahrens ergeben sich einige Anmerkungen zur chirurgischen Vorgehensweise. In der vorliegenden Studie wurden alle Expander supragaleal implantiert. Das heißt, die Gewebetasche für den Expander wurde oberhalb der Galea aponeurotica präpariert, diese wurde dabei nicht durchtrennt. Diese Technik entspricht dem Vorgehen von Prakash et al. (Prakash, Tandon et al. 2006), die in einer Studie das supra- und subgaleale Einbringen von Expandern bei Patienten mit verbrennungsbedingter

Alopezie untersuchten. Bei der subgalealen Implantation wurden aufgrund der Eigenschaften der Galea aponeurotica entscheidende Nachteile festgestellt. Durch die derbe Sehnenplatte ließen sich in einem Füllvorgang nicht mehr als 20-25 ml Kochsalzlösung in den Expander injizieren. Dadurch erwies sich die Expansion als schwierig, zeitaufwendig sowie für den Patienten besonders schmerzhaft und lieferte häufig nicht die erwünschten Ergebnisse. Bei supragalealer Platzierung des Expanders hingegen konnte die Expansion schneller durchgeführt werden, da die straffe Galea nicht expandiert wurde und somit auch Beschwerden auf Seiten der Patienten während der Expansion reduziert werden konnten. Die Studienergebnisse beziehen sich auf die Rekonstruktion von verbrennungsbedingter Alopezie. Dabei wird nur haartragende Kopfhaut für den chirurgischen Lappen benötigt, eine Expansion der Galea ist nicht notwendig. Entsprechend sind die Ergebnisse nur bedingt auf Indikationen anzuwenden, bei denen umfangreiche Defekte des Skalps bestehen und die Rekonstruktion von Hart- und Weichgewebe einschließlich Galea aponeurotica erfordern.

Die Wahl der Position des Expanders spielt eine entscheidende Rolle und ist auch für erfahrene Operateure eine anspruchsvolle Aufgabe. Dabei ist in die Planung einerseits die Größe und Lokalisation des Defektes und die erforderliche Menge an Gewebe für die Schädelplastik einzubeziehen. Ein besonders wichtiger und keinesfalls zu vernachlässigender Aspekt ist jedoch die Gestaltung des chirurgischen Lappens für die Defektrekonstruktion. Dabei ist zwingend die vaskuläre Versorgung der expandierten Region zu beachten, um eine Lappennekrose durch Durchtrennung der versorgenden Gefäße zu verhindern.

Nachteile der klassischen Expandertechnik bestehen für den Patienten einerseits in zweimaligen stationären Aufenthalten und zwei Narkosen, andererseits in den zahlreichen ambulanten Klinikbesuchen, die notwendig sind, um die Expander zu befüllen. Diese sind außerdem für den Patienten schmerzhaft, da zum einen die Injektionen perkutan erfolgen und zum anderen die Expansion des Gewebes zu Schmerzempfindungen führt. Bei der Wahl der Therapie muss mit dem Patienten eine Behandlungsdauer von mehreren Wochen bis Monaten besprochen werden sowie auf Deformitäten im sichtbaren

Bereich während der Expansionszeit hingewiesen werden (Mayer, Amarante et al. 1989) (Abb.7).



Abb.7: Sichtbare Deformität im sichtbaren Bereich am Os parietale und Os occipitale durch zwei in situ befindliche Expander (Archivbild aus der Klinik für MKG des UKD)

Weitere Nachteile der Expandertechnik sind das Infektionsrisiko durch die vielfachen Punktionen des Ports, die Gefahr der Ruptur der Expanderhülle durch perkutane Einstiche im Bereich des Expanderlagers und Extrusionen des Expanders. Keskin et al. verwendeten in ihrer Untersuchung externe Ports zur Gewebeexpansion und berichten über eine Misserfolgsrate von nur 10 % (Keskin, Kelly et al. 2006). Im Vergleich zu der hier vorliegenden Untersuchung wurden dort jedoch durchschnittlich kleinere Expander verwendet.

Im Jahr 1999 wurde von der Firma Osmed™ ein osmotisch aktiver, selbstquellender Expander entwickelt. Es wird beschrieben, dass er die oben genannten Komplikationen der konventionellen Expander vermeidet und seine Eigenschaften im Laufe der Zeit verbessert wurden, indem er mit einer Silikonhülle versehen wurde, um die Expansionsgeschwindigkeit zu reduzieren und unkontrollierter Expansion vorzubeugen (Anwander, Schneider et al. 2007). Außerdem wird sein Gebrauch in zahlreichen Fallstudien beschrieben (Ronert,

Hofheinz et al. 2003, Sharony, Rissin et al. 2009, Wollina and Bayyoud 2010). Trotzdem hat der osmotisch aktive Expander bisher noch keine weitreichende Anwendung gefunden.

Dennoch wurden in jüngerer Zeit auch drei größere Studien veröffentlicht:

Die erste Studie von Ronert et al. umfasst einen Zeitraum von vier Jahren und 58 Patienten, vergleichbar mit der vorliegenden Studie, und berichtet von erfolgreicher Explantation und Defektrekonstruktion in 81,5 % der Fälle vor und in 91 % der Fälle nach der Einführung der Silikonhülle, wenn auch die meisten Fälle Patienten für Augmentationen der Brust und nur vier Fälle Tumore der Kopf-Hals-Region darstellten. Leider ist das Resultat der Behandlung dieser Patienten nicht detailliert aufgeführt (Ronert, Hofheinz et al. 2004).

Die zweite Studie von Obdeijn et al. umfasst eine 3-Jahres Untersuchung von neun Patienten, von denen fünf ein Defizit des Skalps aufwiesen. Bei drei dieser fünf Patienten musste der Expander entfernt werden, davon zwei Mal wegen lokaler Ischämie der expandierten Haut und ein Mal wegen Wanderung des Expanders. Das ergibt eine Erfolgsrate von 40 % für Defizite der Kopf-Hals-Region in dieser Studie (Obdeijn, Nicolai et al. 2009).

In der dritten Studie veröffentlichten Chummun et al. das Ergebnis einer 5-Jahres Untersuchung, die zehn Patienten einschloss (sieben Kinder und drei Erwachsene), von denen fünf Patienten in der Kopf-Hals-Region behandelt wurden. Bei zwei der fünf Patienten mussten die Expander wegen Infektionen oder Erythemen vorzeitig entfernt werden, daraus resultiert eine Erfolgsrate von 60 % (Chummun, Addison et al. 2010).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass selbstquellende, osmotisch aktive Expander besonders im Bereich der Pädiatrie eine interessante Alternative zur klassischen Expandertechnik darstellen, da für die Patienten keine wiederholten ambulanten Besuche der Kliniken für das schmerzhaft transkutane Füllen der Expander notwendig sind (Gronovich, Tuchman et al. 2010). Außerdem besteht ein deutlich reduziertes Infektionsrisiko, da keine transkutanen Injektionen zum Befüllen des Expanders erforderlich sind.

Eine weitere, in der Literatur zu findende, Methode der Gewebedehnung ist die „externe“ Gewebeexpansion, die von Lasheen et al. beschrieben wird (Lasheen, Saad et al. 2009). Dabei wird der Expander nicht wie bei der klassischen Expandertechnik subkutan implantiert und die Haut durch einen Überdruck gedehnt, sondern über einen externen Expander wird von außen ein Unterdruck von -100 bis -200 mbar erzeugt. Dadurch bildet sich im Expanderlumen eine Falte aus Haut und subkutanem Bindegewebe. Dieser Gewebeüberschuss kann für die plastische Rekonstruktion verwendet werden. Leider wird in der Studie die Defektgröße nicht näher erläutert. Daher ist es unklar, ob sich diese Methode für größere Hautdefizite eignet.

6 Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die Expandertechnik eine geeignete Methode darstellt, Weichteildefekte im Kopf- und Gesichtsbereich nicht nur funktionsgerecht, sondern auch unter ästhetischen Gesichtspunkten wiederherzustellen. Im Vergleich zu gestielten Lappenplastiken oder freien Hauttransplantaten liefert sie meist ein besseres kosmetisches Ergebnis.

Ein entscheidender Vorteil der Gewebeexpansion ist die Möglichkeit, Gewebe mit gleicher Farbe, Dicke und Beschaffenheit durch Expansion in direkter Umgebung des Defekts zu gewinnen.

Ein interessantes Ergebnis der vorliegenden Studie ist der Zusammenhang zwischen der Komplikationsrate und der Anzahl implantierter Expander pro Patient sowie dem Expandervolumen. Eine erhöhte Anzahl an Expandern und ein größeres Expandervolumen führen zu einer deutlich steigenden Komplikationsrate. Üblicherweise sind diese Parameter, die Expanderanzahl und das Expandervolumen, eng mit der Defektgröße verknüpft.

Eine Defektgröße von etwa 55 cm² stellt somit eine geeignete Indikation für die Behandlung mit Hautexpandern dar. Bei besonders großen Defekten (größer 105 cm²) sowie in Fällen, in denen mehr als ein Expander benötigt wird, steigt die Komplikationsrate jedoch signifikant an. Daher werden nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie in diesen Situationen alternative Therapiemöglichkeiten empfohlen.

Vor der Behandlung mit Hautexpandern sollte eine umfassende Patientenaufklärung erfolgen. Insbesondere sollte dabei neben allgemeinen und speziellen Operationsrisiken auf mehrfache ambulante Klinikbesuche für schmerzhaftes Befüllen des Expanders und sichtbare Deformitäten während der Expansionsphase eingegangen werden.

Basierend auf den anfänglichen, vielversprechenden Ergebnissen der osmotisch aktiven, selbstquellenden Hydrogelexpander wird an der Klinik für Kiefer und Plastische Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf zukünftig eine randomisierte, prospektive Studie zum Vergleich der Ergebnisse von konventionellen Expandern gegenüber osmotisch aktiven Hydrogelexpandern speziell im Kopf-Hals-Bereich durchgeführt.

In ferner Zukunft werden diese Methoden möglicherweise durch die Möglichkeiten des Tissue Engineerings ersetzt, wenn auch zunächst für kleinere Defekte (Meyer, Meyer et al. 2009).

7 Literaturverzeichnis

Antonyshyn, O., J. S. Gruss, S. E. Mackinnon and R. Zuker (1988). "Complications of soft tissue expansion." Br J Plast Surg **41**(3): 239-250.

Antonyshyn, O., J. S. Gruss, R. Zuker and S. E. Mackinnon (1988). "Tissue expansion in head and neck reconstruction." Plast Reconstr Surg **82**(1): 58-68.

Anwander, T., M. Schneider, W. Gloger, R. H. Reich, T. Appel, M. Martini, M. Wenghoefer, M. Merckx and S. Bergé (2007). "Investigation of the expansion properties of osmotic expanders with and without silicone shell in animals." Plast Reconstr Surg **120**(3): 590-595.

Argenta, L. C. (1984). "Reconstruction of the breast by tissue expansion." Clin Plast Surg **11**(2): 257-264.

Argenta, L. C., M. W. Marks and W. C. Grabb (1983). "Selective use of serial expansion in breast reconstruction." Ann Plast Surg **11**(3): 188-195.

Austad, E. D., K. A. Pasyk, K. D. McClatchey and G. W. Cherry (1982). "Histomorphologic evaluation of guinea pig skin and soft tissue after controlled tissue expansion." Plast Reconstr Surg **70**(6): 704-710.

Austad, E. D. and G. L. Rose (1982). "A self-inflating tissue expander." Plast Reconstr Surg **70**(5): 588-594.

Boeck, G. (2003). Die heterogenen Gleichgewichte. Kurzlehrbuch Chemie. Stuttgart, Georg Thieme Verlag: 76.

Buhrer, D. P., T. T. Huang, H. W. Yee and S. J. Blackwell (1988). "Treatment of burn alopecia with tissue expanders in children." Plast Reconstr Surg **81**(4): 512-515.

Cherry, G. W., E. Austad, K. Pasyk, K. McClatchey and R. J. Rohrich (1983). "Increased survival and vascularity of random-pattern skin flaps elevated in controlled, expanded skin." Plast Reconstr Surg **72**(5): 680-687.

Chummun, S., P. Addison and K. J. Stewart (2010). "The osmotic tissue expander: a 5-year experience." J Plast Reconstr Aesthet Surg **63**(12): 2128-2132.

Chun, J. T. and R. J. Rohrich (1998). "Versatility of tissue expansion in head and neck burn reconstruction." Ann Plast Surg **41**(1): 11-16.

Cohen, B. E., D. Casso and M. Whetstone (1992). "Analysis of risks and aesthetics in a consecutive series of tissue expansion breast reconstructions." Plast Reconstr Surg **89**(5): 840-843; discussion 844-845.

- Cohen, M. and M. Marschall (1990). "Tissue expansion. An alternative technique in reconstructive surgery." Surg Annu **22**: 343-362.
- Cunha, M. S., H. A. Nakamoto, M. R. Herson, J. C. Faes, R. Gemperli and M. C. Ferreira (2002). "Tissue expander complications in plastic surgery: a 10-year experience." Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo **57**(3): 93-97.
- Exner, K. (2003). Gewebeexpansion. Plastische Chirurgie: Grundlagen, Prinzipien, Techniken. A. Berger and R. Hierner. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag: 97-122.
- Fritsch, P. (2004). Aufbau und Funktionen der Haut. Dermatologie und Venerologie. Berlin, New York, Heidelberg, Springer-Verlag: 3-42.
- Furter, S. and K. C. Jasch (2007). Crashkurs Dermatologie. München, Elsevier GmbH.
- Gronovich, Y., I. Tuchman, R. Binenboym, N. Eizenman, A. Raveh, A. Elami, N. Sternberg and J. Golan (2010). "Osmotic tissue expander— experience in ten consecutive pediatric cases." Plastic and Reconstructive Surgery **126**: 83-84.
- Hoffmann, J. F. (2005). "Tissue expansion in the head and neck." Facial Plast Surg Clin North Am **13**(2): 315-324, vii.
- Hoffmann, J. F. (2009). Tissue Expansion in Reconstruction of the Head and Neck. Facial Plastic and Reconstructive Surgery. I. D. Papel. New York, Thieme Medical Publishers, Inc.: 745-756.
- Hong, C., G. B. Stark and J. W. Futrell (1987). "Elongation of axial blood vessels with a tissue expander." Clin Plast Surg **14**(3): 465-467.
- Hudson, D. A. and E. Arasteh (2001). "Serial tissue expansion for reconstruction of burns of the head and neck." Burns **27**(5): 481-487.
- Hudson, D. A. and A. O. Grobbelaar (1995). "The use of tissue expansion in children with burns of the head and neck." Burns **21**(3): 209-211.
- Kabaker, S. S., R. W. Kridel, M. E. Krugman and R. W. Swenson (1986). "Tissue expansion in the treatment of alopecia." Arch Otolaryngol Head Neck Surg **112**(7): 720-725.
- Keskin, M., C. P. Kelly, R. Yavuzer, T. Miyawaki and I. T. Jackson (2006). "External filling ports in tissue expansion: confirming their safety and convenience." Plast Reconstr Surg **117**(5): 1543-1551.
- Kheradmand, A. A., A. Garajei and M. H. Motamedi (2011). "Nasal reconstruction: experience using tissue expansion and forehead flap." J Oral Maxillofac Surg **69**(5): 1478-1484.

- Kuwahara, M., M. Hatoko, A. Tanaka, S. Yurugi and K. Mashiba (2000). "Simultaneous use of a tissue expander and skin graft in scalp reconstruction." Ann Plast Surg **45**(2): 220.
- Lasheen, A. E., A. Elzeftawy, S. Ibrahim, M. Attia and M. Emam (2007). "Implantation of a skin graft tube to create a saphenoperitoneal shunt for refractory ascites." Surg Today **37**(7): 622-625.
- Lasheen, A. E., K. Saad and M. Raslan (2009). "External tissue expansion in head and neck reconstruction." J Plast Reconstr Aesthet Surg **62**(8): e251-254.
- Lischner, S., A. Dunsche and A. Hauschild (2001). "[Congenital cerebriform nevus cell nevus on the occiput. Removal after tissue expander implantation]." Hautarzt **52**(10 Pt 2): 952-955.
- Manders, E. K., M. J. Schenden, J. A. Furrey, P. T. Hetzler, T. S. Davis and W. P. Graham (1984). "Soft-tissue expansion: concepts and complications." Plast Reconstr Surg **74**(4): 493-507.
- Matthews, R. N. and F. E. Missotten (1986). "Early tissue expansion to close a traumatic defect of scalp and pericranium." Br J Plast Surg **39**(3): 417-421.
- Mayer, B., L. Amarante, C. Barth, I. Pitanguy and T. Nassif (1989). "[Tissue expanders in plastic surgery of the head and neck. Indications and use]." Laryngorhinootologie **68**(6): 313-318.
- McCraw, J. B., C. E. Horton, J. A. Grossman, I. Kaplan and A. McMellin (1987). "An early appraisal of the methods of tissue expansion and the transverse rectus abdominis musculocutaneous flap in reconstruction of the breast following mastectomy." Ann Plast Surg **18**(2): 93-113.
- Mentzel, M., T. Ebinger, H. Hoss, A. Halder, L. Kinzl and N. J. Wachter (2000). "[Soft tissue reconstruction after scalping injury caused by a dog bite]." Unfallchirurg **103**(10): 891-894.
- Meyer, U., T. Meyer, J. Handschel and H. Wiesmann (2009). Fundamentals of tissue engineering and regenerative medicine. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag.
- Milner, R. H. and P. R. Wilkins (1992). "The recovery of peripheral nerves following tissue expansion." J Hand Surg Br **17**(1): 78-85.
- Miyazawa, T., R. Azuma, S. Nakamura, T. Kiyosawa and K. Shima (2007). "Usefulness of scalp expansion for cranioplasty in a case with postinfection large calvarial defect: a case report." Surg Neurol **67**(3): 291-295.
- Moukarbel, R. V., K. Fung, J. H. Franklin, A. Leung, R. Rastogi, C. M. Anderson and J. H. Yoo (2010). "Neck and shoulder disability following reconstruction with the pectoralis major pedicled flap." Laryngoscope **120**(6): 1129-1134.

- Moukarbel, R. V., J. B. White, K. Fung, J. H. Franklin and J. H. Yoo (2010). "The scapular free flap: when versatility is needed in head and neck reconstruction." J Otolaryngol Head Neck Surg **39**(5): 572-578.
- Mustoe, T. A. and C. J. Corral (1995). "Soft tissue reconstructive choices for craniofacial reconstruction." Clin Plast Surg **22**(3): 543-554.
- Neumann, C. G. (1957). "The expansion of an area of skin by progressive distention of a subcutaneous balloon; use of the method for securing skin for subtotal reconstruction of the ear." Plast Reconstr Surg (1946) **19**(2): 124-130.
- Obdeijn, M. C., J. P. Nicolai and P. M. Werker (2009). "The osmotic tissue expander: a three-year clinical experience." J Plast Reconstr Aesthet Surg **62**(9): 1219-1222.
- Pasyk, K. A., L. C. Argenta and E. D. Austad (1987). "Histopathology of human expanded tissue." Clin Plast Surg **14**(3): 435-445.
- Pasyk, K. A., L. C. Argenta and C. Hassett (1988). "Quantitative analysis of the thickness of human skin and subcutaneous tissue following controlled expansion with a silicone implant." Plast Reconstr Surg **81**(4): 516-523.
- Petres, J. and R. Rompel (2007). Hautexpandertechnik. Operative Dermatologie. Heidelberg, Springer Medizin Verlag. **2. Auflage**: 205-208.
- Petres, J. and R. Rompel (2007). Prinzipien lokaler Lappenplastiken. Operative Dermatologie. Berlin Heidelberg, Springer Medizin Verlag. **2. Auflage**: 173-177.
- Prakash, V., R. Tandon and R. Mantri (2006). "Supragaleal placement of tissue expander for post-burn alopecia." J Plast Reconstr Aesthet Surg **59**(10): 1102-1104.
- Radovan, C. (1976). Adjacent flap development using expandable silastic implant. Boston, Massachusetts, Presented at the Annual Meeting of the American Society of Plastic and Reconstructive Surgeons.
- Radovan, C. (1982). "Breast reconstruction after mastectomy using the temporary expander." Plast Reconstr Surg **69**(2): 195-208.
- Radovan, C. (1984). "Tissue expansion in soft-tissue reconstruction." Plast Reconstr Surg **74**(4): 482-492.
- Ronert, M. A., H. Hofheinz, E. Manassa, H. Asgarouladi and R. R. Olbrisch (2004). "The beginning of a new era in tissue expansion: self-filling osmotic tissue expander--four-year clinical experience." Plast Reconstr Surg **114**(5): 1025-1031.
- Ronert, M. A., H. Hofheinz and R. R. Olbrisch (2003). "The beginning of a new era: self-filling tissue expander for defect coverage in a 3-year-old boy with a retroauricular nevus." Plast Reconstr Surg **112**(1): 189-191.

Salgarelli, A. C., A. Cangiano, F. Sartorelli, P. Bellini and M. Collini (2010). "The bilobed flap in skin cancer of the face: our experience on 285 cases." J Craniomaxillofac Surg **38**(6): 460-464.

Schneider, M. (2008) "In-vivo-Untersuchung des Expansionsverhaltens und der Biokompatibilität von Methylmethacrylat – N-Vinylpyrrolidon – Hydrogelexpandern mit und ohne Silikonhülle."

Sharony, Z., Y. Rissin and Y. Ullmann (2009). "Postburn scalp reconstruction using a self-filling osmotic tissue expander." J Burn Care Res **30**(4): 744-746.

Siegert, R. (2004). Hautexpansion zur Vorbereitung der Ohrmuschel-(re-)konstruktion. Chirurgie der Ohrmuschel-Verletzungen, Defekte und Anomalien. H. Weerda. Stuttgart, Georg Thieme Verlag: 227-229.

Siegert, R. and H. Weerda (1994). "[Skin expansion. Part 2: Clinical use and complications]." HNO **42**(3): 182-194.

Siegert, R. and H. Weerda (1994). "[Tissue expansion. Part 1: Technical and physiologic principles]." HNO **42**(2): 124-137.

Siegert, R., H. Weerda, S. Hoffmann and C. Mohadjer (1993). "Clinical and experimental evaluation of intermittent intraoperative short-term expansion." Plast Reconstr Surg **92**(2): 248-254.

Silfen, R., D. A. Hudson, M. G. Soldin and P. J. Skoll (2000). "Tissue expansion for frontal hairline restoration in severe alopecia in a child." Burns **26**(3): 294-297.

Van Cann, E. M. and R. Koole (2009). "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 **108**(6): 851-854.

Van Damme, P. A., K. L. Heidbüchel, A. M. Kuijpers-Jagtman, J. C. Maltha and H. P. Freihofer (1992). "Cranio-maxillo-facial tissue expansion, experimentally based or clinically empiric? A review of the literature." J Craniomaxillofac Surg **20**(2): 61-69.

Weyand, B. (2011). Lappenplastiken am Skalp. Praxis der Plastischen Chirurgie. P. M. Vogt. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag: 98-101.

Wieslander, J. B. (1988). "Repeated tissue expansion in reconstruction of a huge combined scalp-forehead avulsion injury." Ann Plast Surg **20**(4): 381-385.

Wolff, H. H. (2005). Grundlagen. Dermatologie und Venerologie. O. Braun-Falco, G. Plewig, H. H. Wolff, W. H. C. Burgdorf and M. Landthaler. Heidelberg, Springer Medizin Verlag: 3-5.

Wollina, U. and Y. Bayyoud (2010). "Reconstruction of a large scalp defect by the sequential use of dermal substitute, self-filling osmotic tissue expander and rotational flap." J Cutan Aesthet Surg **3**(2): 106-110.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	CUI™ Gewebeexpander der Firma Allergan.....	24
Abbildung 2:	Operationsgebiet präoperativ.....	25
Abbildung 3:	Geplante Expanderposition.....	26
Abbildung 4:	Zustand nach Expanderimplantation.....	27
Abbildung 5:	Expanderexplantation.....	28
Abbildung 6:	Zustand nach Defektrekonstruktion am Os occipitale.....	42
Abbildung 7:	Sichtbare Deformität durch in situ befindliche Expander...	44

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ursachen des Hautdefizits.....	33
Tabelle 2:	Lokalisation des Hautdefizits.....	35
Tabelle 3:	Komplikationen.....	37
Tabelle 4:	Untersuchung der statistischen Signifikanz.....	38

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist und die hier vorgelegte Dissertation nicht von einer anderen Medizinischen Fakultät abgelehnt worden ist.

Datum, Vor- und Nachname

Unterschrift