

Aus der Klinik für Plastische Chirurgie, Wiederherstellungs- und Handchirurgie des  
Markus Krankenhauses in Frankfurt  
Akademisches Lehrkrankenhaus der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Wilhelm-Epstein-Straße 2, 60431 Frankfurt am Main  
Chefarzt: Priv.-Doz. Dr. med. K. Exner

**Die Chirurgie der Trichterbrust:  
Langzeitresultate der Korrektur mit custom-made  
Hartsilikonimplantaten und vergleichende Analyse der  
alternativen Operationsverfahren**

Inaugural-Dissertation  
Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
Des Fachbereiches Medizin der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von

Gabriel Marey  
Aus Gross-Gerau, Deutschland

Frankfurt am Main, 2005

Dekan:	Prof. Dr. med. J. Pfeilschifter
Referent:	Priv.- Doz. Dr. med. K. Exner
Korreferent:	Prof. Dr. med. W. O. Bechstein
Tag der mündlichen Prüfung:	20. November 2006

## **Meine Familie gewidmet**



<b>1. Einleitung und Fragestellung</b>	8
<b>2. Grundlagen</b>	9
2.1 Anatomie der Trichterbrust	9
2.2 Klassifikationen	9
2.3 Ätiologie	11
2.4 Pathogenese	12
2.5 Symptome	12
2.6 Kardiopulmonale Funktion	12
2.7 Röntgenologische Merkmale	14
2.8 Indikationen zur operativen Korrektur	15
2.9 Operative Techniken: Historische Entwicklung	16
2.9.1 Technik nach Ravitch	19
2.9.2 Sternum “turn-over“ nach Wada und Ikeda	21
2.9.3 Costoplastik nach Wada und Ikeda	21
2.9.4 Techniken mit innerer und äusserer Fixierung	22
2.9.5 Technik nach Nuss	22
2.9.6 Alloplastische Rekonstruktion mit Hartsilikonimplantaten	26
2.9.7 Autologe Rekonstruktion mit Dermisfett- und Muskellappen	27
<b>3. Material und Methoden</b>	28
3.1 Patienten	28
3.1.1 Krankenakten	29

3.1.2 Fragebogen	29
3.2 Herstellung eines Silikonimplantates	35
3.3 Herstellen eines RTV-Silastik Implantates	36
3.4 Custom-made Implantate	37
3.4.1 Herstellen des Abdruckes	37
3.4.2 Operationstechnik	40
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>44</b>
4.1 Ergebnisse der Krankenakten	44
4.2 Ergebnisse des Fragebogens	45
4.2.1 Präoperativer Teil des Fragebogens	47
4.2.1.1 Zeitliches Auftreten der Trichterbrust	47
4.2.1.2 Assoziierte Erkrankungen	47
4.2.2 Postoperativer Teil des Fragebogens	49
4.2.2.1 Das klinische Ergebnis	49
4.2.2.2 Das Implantat	53
4.2.2.3 Patientenzufriedenheit	57
4.2.3 Freier Teil des Fragebogens	58
4.2.3.1 Gesamtbeurteilung	58
<b>5. Diskussion</b>	<b>60</b>
5.1 Einführung	60
5.2 Bewertung der Trichterbrustkorrektur mit Hartsilikonimplantaten	61
5.2.1 Möglichkeiten und Grenzen des Silikonimplantates	61
5.2.2 Die Methode im Vergleich	67

<b>6. Zusammenfassung</b>	75
<b>7. Summary</b>	77
<b>8. Literaturverzeichnis</b>	79
<b>9. Danksagung</b>	85
<b>10. Curriculum Vitae</b>	86

## **1. Einleitung und Fragestellung**

---

Die Trichterbrust [Pectus excavatum, engl. Funnel chest] ist die häufigste beschriebene Brustwandfehlbildung. Sie betrifft das männliche häufiger als das weibliche Geschlecht mit einem Verhältnis männlich : weiblich = 3:1 und einer Inzidenz von etwa 1:300 bis 1:1000 Lebendgeburten [14]. Sie wurde zuerst 1594 durch Bauhinus [6] und 1870 durch Eggel [18] beschrieben.

Da 95% der Patienten mit einer Trichterbrust keine funktionellen Einschränkungen durch die Thoraxdeformität aufweisen und somit eine Lösung für die psychischen Probleme im Umgang mit ihrer entstellenden Deformität suchen, erscheint die Einbringung eines Implantats als geeignete Methode, weil hier gezielt die äusserliche Deformität korrigiert werden kann, ohne die Integrität und Stabilität des Thoraxraumes zu tangieren. Die äusserliche Entstellung kann so relativ einfach und zuverlässig behoben und dabei die Risiken der Operation, die möglichen postoperativen Komplikationen und der auch finanzielle Aufwand deutlich vermindert werden.

Da bisher im deutschen Sprachraum kein größeres Patientenkollektiv über einem längeren Zeitraum beobachtet und vergleichend zu anderen Studien mit alternativen Behandlungsmethoden betrachtet wurde, haben wir im Markuskrankenhaus in Frankfurt am Main in einem Zeitraum von 25 Jahren bei 58 Patienten mit einer Trichterbrustdeformität in einer retrospektiven Studie die Langzeitergebnisse von der präoperativen Entscheidungsfindung über die Operation mit einer maximalen Follow-up Zeit von 27 Jahren untersucht. 46 Patienten wurden operiert und die Trichterbrustdeformität mit einem Hartsilikonimplantat korrigiert. Hier sollen die Möglichkeiten und Grenzen der Methode aufgezeigt werden. Weiter soll herausgearbeitet werden, ob es mögliche Vorteile der Methode zu anatomischen Korrekturen gibt, oder diese gegenüber Trichterbrustimplantaten überlegen sind.

## 2. Grundlagen

---

### 2.1. Anatomie der Trichterbrust

Die Deformität der vorderen Brustwand ist meist gekennzeichnet durch eine Abwinkelung des Brustbeins nach dorsal, beginnend am manubriosternalen Übergang mit einer maximalen Einziehung am Xiphoid. Bei Erwachsenen können auch die ossären Anteile der Rippen lateral des costochondralen Übergangs nach dorsal abgewinkelt sein. Das Manubrium selbst und die korrespondierenden Rippen sind meist normal ausgebildet.

Die Schwere der Deformität kann sehr variabel ausfallen. So kann die Vertiefung des Brustbeins in seltenen Fällen bis an die Wirbelkörper reichen, oder seitlich der Wirbelkörper auf dort verlaufende Nerven oder Gefäße drücken und so zu Komplikationen führen. In den meisten Fällen besteht allerdings nur eine leichte bis moderate Deformität, die zu keinen physiologischen Veränderungen oder Einschränkungen führt.

Sie wird normalerweise rasch nach der Geburt erkannt, bei einigen Patienten aber auch erst Monate oder Jahre nach der Geburt diagnostiziert. Der Grad der Progression ist inkonstant.

Durch die große Flexibilität der vorderen Brustwand bei Neugeborenen können paradoxe Einziehungen der unteren Teile des Sternums beim Husten oder Schreien auftreten. Dieses Phänomen ist allerdings durch die neonatale Anatomie begründet und keine Manifestation einer Trichterbrust.

### 2.2 Klassifikationen

Willital [68] teilte die angeborenen Brustwanddeformitäten in 11 verschiedene Typen ein, die je 4 Typen der Trichterbrust (Pectus excavatum) und 4 Typen der Kielbrust (Pectus carinatum) umfassen, sowie 3 weitere Typen der Kombination von Trichterbrust und Kielbrust, die Brustwandaplasie und schliesslich das gespaltene Sternum beschreiben.

**Tabelle 1** Willital's Klassifikation der angeborenen Brustwanddeformitäten

<i>Typ</i>	<i>Beschreibung</i>
1	symmetrische Trichterbrust mit normal konfiguriertem Thorax
2	asymmetrische Trichterbrust mit normal konfiguriertem Thorax
3	symmetrische Trichterbrust mit vergesellschaftetem Platythorax
4	asymmetrische Trichterbrust mit vergesellschaftetem Platythorax
5	symmetrische Kielbrust mit normal konfiguriertem Thorax
6	asymmetrische Kielbrust mit normal konfiguriertem Thorax
7	symmetrische Kielbrust mit vergesellschaftetem Platythorax
8	asymmetrische Kielbrust mit vergesellschaftetem Platythorax
9	Kombination aus Trichterbrust und Kielbrust
10	Thoraxwandaplasie
11	Gespaltenes Sternum

**Tabelle 2** Modifizierte Klassifikation nach Willital

	<i>Symmetrisch</i>	<i>Asymmetrisch</i>	<i>Andere</i>
Trichterbrust	Typ 1	Typ 2	
Trichterbrust + Platythorax	Typ 3	Typ 4	
Kielbrust	Typ 5	Typ 6	
Kielbrust + Platythorax	Typ 7	Typ 8	
Trichterbrust + Kielbrust			Typ 9
Thoraxwandaplasie			Typ 10
Gespaltenes Sternum			Typ 11

Etwa ein Drittel der Patienten haben eine symmetrische Trichterbrust mit einem normalen Thorax, etwa zwei Drittel eine asymmetrische Trichterbrust, bei der das Sternum zu einer Seite hin, dann meist nach rechts verlagert ist [55]. Die beiden anderen Varianten der Trichterbrust sind seltener anzutreffen.

### 2.3 Ätiologie

Die Ätiologie der Trichterbrust wird kontrovers diskutiert. Das männliche Geschlecht ist dreibis viermal häufiger betroffen als das weibliche. In unserem Patientenkollektiv betrug die Inzidenz bei Männern im Vergleich zu Frauen 1,8 zu 1. Meist tritt sie sporadisch auf, obwohl auch Fälle von familiärer Häufung mit dann unregelmäßigem, dominantem Vererbungsmodus dokumentiert sind [61]. Die Studie von Schamberger und Welch aus dem Jahr 1988 zeigte eine familiäre Inzidenz von 37%. Fünf der Patienten (20%) aus unserer Fragebogenauswertung gaben eine Trichterbrustdeformität bei einem nahen Verwandten an.

In verschiedenen Theorien wurden eine verzögerte oder unvollständige Entwicklung, eine fehlerhafte Ossifikation des unteren Sternums, oder ein zu kurzer Musculus rectus abdominis für die Deformität verantwortlich gemacht. Auch wurde diskutiert, ob sie Folge eines intrauterin wirkenden Drucks auf die vordere Brustwand des Feten oder durch perinatale Komplikationen bedingt sei. Ferner wurde durch Aston und Pickrell [3] ein Zusammenhang mit einer hereditären Syphilis, fibrösen Bändern im Bereich des unteren Sternums oder einem zu kurzen Centrum tendineum des Diaphragmas postuliert.

Gegenwärtig wird ein überschüssiges Wachstum der Rippenknorpel mit einem gestörten Proteoglykanstoffwechsel der Chondrozyten, der zur Knorpelschwäche an Rippen und Sternum führt als Ursache angenommen, dies führt sekundär zu einer Dorsalverlagerung des Brustbeins im Falle einer Trichterbrust und einer Ventralverlagerung im Falle einer Kielbrust. Die Theorie einer gemeinsamen Entstehungsursache bei der Trichter- und Kielbrust wird durch die Beobachtung unterstützt, dass die Kielbrust in Familien mit Trichterbrüsten gehäuft auftritt [7,59].

## 2.4 Pathogenese

Die Deformität besteht meist seit der Geburt und zeigt eine Progredienz in der Kindheit und besonders während des Wachstumsschubs in der Pubertät. Sie kann sich allerdings auch erst im Kindesalter manifestieren, wie sich bei 12 Patienten in unserer Studie gezeigt hat.

Häufig assoziierte Deformitäten sind unter anderen ein Platythorax, nach vorne hängende Schultern, ein vorgewölbtes Abdomen („pot belly“), eine Mammahypoplasie und Asymmetrie, eine dorsale Kyphose sowie eine Skoliose. Es wurde ein gehäuftes Auftreten in Verbindung mit dem Poland Syndrom und dem Marfan Syndrom beobachtet.

## 2.5 Symptome

Obwohl 95% der Patienten mit Trichterbrust physiologisch asymptomatisch sind, zeigen einige Patienten, gerade Heranwachsende und junge Erwachsene, klinische Symptome wie Kurzatmigkeit, Belastungsdyspnoe, Thoraxschmerzen, Palpitationen und Herzrhythmusstörungen [11,51]. Patienten mit einer stark ausgeprägten Trichterbrust beklagen des öfteren eine Einschränkung in ihrer körperlichen Leistungsfähigkeit und leiden in seltenen Fällen unter einer respiratorischen wie auch kardialen Insuffizienz [8].

## 2.6 Kardiopulmonale Funktion

Die meisten Untersuchungen zur kardiopulmonalen Funktion zeigen in der Mehrheit der Patienten mit Trichterbrust normale Werte für den Herzschlag, den venösen und den arteriellen Blutdruck, die Blutzirkulationsgeschwindigkeit, die Sauerstoffsättigung, die arteriovenöse Sauerstoffdruckdifferenz, die pulmonale Vitalkapazität und das maximale Atemzugvolumen [7,12]. Pathologische kardiopulmonale Veränderungen beinhalten in 60% der Fälle ein Systolikum oder eine eingeschränkte Vitalkapazität.

Der Großteil der Patienten weist ein normales Elektrokardiogramm auf. Im Falle von pathologischen Veränderungen konnten eine Rechtsverlagerung der Herzachse mit invertierter T-Welle, einer abnormen P-Welle in den Ableitungen II und III sowie Reizleitungsstörungen und Rechtsschenkelblockbilder festgestellt werden [12,25].

Herzkatheter-Untersuchungen ergaben bei den meisten Patienten normale oder nur minimal veränderte intrakardiale Blutdrücke und kardiale Auswurfleistungen [19,53]. Allerdings berichteten einige Autoren über von der Norm abweichende Ergebnisse [51].

Es ist leicht nachvollziehbar, dass die Trichterbrust durch die Verdrängung bzw. Kompression des Herzens zu einer Einschränkung der Herzfunktion gerade bei Heranwachsenden in der Zeit der Pubertät führen kann. Dies spiegelt sich dann in Zeichen der Herzinsuffizienz, insbesondere bei körperlicher Belastung wider und kann bis zu Arrhythmien und Herzversagen reichen [51]. Kardiopulmonale Funktionsstörungen, die bei Patienten mit Trichterbrust beschrieben wurden, sind (1.) ein verminderter venöser Rückfluss zum rechten Herzen, (2.) postsystolische Herzarrhythmien, (3.) ein vermindertes diastolisches ventrikuläres Füllungsvolumen und (4.) ein vermindertes respiratorisches Reservevolumen. Diese Insuffizienzzeichen traten allerdings nur bei Patienten mit schweren Deformitäten auf [51].

Herzkatheteruntersuchungen des rechten Herzens von Beiser und Mitarbeitern ergaben normale hämodynamische Werte bei körperlicher Belastung im Liegen, jedoch war die Herzauswurfleistung bei Belastungstests in leicht aufgerichteter Körperposition reduziert. Bei fünf von sechs Patienten wurde in vollständig aufrechter Position eine deutlich verminderte Herzauswurfleistung unter Belastung beobachtet. Die Untersucher vermuteten einen Zusammenhang zwischen dem Maximum der Sternumdeformität am kaudalen Pol und der aufrechten Thoraxposition, welche so das Schlagvolumen des Herzens beeinflussen könnte. Danach reduziert sich das Schlagvolumen durch die Verlagerung des Herzens nach kaudal in den Bereich des Thorax, der am meisten von der Deformität betroffen und eingeeengt ist.

Diese Erkenntnis ist von wesentlicher Bedeutung für die Bewertung früher Studien, die über Herzkatheteruntersuchungen am liegenden Patienten berichten.

Bevegard fand bereits 1962 eine schwächere Herzleistung am aufrecht sitzenden Patienten als am liegenden Patienten, führte dies jedoch auf eine Veränderung im abdominothorakalen Pumpmechanismus zurück, der durch die Deformität der vorderen Brustwand bedingt sei. Durch diese Hypothese erklärte er die Diskrepanz zwischen der klinischen Symptomatik und den normalen Werten bei Herzkatheteruntersuchungen in liegender Position.

### 2.7 Röntgenologische Merkmale

Die häufigsten Merkmale der Trichterbrust im anteroposterioren Strahlengang sind eine verstärkte Projektion des Herzschatens in den linken Thoraxraum, eine Steilstellung der linken Herzkontur sowie ein prominenter Truncus pulmonalis. Patienten mit einer breiten Deformität können im lateralen Strahlengang eine abgeflachte Herzkontur und in der anteroposterioren Position eine Verbreiterung des Herzschatens zu beiden Seiten zeigen. Die röntgenologisch erfassbare Deformität variiert natürlich mit der Ausprägung der Trichterbrust. Der normale Abstand zwischen dem Ligamentum longitudinale anterius der Wirbelsäule und der posterioren Oberfläche des Sternums beträgt im Mittel 9 cm bei der Frau und 10,5 cm beim Mann [17]. Fabricius und Mitarbeiter [19] definierten die Trichterbrust als leicht, wenn dieser Abstand über 7 cm betrug, als moderat bei einem Abstand zwischen 5 und 7 cm und als schwer bei einem Abstand unter 5 cm.



**Abb. 1** CT Thorax und Röntgen Thorax seitlich bei Trichterbrust

Heute lässt sich die Ausprägung der Trichterbrustdeformität durch die Darstellung des Thorax im Querschnitt in der Computertomographie (CT) präzise erfassen (Abb. 1). Die CT erlaubt indirekt Rückschlüsse auf mögliche Auswirkungen der Deformität auf die kardiopulmonale Funktion. Die Ausprägung der Trichterbrust wird hierbei mit dem Haller-Index [25] definiert, der das Verhältnis von transversalem und sagittalem Thoraxdurchmesser beschreibt. Ein Index von über 3,25 wurde als operationsbedürftige Trichterbrustdeformität definiert. Ben-Menachem und Mitarbeiter [9] berichteten über eine paradoxe Vergrößerung des Herzschatens bei Kindern mit Trichterbrust während der Inspiration und betonten damit die Notwendigkeit von Röntgenaufnahmen sowohl in der Inspiration als auch in der Expiration, um die tatsächliche Größe des Herzens zuverlässig erfassen zu können.

### 2.8 Indikationen zur operativen Korrektur

Kardiopulmonale Einschränkungen, die im Zusammenhang mit der Thoraxdeformität, hängenden Schultern, protuberantem Abdomen und einer Kyphose oder Skoliose auftreten können sind eine klare Indikation zur operativen Korrektur der Trichterbrust. Die Frage, ob eine physiologische Einschränkung des Patienten besteht, oder ob eine physiologische bzw.

psychosoziale Beeinträchtigung vorliegt, beeinflusst die Wahl des Operationsverfahrens und den Zeitpunkt des Eingriffs.

Die Progression der Deformität ist schwer vorhersehbar und kann eine chirurgische Intervention mit Sternumosteotomie, Rippenknorpelteilresektion oder Formkorrektur erfordern. So kann (1.) bei Kindern mit schweren Deformitäten, (2.) bei Kindern mit einer dokumentierten Progression der Deformität oder (3.) klinisch symptomatischen Patienten mit kardiopulmonalen Funktionsstörungen eine solche Operation indiziert sein. In diesen Fällen wird eine frühzeitige Korrektur im frühen Kindesalter, teilweise schon zwischen dem 2. und 6. Lebensjahr angestrebt, bevor es zu funktionellen Problemen oder zu einer Störung der emotionalen Entwicklung des Kindes kommt. Desweiteren ist das Risiko einer solchen Operation bei jungen Patienten geringer, da sie technisch einfacher durchzuführen ist und besser toleriert wird [62,31]. Andere Studien berichten über Operationen zwischen dem 11. und 15. Lebensjahr mit ebenfalls guten Ergebnissen [55,46].

Eine zusätzliche Hilfe zur Indikationsstellung bietet der Haller-Index [siehe unter 2.7].

In den weitaus häufigsten Fällen (ca. 95%) liegt allerdings ein äusserlich entstellendes Defizit mit den begleitenden psychologischen Problemen des Patienten im Umgang mit seiner Deformität vor. Für diese Patienten stellt die Einbringung eines Hartsilikonimplantates zum optischen Ausgleich der Deformität eine Alternative zu den funktionellen chondro- und costoplastischen Operationen dar. Dieses kann in einem relativ einfachen, risikoarmen Eingriff ohne Eröffnung des Thoraxraumes zu einem optisch guten Resultat führen und stellt eine schonende und minimal invasive Methode zur Beseitigung der äusserlich entstellenden Trichterbrust dar.

## 2.9 Operative Techniken: Historische Entwicklung

Die chirurgischen Techniken zur Korrektur der Trichterbrust wurden im Laufe der Zeit häufig modifiziert und weiterentwickelt. Viele Autoren beschreiben eigene Varianten, die allgemein

drei Verfahren zugeordnet werden können: (1.) die costosternale Elevation, (2.) die anteroposteriore Wendung des Sternums [Sternum „turn-over“] und (3.) das subkutane oder submuskuläre Einbringen eines Implantats. Die ersten Trichterbrustkorrekturen führte Meyer 1911 durch und Sauerbruch versuchte 1920 als Erster die kausale Behandlung der kardiopulmonalen Symptome durch einen chirurgischen Eingriff. Lexer führte das erste Sternum „turn-over“ mit transversaler Osteotomie und anteroposteriorer Wendung des Sternums durch. Ochsner und DeBakey verfeinerten 1938 diese Technik und Brown legte 1939 den Grundstein für die costosternale Elevation, die heute häufig zur Korrektur der symptomatischen Trichterbrust durchgeführt wird. Sie beinhaltet die bilaterale Resektion der Rippenknorpel, die Exzision des Xiphoids, das Ablösen des Zwerchfells und des Musculus rectus abdominis von der Thoraxwand, eine transverse, cuneiforme Osteotomie am manubriosternalen Übergang und die Fixierung des Sternums durch Drähte. Diese Methode wurde 1956 von Ravitch [51] weiterentwickelt, indem er das Sternum dorsal osteotomierte und in die entstehende Kerbe einen Knochenkeil einbrachte, um ein Zurücksinken des Sternums zu verhindern. Vorübergehend wurde während der frühen postoperativen Phase eine externe Fixierung des Sternums mit Drähten, die man durch oder um das Sternum führte, durch die Haut nach außen brachte und dort verankerte, von einigen Autoren favorisiert [37,20]. Die externe Fixierung war jedoch nur für einen kurzen postoperativen Zeitraum sinnvoll und mit einer aufwendigen Wundpflege und dem Risiko einer Infektion verbunden. Darüber hinaus schränkten die nach außen stehenden Fixierungsdrähte die Bewegungsfreiheit des Patienten ein, so dass externe Fixateure nur noch selten angewendet werden.

Die Methode nach Lexer wurde weiterentwickelt, dabei die weniger radikale Resektion der Rippenknorpel beibehalten und durch das Einbringen von retrosternal fixierten Metallstäben ergänzt [33]. Später wurden Kirschnerdrähte [5] und kleine Metallplatten [45] zur inneren Fixierung des Sternums eingesetzt. Diese modifizierte Technik gewährleistete (1.) eine bessere Blutversorgung des Sternums, (2.) die Fixierung des Sternums ohne externe

Verfahren oder die Einbringung großer Metallstäbe und (3.) durch die minimale Resektion der Rippenknorpel eine verbesserte postoperative Thoraxstabilität mit einer geringen Inzidenz respiratorischer Komplikationen. Kobayashi führte 1997 [35] die gesamte Operation erstmals endoskopisch unterstützt durch. So konnte er die bis dahin unvermeidliche große Thorakotomienarbe durch mehrere kleine Schnitte ersetzen.

Auf der Basis neuerer Erkenntnisse über die Blutversorgung des elevierten Sternums entwickelte Nakanishi 1992 [46] eine Operationsmethode, welche die vaskularisierte fünfte Rippe zur Stabilisierung des Sternums verwendet. Hierbei wurde die fünfte Rippe etwa 20 cm lateral des Sternums und parasternal unter Erhalt der Arteria thoracica interna abgetrennt, um 180 Grad gedreht und über dem Sternum mit Nylonfäden fixiert, um dieses zu stabilisieren.

Eine relativ neue Methode, die zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die von Nuss und Mitarbeitern [48] beschriebene minimal invasive Reparatur des Pectus excavatum (MIRPE). Hierfür sind lediglich zwei kleine Hautschnitte zwischen der anterioren und posterioren Axillarlinie in Höhe der tiefsten Einsenkung der Deformität nötig. Anschließend wird mit einer Führungszange ein stabilisierender Stahlbügel eingebracht und lateral befestigt, um von unten einen Druck auf das Sternum auszuüben. So kann der Brustkorb unter Verzicht auf eine Costo- oder Chondroplastik angehoben werden (minimal invasive costosternale Elevation).

Als Alternative zu diesen aufwendigen chirurgischen Verfahren wurden bei nur äusserlich entstellenden Trichterbrustdeformitäten Silikonimplantate erstmals 1965 von Murray [44] eingesetzt. Sie erlauben eine exakte Ausfüllung des Defekts durch die subkutane oder submuskuläre Einbringung eines individuell angefertigten „custom-made“ Hartsilikonimplantates, ohne die Integrität und Stabilität des Thorax und seiner knöchernen Strukturen zu beeinflussen.

Mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit Silikonimplantaten durch den Einsatz in anderen Körperregionen, beispielsweise im kraniofazialen Bereich oder bei Brustaugmentationen und Rekonstruktionen, wurden diese zunehmend auch zur ästhetischen Korrektur der Trichterbrust

eingesetzt. Baker berichtete 1975 über ein Silikonelastomer-Präparat, welches bei Zimmertemperatur vulkanisierte und sich so direkt am Patienten ausformen ließ. Das fertige Trichterbrustimplantat wurde anschließend subkutan eingesetzt. Später fertigte man zuerst einen Gipsabdruck des Trichters an, der dann nachbearbeitet wurde und anschließend als Vorlage zur Herstellung eines „custom-made“ Implantates diente [42]. Die Oberfläche der Implantate, die Befestigung und der Ort der Einbringung wurden variiert, um einen stabilen Sitz des Implantats zu gewährleisten. So wurden die Implantate gefensternt, um ein besseres Verwachsen mit dem umliegenden Gewebe und dadurch einen festeren Sitz zu erreichen [4]. Die Implantate wurden später vorzugsweise subpektoral eingesetzt, da auf diese Weise die Implantatränder, anders als bei der subkutanen Einbringung, kaum noch zu tasten waren. Eine weitere Möglichkeit der Defektdeckung ist die von Pierre und Mitarbeitern [50] beschriebene Nutzung von autologen Dermis-Fett-Muskeltransplantaten, die frei oder gestielt [22] zur Korrektur der Deformität genutzt werden können.

### 2.9.1 Technik nach Ravitch

Der Zugang zum Sternum erfolgt über einen medianen Schnitt vom Jugulum bis zum unteren Rand des Xiphoids, um eine maximale Exposition des Sternums zu erreichen. Beidseits werden Haut, Subkutis und der mediale Anteil der Musculi pectorales soweit abgelöst, bis das Sternum und die angrenzenden deformierten Rippen dem Operateur zugänglich sind. Das Perichondrium wird ventral inzidiert und vom deformierten Knorpel abgelöst, wobei ein intakter perichondraler Schlauch erhalten werden sollte. Der Knorpel wird auf der gesamten Länge seiner Deformität reseziert. Hierbei sollte nach Möglichkeit der osteochondrale Übergang erhalten bleiben. Bei älteren Kindern und jungen Erwachsenen reicht die

Deformität jedoch häufig bis in die knöchernen Rippenanteile. Es werden in der Regel drei bis fünf Rippensegmente entfernt. Eine inkomplette Resektion der deformierten Knorpel kann in einem unbefriedigenden postoperativen Ergebnis resultieren. Nachdem alle deformierten Knorpel reseziert wurden, wird die nächst höher gelegene Rippe in ihrem Knorpelteil mit einem Skalpell von anteromedial nach posterolateral durchtrennt, um ein Überlappen der medialen und lateralen Knorpelränder zu ermöglichen, wenn das Sternum in seiner korrekten Position ist. Die überlappenden Knorpelränder werden später durch Nähte fixiert. Das Xiphoid wird vom Sternum abgetrennt, das Sternum angehoben und die versorgenden Interkostalararterien ligiert. Das Sternum ist nun nur noch am Manubrium fixiert und wird über dem obersten durchtrennten Rippenknorpel von posterior quer osteotomiert. Der beim Anheben des Sternums resultierende keilförmige Defekt wird mit dem Knochenkeil einer entfernten Rippe gefüllt werden, wodurch ein Zurücksinken des Sternums in seine ursprüngliche Position verhindert wird. Das kaudale Sternumende wird bedarfsweise durch eine anteriore quere Inzision korrigiert und durch Einbringung eines weiteren Knochenkeils stabilisiert. Die Rippenränder werden in ihrer neuen Position überlappend vernäht. Anschliessend wird das Periost und die Musculi pectorales in ihrer ursprünglichen Position vernäht, eine Redon-Drainage retrosternal eingebracht und das subkutane Gewebe und die Haut verschlossen.

Ein postoperativer Röntgen-Thorax dient dem Ausschluss eines Pneumothorax. In den ersten postoperativen Tagen kann es zu einer paradoxen Thoraxbewegung bei In- und Expiration kommen. Bedingt durch den relativ grossen, destabilisierenden Eingriff am Thorax muss der Patient postoperativ 10-14 Tage Bettruhe einhalten und sollte auch die ersten sechs Monate Sport und andere Belastungen, die auf den Thorax einwirken könnten, wie das Heben schwerer Lasten vermeiden bis Rippen und Sternum konsolidiert sind.

### 2.9.2 Sternum „turn-over“ nach Wada und Ikeda

Bei dieser 1972 erstmals von Wada und Ikeda vorgestellten Technik erfolgt der Zugang zum Operationsgebiet durch eine longitudinale oder quere inframammäre Inzision. Die Haut, das subkutane Gewebe und die Musculi pectorales werden abpräpariert und das Sternum vom Mediastinum gelöst. Die Rippen werden gemeinsam mit den interkostalen Muskeln beiderseits des Sternums entlang des Randes der Deformität durchtrennt. Das Sternum wird angehoben und die versorgenden Arteriae mammae internae beidseitig ligiert und durchtrennt. Das Sternum wird kranial der Deformität quer gespalten und das herausgelöste Segment in einem Stück angehoben und um 180° Grad gewendet. Die konvexe Seite des Sternumsegmentes zeigt nun nach oben. Es wird durch die Resektion von laterale posterioren Rippenkeilen lateral und anterioren Rippenkeilen medial in seiner neuen Position umgeformt, bis die Deformität ausgeglichen ist. Das Sternum wird mit Metalldrähten und die Rippen mit Seidenfäden fixiert. Muskulatur, subkutanes Gewebe und Haut werden anschließend schichtweise vernäht. Diese Methode ist für Patienten mit großflächigen Defekten indiziert.

### 2.9.3 Costoplastik nach Wada und Ikeda

Wada und Ikeda entwickelten 1972 [63] eine Technik der Rippenresektion und Formung, die speziell für asymmetrische bzw. unilaterale Thoraxdeformitäten geeignet ist, die meist die rechte Seite und nur die Rippen ohne Involvierung des Sternums betreffen. Dabei werden die Rippen und deren Knorpel auf der Seite der Deformität durchtrennt oder keilreseziert und die Enden anschließend vernäht. Eine Resektion des gesamten Sternums erübrigt sich hierbei. Postoperativ bietet diese Technik eine bessere Thoraxstabilität im Vergleich zu kombinierten Verfahren an Sternum und Rippen, was den Heilungsprozess verkürzt und die postoperativen Risiken vermindert.

#### 2.9.4 Techniken mit innerer und äusserer Fixierung

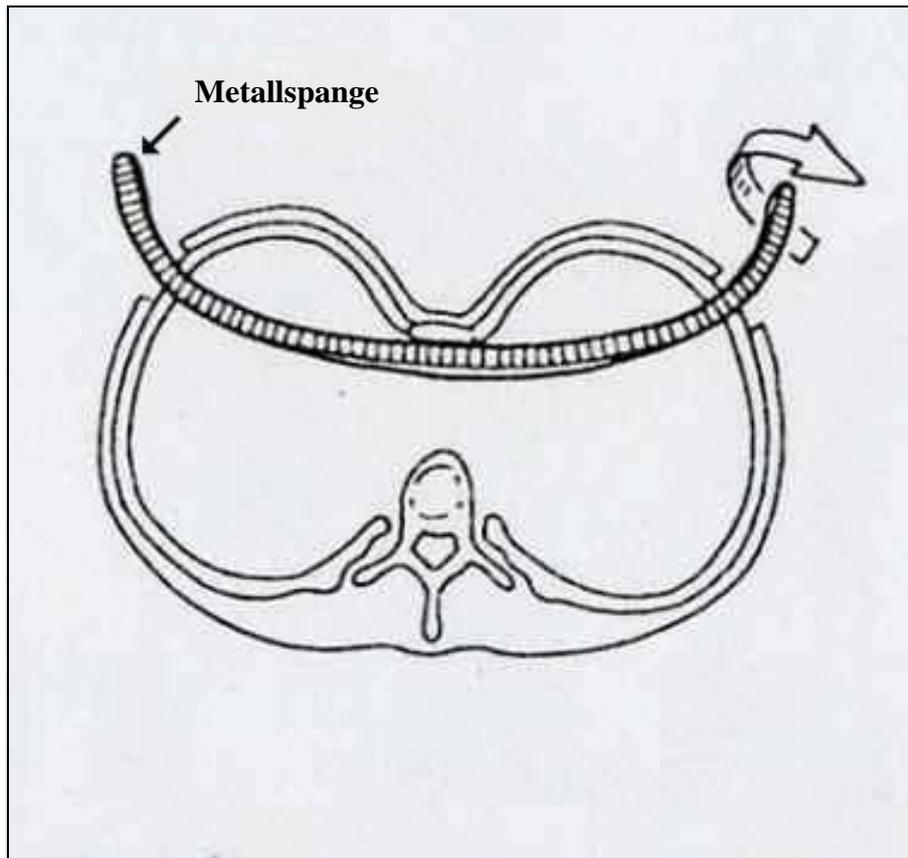
Eine Vielzahl an Techniken wurde entwickelt, um nach der Trichterbrustkorrektur das Sternum zu stabilisieren und ein Rezidiv der Deformität durch das Zurücksinken in die ursprüngliche Position zu verhindern. Stahlstreben [52,1,51,33,67], Drahtnetze [39], Kirschner-Drähte oder Steinmann-Pins [40,16] und vaskularisierte Rippen [46,59] wurden verwendet. Die Fixierung durch Plattenosteosynthese wurde erstmals von Gotzen [23] und später von Watanabe [64] und Takagi [60] beschrieben. Jensen und seine Mitarbeiter [33] verwendeten speziell vorgeformte rostfreie Stahlstreben, um die vordere Brustwand zu stabilisieren. Nach der offenen Korrektur der Rippen und des Sternums über einen submammären Zugang wurde die Stahlstrebe zwischen Fascia endothoracica und Pleura parietalis eingebracht und reichte über den gesamten vorderen Thorax bis zur medialen Axillarlinie. Sie wurde nach 12-18 Monaten wieder entfernt. Um die langen Narben nach offenen Verfahren mit der Gefahr der Narbenhypertrophie und Keloidbildung zu vermeiden, entwickelte Kobayashi 1997 [35] eine endoskopisch unterstützte Technik, welche die Hautschnitte auf wenige Zentimeter reduzierte. Als zusätzlichen Vorteil beschrieb er die verbesserte Darstellung des Operationsfeldes bei der retrosternalen Lösung der Pleura parietalis, wodurch Verletzungen der Pleura oder gar der großen Gefäße und des Herzmuskels selbst weitgehend ausgeschlossen werden konnten.

#### 2.9.5 Technik nach Nuss

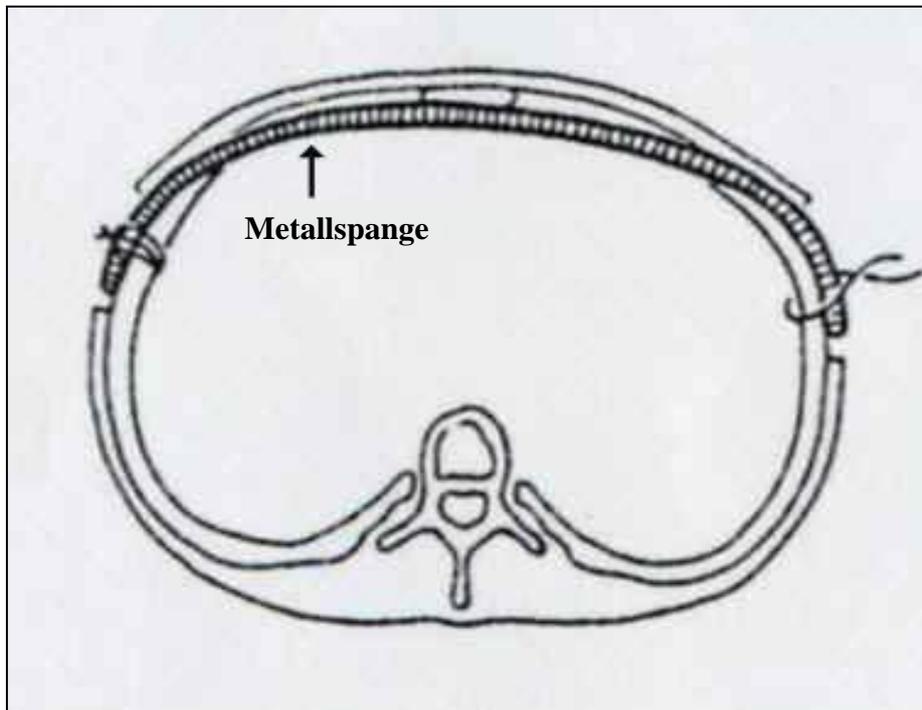
Bei der Technik nach Nuss (MIRPE = minimally invasive repair of pectus excavatum) wird auf die offene Costo- und Chondroplastik sowie eine Sternumosteotomie verzichtet. Über zwei kleine laterale Inzisionen wird eine Metallspange unter dem Sternum platziert und durch die laterale Fixierung der Spange ein anteriorer Druck auf das Sternum ausgeübt. Hierdurch wird am wachsenden und elastischen Thorax das Sternum aus seiner zurückgelagerten Position nach vorne gebracht.

Präoperativ wird die Stahlspange grob der Thoraxform des Patienten angepasst, um intraoperativ Zeit zu sparen. Die angestrebte Konvexität des Thorax muss bei der Formgebung der Spange leicht überkorrigiert werden, um den später auf die Spange wirkenden Druck des Thorax auszugleichen. Die endgültige Formgebung der Spange geschieht während der OP, um einen bestmöglichen Sitz zu gewährleisten.

Ein querer etwa 2,5 cm langer Schnitt wird auf beiden Seiten der lateralen Brustwand zwischen anteriorer und posteriorer Axillarlinie geführt. Nach Anlage eines Pneumothorax unter thorakoskopischer Kontrolle wird ein retrosternaler Tunnel zwischen Periost und Pleura parietalis gebildet, der quer über den Thorax führt und eine etwa 30 cm lange, gebogene Kelly-Klemme durch diesen Tunnel geleitet. Die Kelly-Klemme dient als Führung für die einzubringende, 15mm breite und 2mm dicke Stahlspange. Beim Einbringen ist die konvexe Seite der Spange zunächst nach posterior gerichtet (Abb. 2). Erst nach der definitiven Positionierung der Spange wird diese mit Hilfe von beidseits an den freien Enden angebrachten Zangen gewendet, sodass die konvexe Seite nach anterior gegen das Sternum gerichtet ist, um so das Sternum und die angrenzende Brustwand anzuheben (Abb. 3). Eine zweite Stahlstange kann bei Bedarf ober- oder unterhalb der Ersten eingebracht werden.

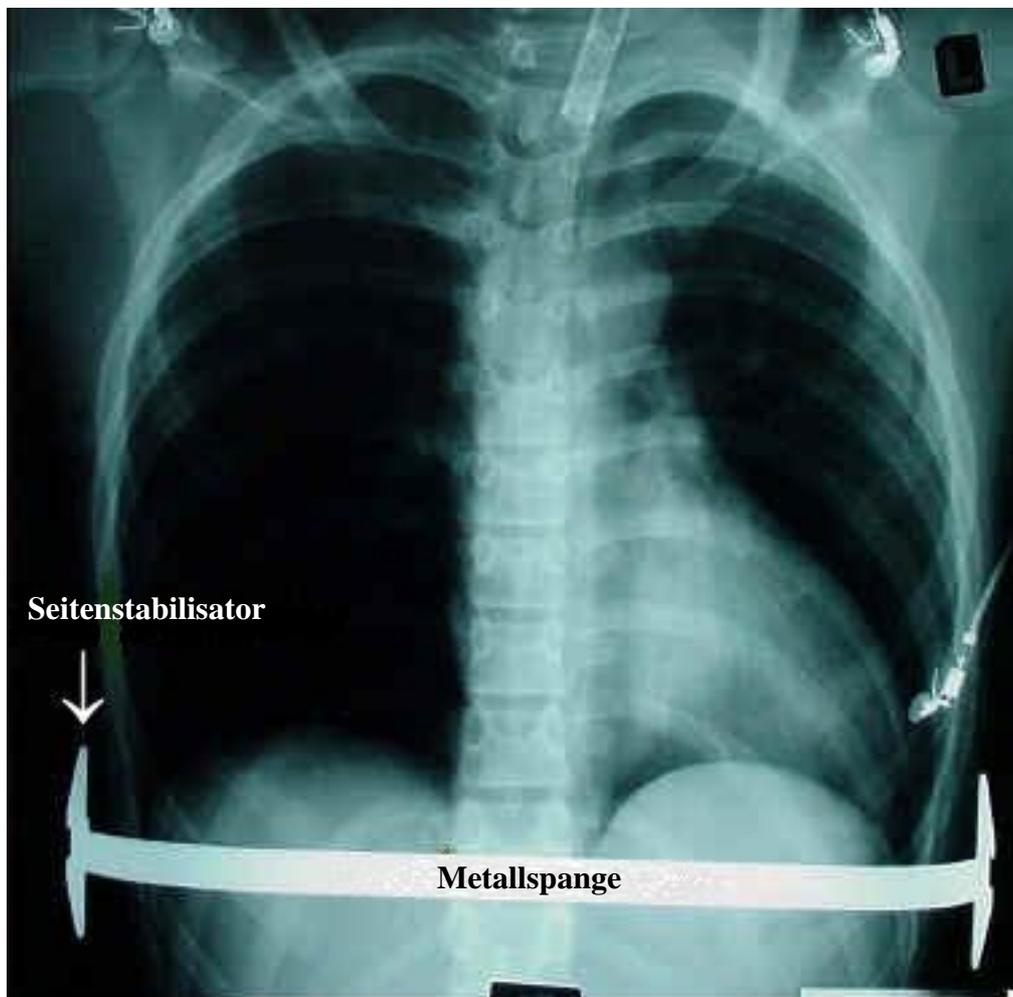


**Abb. 2** Metallspange („pectus-bar“) nach dem Einbringen, vor der Positionierung



**Abb. 3** Metallspange nach anteriorer Wendung und Fixierung

Nach Aufheben des Pneumothorax wird die Spange an der lateralen Brustwand fixiert und die lateralen Inzisionen unter PEEP (positive end expiratory pressure) in Schichten vernäht, um ein „pleural air trapping“ mit der Gefahr eines Pneumothorax zu vermeiden. Postoperative Röntgen-Thorax Kontrollen sind obligat um einen Pneumothorax auszuschliessen (Abb. 4).



**Abb. 4** Röntgen-Thorax postoperativ nach Metallspangenimplantation

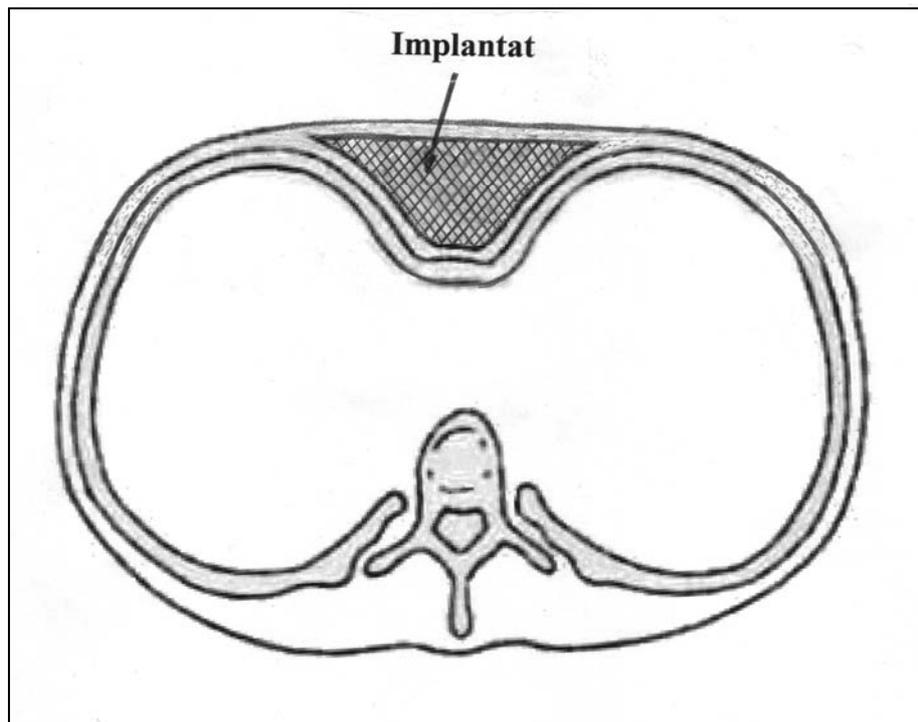
Durch die Verwendung einer endoskopischen Kamera kann die Präparation optisch kontrolliert und das Risiko einer Verletzung der Pleura parietalis, des Herzens und der großen Gefäße gesenkt werden. Nach etwa 30 Tagen sind die Patienten noch eingeschränkt belastungsfähig, nach drei Monaten in der Regel voll belastungsfähig. Nach etwa 2 Jahren kann die Stahlstange in Vollnarkose entfernt werden.

### 2.9.6 Alloplastische Rekonstruktion mit Hartsilikonimplantaten

Die Indikationen zur Korrektur einer Trichterbrust mit Hartsilikonimplantaten besteht bei Jugendlichen und Erwachsenen ohne physiologische Einschränkungen aber mit erheblicher körperlicher Deformität durch die Trichterbrust und damit einhergehender psychologischer Beeinträchtigung. Murray beschrieb 1965 als Erster die Einbringung eines Hartsilikonimplantates in den Trichter zur Korrektur des Pectus excavatum. Später wurde diese Methode auch von anderen Autoren eingesetzt [38,42].

Die zuerst verwendeten Implantate wurden aus bei Raumtemperatur vulkanisierendem Silikon (RTV) intraoperativ hergestellt und eingesetzt [36]. Heute wird zunächst ein Abdruck der Trichterbrust mit Gips oder Cellulose hergestellt. Nach diesem individuellen Abdruck wird anschließend ein vollständig polymerisiertes Implantat aus „medical-grade“ Silikon gefertigt, um eine exakte präoperative Formung und eine optimale Passgenauigkeit des Implantates zu erreichen. Bei der Herstellung des Implantates ist darauf zu achten, dass der Abdruck den Trichter nicht vollkommen ausfüllt, sondern entsprechend des Weichteilmantels (Haut, Unterhautfettgewebe, Muskulatur) etwas unter dem angestrebten Niveau bleibt. Der tatsächliche skelettale Defekt ist kleiner als der sichtbare, weil hier die darüber liegenden Schichten aus subkutanem Fettgewebe und Haut den Defekt äußerlich größer erscheinen lassen (Abb. 5). Daher ist ein Implantat, was den Defekt bis zum Hautniveau ausfüllt, größer als benötigt und resultiert in einer Überkorrektur mit plateauförmiger Protrusion des Implantats und sichtbaren Implantaträndern.

Die Technik der Defektauffüllung durch Hartsilikonimplantate eignet sich bei Patienten nach Abschluss ihres Wachstums und ohne kardiopulmonale Symptome. Mögliche Komplikationen der Methode sind Blutungen, Serombildungen, Infektionen und Implantatdislokationen sowie Über- oder Unterkorrekturen.



**Abb. 5** Defektkorrektur durch das Silikonimplantat

#### 2.9.7 Autologe Rekonstruktion mit Dermisfett- und Muskellappen

Eine aufwendige Möglichkeit der ästhetischen Korrektur ist die Verwendung von autologem Haut- oder Muskelgewebe. Dabei kann zur Auffüllung des Trichters ein lokaler Muskellappen aus einem der beiden großen Brustmuskeln oder alternativ ein lokaler freier Dermisfettlappen gebildet werden. Es besteht auch die Möglichkeit zur Verwendung von Fernlappen oder freien Lappen aus anderen Körperregionen, wie z.B. der Bauchhaut, dem Gesäß oder dem Oberschenkel. Die Verwendung eines freien Lappens muss allerdings Nutzen, Risiko und Hebmorbidity berücksichtigen. Vorteile des autologen Gewebes sind der Verzicht auf einen Fremdkörper und damit assoziierte Risiken und Komplikationen. Die Bedingungen für eine erfolgreiche Operation sind eine gute Lappenvaskularisation und Einheilung sowie die richtige Dimensionierung und Einpassung des Lappens. Bei Muskellappen muss eine postoperative Lappenatrophie eingerechnet werden. Nachteilig können zusätzliche Narben am Hebedefekt und die weiche Konsistenz des Gewebes im Vergleich zum Brustbein sein.

### **3 Material und Methoden**

---

#### **3.1 Patienten**

Im Markus Krankenhaus in Frankfurt wurden seit 1977 operative Korrekturen der Trichterbrust mit Hartsilikonimplantaten durchgeführt. In einem Zeitraum von 25 Jahren (1977 – 2002) stellten sich 58 Patienten mit einer Trichterbrust vor. Von 58 Patienten wurden 46 (79%) am Markus Krankenhaus operiert. Zwölf von 58 Patienten (21%) wurden entweder nicht operiert, oder wiesen funktionelle Beschwerden auf, die einen thoraxchirurgischen Eingriff indizierten. Dieser wurde nicht im Markus Krankenhaus durchgeführt und die Patienten an eine thoraxchirurgische Abteilung verwiesen. Bei allen am Markus Krankenhaus operierten Patienten wurde die Trichterbrust mit einem Hartsilikonimplantat korrigiert. Alle operierten Patienten wurden in die retrospektive Studie einbezogen. Neun der 46 im Markus Krankenhaus operierten Patienten (19%) waren zum Zeitpunkt der Studie verzogen und nicht mehr auffindbar. Zwei Patienten (4%) waren zwischenzeitlich aus operationsunabhängigen Gründen verstorben.

Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation lag zwischen 7 und 52 Jahren mit einem Medianwert von 22 Jahren und einem Mittelwert von 19 Jahren. Das Verhältnis zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht war 1,8:1. Alle Patienten wurden vor einer Operation pulmonologisch und kardiologisch abgeklärt und über die verschiedenen Möglichkeiten einer Korrektur aufgeklärt. Einige kamen bereits mit dem konkreten Wunsch einer plastischen Korrektur mit einem Hartsilikonimplantat zum Beratungsgespräch. Der Krankenhausaufenthalt betrug zwischen 4 und 12 Tagen und im Durchschnitt 6 Tage.

Im Rahmen der retrospektiven Studie erfolgte die Befragung von 35 Patienten, deren Adresse auffindbar war, mit einem systematischen Fragebogen. Die Fragebögen wurden von einer unabhängigen Person ausgewertet, die nicht in die Behandlung der Patienten involviert war, wodurch ein Einfluss der Operateure auf die Auswertung ausgeschlossen wurde.

### 3.1.1 Krankenakten

Bei den Patienten, die verstorben waren (n=2) oder deren Adresse wir nach Umzug nicht ermitteln konnten (n=2) erfolgte die Erhebung objektiver Daten durch eine retrospektive Analyse der Krankengeschichten. Erfasst wurden dabei die Dauer des Krankenhausaufenthaltes, der prä- und postoperative Befund und postoperative Komplikationen einschliesslich operativer Revisionen. Die Daten dieser Patienten wurden somit auch nur eingeschränkt in die Auswertung einbezogen.

### 3.1.2 Fragebogen

Unser Patientenkollektiv stammte aus dem gesamten Bundesgebiet. Um eine möglichst vollständige Datenerfassung über den späten postoperativen Befund zu gewährleisten entwickelten wir einen systematischen Multiple-Choice Fragebogen, der sich in einen präoperativen und einen postoperativen Teil gliederte und die Möglichkeit zu frei formulierten Ergänzungen bot.

Die Fragen des präoperativen Teils zielten zunächst auf den Lokalbefund ab, das heißt das Auftreten, die Progredienz und Ausprägung der Trichterbrust sowie weitere mit ihr einhergehende oder parallel auftretende Deformitäten und die familiäre Häufung derartiger Deformitäten. Es folgte ein Fragenteil zur präoperativen Symptomatik, Diagnostik, Indikationsstellung und Entscheidungsfindung zur Operation. Die Patienten wurden über durch die Trichterbrust bedingte körperliche Beschwerden und ihre Beweggründe für die Operation befragt, wer ihnen dazu riet, ob sie über Alternativen informiert wurden und ob sie im Vorfeld pulmologisch und kardiologisch abgeklärt wurden.

Der postoperative Teil richtet sich überwiegend auf die subjektive Beurteilung des Operationsergebnisses im Vergleich zur präoperativen Situation. Er beinhaltet Fragen nach den eigenen Erwartungen an die Operation, ob diese erfüllt werden konnten, das subjektiv erlebte Erscheinungsbild vor und nach der Operation, die insgesamt erzielte Thoraxform und

ob die Operation die Deformität vollständig korrigieren konnte. Weiterhin fragten wir nach Problemen im Alltag, ob sich das Implantat selbst, oder seine Lage im Lauf der Zeit veränderte, wie sich die Sensibilität im Implantatbereich verhielt und ob andere Probleme mit dem Implantat im Verlauf auftraten. Abschliessend folgten Fragen nach den psychologischen Auswirkungen bzw. dem Benefit durch das Implantat und ob die Patienten die operative Korrektur weiterempfehlen würden. Es folgte ein freier Teil für eigene Kommentare.

Im Folgenden ist der verwendete Fragebogen abgebildet:

*Sehr geehrte/r Patient/in,*

*vor einiger Zeit haben Sie sich für unsere Klinik entschieden, um Ihre Trichterbrust mit Hilfe eines Silikonimplantates korrigieren zu lassen. Diese Operation führen wir bereits seit vielen Jahren als Standardverfahren durch. Zum Nutzen des medizinischen Fortschritts müssen auch bewährte Operationsverfahren immer wieder überprüft werden, um weiterhin eine optimale Behandlung zu gewährleisten. Aus diesem Grund haben wir den folgenden Fragebogen entwickelt, und möchten Sie um Ihre Mithilfe bitten. Wir haben uns bemüht die Fragen gezielt und kurz zu formulieren, um Ihre Zeit nicht lange in Anspruch zu nehmen. Um so mehr hoffen wir auf eine ehrliche und möglichst vollständige Beantwortung. Bei Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit über unser Sekretariat unter der Telefon-Nr. 069/95937-5411 zur Verfügung, den ausgefüllten Bogen schicken Sie bitte an oben genannte Adresse zu Händen von Dr. med. O. Scheufler. Wir bedanken uns im Voraus für Ihre Unterstützung.*

*I Wann fiel die Trichterbrust bei Ihnen auf?*

*➤ [ ] bei der Geburt [ ] später:*

.....

II *Hat die Trichterbrustdeformität mit den Jahren zugenommen?*

➤  *nein*  *wenn ja, wann?:*

.....

III *Haben weitere Familienmitglieder/Verwandte eine Trichterbrust?*

➤  *nein*  *wenn ja, wer?:*

.....

IV *Sind andere Erkrankungen/Fehlbildungen bei Ihnen bekannt?*

➤  *nein*  *wenn ja, welche der folgenden*

*Wirbelsäulenverkrümmung*

*Fehlen des großen Brustmuskels (Poland-Syndrom)*

*Fehlbildung der Hand: .....*

*Fehlbildung des Arms: .....*

*Marfan-Syndrom*

*andere: .....*

V *Hatten Sie vor der Operation körperliche Beschwerden durch die Trichterbrust?*

➤  *nein*  *wenn ja, welche der folgenden?:*

*Luftnot*

*Herzrasen*

*Herzpoltern (Herzrhythmusstörung)*

*Druck-/Engegefühl in der Brust*

*Brustschmerzen*

*eingeschränkte körperliche Belastbarkeit*

*andere: .....*

VI *Wurde bei Ihnen vor der Operation ein Untersuchung der*

➤ *a) Herzfunktion*  *ja*  *nein*

➤ *b) Lungenfunktion*  *ja*  *nein* *durchgeführt?*

VII Was waren Ihre Hauptgründe für die Operation?

- vorwiegend psychische Belastung:

.....

- vorwiegend körperliche Beschwerden:

.....

VIII Wer hat Ihnen zur Operation mit Einbringen eines Silikonimplantates geraten?

- der Hausarzt

- anderer Arzt:

.....

- unsere Klinik

IX Wurden Sie über andere Behandlungsmöglichkeiten informiert?

- nein

- wenn ja, welche der folgenden?:

Teilentfernung von Rippen

Umformung von Rippen und Brustbein

andere:

.....

X Welche Erwartungen hatten Sie an die Operation?

- Verbesserung des äußerlichen Erscheinungsbildes

- Besserung körperlicher Beschwerden:

.....

- Beseitigung psychischer Hemmungen

Welche Erwartungen hat die Operation erfüllt?

- Verbesserung des äußerlichen Erscheinungsbildes

- Besserung körperlicher Beschwerden:

.....

- Beseitigung psychischer Hemmungen

XI Wie hat sich das äußere Erscheinungsbild der Brust durch die Operation verändert?

a) vor der Operation

b) nach der Operation

starke Deformität

keine Deformität

mäßige Deformität

geringe Deformität

geringe Deformität

starke Deformität

XII Wurde die Trichterbrust durch das Implantat vollständig ausgeglichen?

ja

nein, weil das Implantat:

zu klein ist

zu groß ist

keine natürliche Form hat

sonstiges:

.....  
XIII Wie beurteilen Sie die erzielte Brustform?

➤  sehr gut

gut

mäßig

schlecht

XIV Haben Sie durch die Operation oder das Silikonimplantat Nachteile?

➤  nein

wenn ja, welche?:

.....  
XV Trat eines der folgenden Implantatprobleme auf?

➤  tastbare Implantatkanten:  in Ruhe  bei Bewegung

➤  sichtbare Implantatkanten:  in Ruhe  bei Bewegung

➤  dauerhafte Verschiebung des Implantates

➤  vorübergehende Verschiebung des Implantates bei Bewegung (z.B. Beugen des Oberkörpers]

wenn ja, wann trat dieses Problem auf?:

XVI *Hat sich das Implantat verändert?*

- *nein*  *wenn ja, wie? (z.B. Verhärtung):*

.....

XVII *Wie ist das Gefühl in der Brusthaut nach der Operation?*

- *normal*  *vermindert*  *taub*

XVIII *Musste erneut eine Operation wegen des Silikonimplantates durchgeführt werden?*

- *nein*  *wenn ja, welche der folgenden und wann?*

*Implantatwechsel:.....*

*Implantatenfernung: .....*

*andere: .....*

XIX *Stellt das Implantat für sie eine psychologische Hilfe dar?*

- *nein*  *wenn ja, in welcher Hinsicht?:*

.....

XX *Würden Sie die gleiche Operationsmethode anderen Patienten empfehlen?*

- *ja*  *wenn nein, weshalb nicht?:*

.....

XXI *Freiraum für Kommentare und Anmerkungen:*

.....

### 3.2 Herstellung eines Silikonimplantats

Die Qualität und Passgenauigkeit des Silikonimplantats hängt wesentlich von der sorgfältigen Herstellung des Trichterbrustabdrucks ab. Am Markus Krankenhaus werden heute zur Herstellung des Abdrucks spezielle Kits von McGhan Medical® [41] oder Implantech® [32] verwendet. Diese enthalten alle notwendigen Materialien und Instruktionen zur Herstellung des Abdrucks, einschließlich der pulverförmigen Methylzellulose, eines Gels zur Vorbehandlung der Haut, eines Messbechers und Gefäßes zum Anrühren der Methylzellulosepaste, eines Spatels zum Anrühren der Paste sowie eines Schleifpapiers zur Nachbearbeitung des Abdrucks. Der Abdruck dient als Vorlage für die Herstellung des „custom-made“ Silikonimplantates.

Im Umgang mit der nicht sterilen Methylzellulose ist zu beachten, dass diese nicht auf offene Wunden oder Hautirritationen aufgetragen werden darf und bei Patienten mit hypersensitiver Haut vor dem Auftragen der Paste Petroleumöl oder ein dünner Polyethylen Film aufgebracht wird. Hierdurch wird das Ergebnis des Abdrucks nicht beeinträchtigt, solange der Film dünn aufgetragen wird. Wesentlicher ist es, die Ränder des Abdrucks so dünn wie möglich zu gestalten ohne dessen Aussenkontur zu zerstören. Besonderheiten bei der Herstellung des Silikonimplantats können auf dem Abdruck markiert werden und dann bei der Herstellung des definitiven Implantats berücksichtigt werden. Intraoperative Implantatkorrekturen sind möglich, jedoch aufgrund der Elastizität des Materials nicht immer präzise durchzuführen und sollten daher vermieden werden.

Bei den ersten im Markus Krankenhaus behandelten Patienten wurde ein RTV-Silastik Implantat (Typ RTV-Silastic 382 Medical Grade Elastomer, Dow Corning®) eingebracht. Dieses bei Raumtemperatur vulkanisierende Silikonelastomer besteht aus zwei Komponenten, einem Basis-Polymer und einem Katalysator. Da die Herstellung von „custom-made“ Silikonimplantaten damals noch nicht ausgereift war und die Preise zudem um ein Vielfaches

höher als für ein RTV-Silikonimplantat waren, wurden RTV-Silastik Implantate temporär bevorzugt.

### 3.3 Herstellen eines RTV-Silastik Implantates

Das RTV-Silastic 382 Medical Grade Elastomer besteht aus zwei Komponenten, dem hellgrauen, honigartigen viskösen Basispolymer aus Dimethylpolysiloxanen und dem klaren Katalysator aus Zinn-Oxalat. Die Zeit bis zur vollständigen Vernetzung wird durch die Menge des zugefügten Katalysators bestimmt. So führen 5 Tropfen Katalysator auf 20g Basispolymer bei Raumtemperatur z.B. innerhalb von 5 Minuten zu einer vollständigen Aushärtung. Dabei wird im Gegensatz zu anderen Polymeren, wie z.B. Acrylatklebern oder Palacos, kaum exotherme Wärme frei.

Vor der Operation wird am liegenden Patienten die honigartige Mischung in den rasierten und dünn mit Vaseline ausgestrichenen Trichter gegossen. Die Menge des benötigten RTV-Silikons kann durch Wiegen des Wassers bestimmt werden, mit dem vorher der Trichter aufgefüllt wurde. Nach 2 bis 5 Minuten wird das gehärtete Implantat entnommen und im Autoklaven sterilisiert. Zur Optimierung der Kontur sollte zuvor mit dem Skalpell oder Dermabrasor an der Vorderseite des Implantats eine etwa zwei Finger breite Einkerbung hergestellt werden, die der natürlichen Konvexität des Brustbeins entspricht. Die Ränder des Implantats können mit einer Schere geglättet und 20 bis 40 Löcher mit einer Leder-Lochzange eingestanzelt werden, um das Gewicht zu reduzieren und das Einwachsen von Bindegewebe zur Fixierung des Implantats zu ermöglichen [4].

Da RTV-Silastik 382 bei der Vernetzung kaum zu Hitzeentwicklung neigt, kann es auch direkt in die Wundhöhle gegossen und bis zur Aushärtung in situ von aussen durch die Haut modelliert. Hierdurch lassen sich jedoch meist keine regelmäßigen Implantatränder erzielen, sodass dieses Vorgehen nicht zu empfehlen ist.

### 3.4 Custom-made Implantate

#### 3.4.1 Herstellen des Abdruckes

Der Abdruck wird in liegender Position entnommen, wobei es wesentlich ist, dass sich der Trichter in einer horizontalen Position befindet. Auf eine bequeme und symmetrische Lagerung ist zu achten. Der Bereich des Trichters und die angrenzende Haut muss von Haaren befreit und gegebenenfalls rasiert werden. Die Aussenränder des gewünschten Abdrucks werden mit einem wasserlöslichen Marker auf der Haut markiert (Abb. 6). Anschliessend wird ein Gel auf die Haut aufgetragen, das ein Anhaften des Abdrucks auf der Haut verhindert und die Entfernung des ausgehärteten Abdrucks erleichtert.



**Abb. 6** Markierung der Trichterbrustausdehnung vor Anfertigen des Abdrucks

Dabei muss beachtet werden, dass das Implantat nur den skelettalen Trichter, nicht jedoch den Weichteildefekt ausgleichen soll, da das Implantat unter dem Weichteilmantel eingebracht wird, für seine Einbringung zu einer Anhebung der äusseren Kontur entsprechend der Hautdicke um einige Millimeter. Entsprechend sollte die obere Begrenzung des Abdrucks einige Millimeter unterhalb des angestrebten Hautniveaus abschliessen. Es sollten bei allen auszuführenden Schritten Handschuhe getragen werden. Für die Abdruckmasse werden ein

Teil warmes Wasser mit vier Teilen Methylzellulose im Falle des Implantech Kits<sup>®</sup> [32], oder mit zwei Teilen Methylzellulose im Falle des McGhan Kits<sup>®</sup> [41] in mehr als ausreichender Menge angerührt. Die zu erreichende Konsistenz sollte der eines Kuchenteiges ähneln. Nun wird die Abdruckmasse in den Defekt gefüllt und dort während der Aushärtung ausgeformt, bis es die gewünschte Gestalt und Größe hat. Gegebenenfalls kann im Verlauf zusätzliches Material aufgetragen werden (Abb. 7).



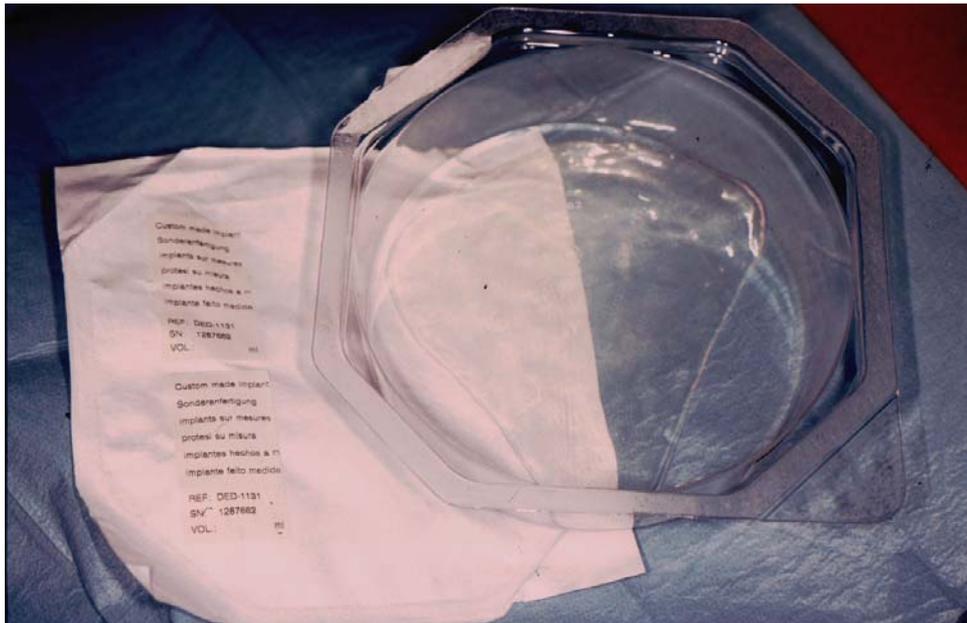
**Abb. 7** Modellierter Implantatabdruck

Besonders große Sorgfalt muss auf die Ausformung der Ränder gelegt werden, die möglichst gleichmäßig und dünn sein sollten. Die Abdruckmasse wird innerhalb von 20-30 Minuten fest. Um diese Zeit zu verkürzen, kann eine Rotlichtlampe oder ein Fön zur Beschleunigen der Aushärtung benutzt werden. In dieser Zeit sollte der Patient möglichst ruhig liegen bleiben, um eine Verformung des noch weichen Abdrucks zu vermeiden. Ist die Oberfläche trocken, kann der Abdruck durch vorsichtiges Eindrücken der angrenzenden Haut an den Rändern abgelöst und anschliessend vollständig entfernt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass weder Oberfläche noch Form des Abdrucks beschädigt werden. Falls notwendig kann mit weiterer Abdruckmasse nachgebessert werden. Zum Verschicken des Abdrucks an den

Hersteller des Implantats muss dieser komplett ausgehärtet sein. Dies kann durch Trocknen an der Luft geschehen oder in einem Ofen bei 50°-60° Celsius. Dabei ist die Aushärtzeit abhängig von der Größe und beträgt mindestens eine Stunde, bei dicken Implantaten auch bis zu acht Stunden. Mit dem Schmirgelpapier werden abschließend nach Bedarf die Oberfläche und die Ränder nachbearbeitet, bis sie die erwünschte Form und Dicke haben. Mit einem wasserunlöslichen Stift werden Vorder- und Rückseite sowie Ober- und Unterseite beschriftet und die Stellen markiert, bei denen eine weitere Nachbearbeitung durch den Implantathersteller erwünscht ist. Dies gilt ebenso für Fenestrierungen und andere Besonderheiten. Der fertige Abdruck wird zum Versand ausreichend sicher vor Beschädigung verpackt und mit einem entsprechend den Wünschen und Anforderungen ausgefüllten Bestellformular zusammen an den Implantathersteller verschickt. Nach diesem Abdruck und unter Berücksichtigung der speziellen Vorgaben, wird ein „custom-made“ Silikonimplantat mit optimaler Passform hergestellt (Abb. 8 & 9).



**Abb. 8** „Custom-made“ Silikonimplantat und auszufüllender Defekt



**Abb. 9** „Custom-made“ Silikonimplantat

### 3.4.2 Operationstechnik

Da die Haut über dem Sternum zu einer starken Narbenbildung neigt, sollte die Hautinzision subxiphoidal bzw. im Oberbauch erfolgen. In der Regel genügt im Falle einer symmetrischen Trichterbrust ein 6 cm langer querer Schnitt unterhalb des Xiphoids. Bei asymmetrischer Trichterbrust oder bei Frauen kann dieser Schnitt alternativ auch in der Inframammarfalte der betroffenen Seite geführt werden (Abb. 10).



**Abb. 10** Markierung des Defekts und operativen Zugangs

Gerade bei Frauen bietet sich die ästhetisch vorteilhafte, verdeckte Schnittführung in der Inframammarfalte an. Die Haut wird im Bereich der Mulde, die später durch das Implantat gedeckt werden soll, stumpf mit den Fingern oder entsprechendem Instrument mobilisiert (Abb. 11).



**Abb. 11** Mobilisierung der Haut

Beim stumpfen Zerreißen kleiner Gefäße ziehen sich die Intima und Media in die Adventitia zurück und sorgen für eine spontane Blutstillung, die durch gezielte Elektrokoagulation unter Sicht mit Hilfe eines Kaltlicht-Retraktors vervollständigt werden kann. Dabei ist darauf zu achten, die Tasche für das Implantat nur so gross wie eben nötig zu präparieren, um eine spätere Implantatdislokation zu vermeiden. Hierfür kann das Implantat auch zur Probe eingesetzt und bei Bedarf nachgebessert werden. Es empfiehlt sich gerade bei grösseren Implantaten den sternalen Ursprung des Musculus pectoralis major abzulösen und die Implantatränder submuskulär zu platzieren. Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass die Ränder subpektoral eingesetzter Implantate weniger sicht- und tastbar sind.

Sind beim probeweisen Einsetzen das Implantates in korrekter Position dessen Ränder äusserlich noch sichtbar oder tastbar, so muss die Implantattasche vergrößert werden, um das

Umschlagen der dünnen Implantatränder zu beseitigen oder das Implantat an den Rändern verkleinert werden. Wurde die Implantattasche in gewünschter Weise präpariert und ist ein optimaler Sitz gewährleistet, kann das Implantat eingebracht (Abb. 13) und an den lateralen Fenestrierungen (Abb. 12) am angrenzenden Gewebe angenäht werden.



**Abb. 12** Setzen der Fenestrierungen



**Abb. 13** Einbringen des Implantats

Hierfür eignet sich im kranialen und lateralen Bereich des Implantats die Faszie des Musculus pectoralis major, kaudal das subkutane Gewebe. Bei optimaler Präparation des Implantatlagers und unverschieblichem Sitz des Implantates kann auf zusätzliche Fixierungen verzichtet werden. Je nach Grösse der Implantattasche und Blutungsgefahr werden ein bis zwei Saugdrainagen in die Kavität eingelegt, nach lateral oder kaudal ausgeleitet und an der Haut fixiert (Abb. 14).



**Abb. 14** Nach Einbringung des Implantates und Legen der Drainagen vor der Hautnaht

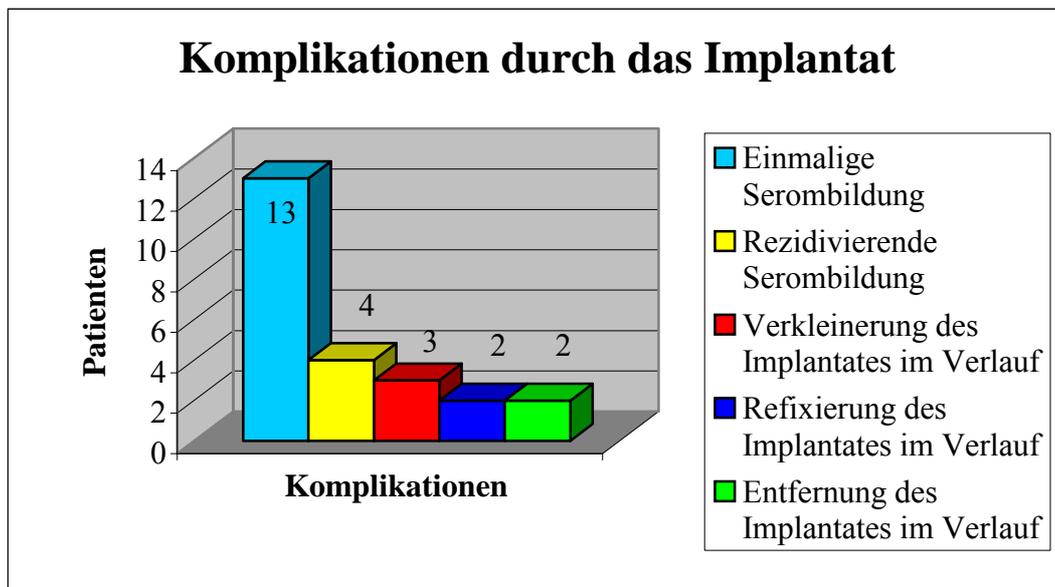
Diese sollten 7 bis 10 Tage postoperativ verbleiben, da aufgrund der ausgedehnten Wundfläche und der Fremdkörperreaktion mit einer starken Wundsekretion zu rechnen ist. Der Wundverschluss erfolgt anschließend schichtweise.

## 4 Ergebnisse

---

### 4.1 Ergebnisse der Krankenakten

Postoperative Komplikationen sind in Abb. 15 dargestellt. Nach Entfernung der Redon-Drainagen kam es bei 13 von 46 Patienten (28%) zu einer Serombildung, die eine Punktion und Aspiration der serösen Flüssigkeit erforderte. Bei vier Patienten (8%) traten über einige Monate rezidivierende Serome auf. Bei einem Patienten, dem 1977 ein RTV-Implantat eingesetzt wurde, kam es zu rezidivierenden Seromen, die im Laufe von 10 Jahren insgesamt 10 Mal punktiert werden mussten. In drei Fällen (6%) waren die Implantate zu gross dimensioniert. In diesen Fällen wurde das Implantatlager revidiert und das Implantat verkleinert. Zweimal wurde eine Refixierung notwendig. Bei zwei Patienten (4%) musste das Implantat wieder entfernt werden. Bei beiden Patienten waren die bis 1991 verwendeten Dow Corning® Implantate verwendet worden.

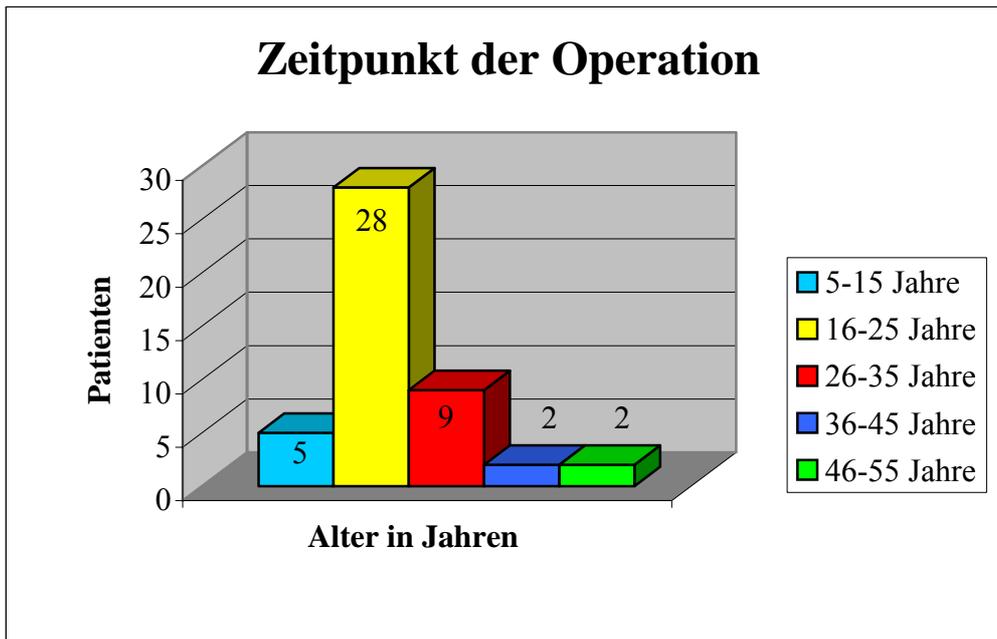


**Abb. 15** Komplikationen durch das Implantat

Bei einer Patientin, der im Ausnahmefall bereits mit 7 Jahren ein Hartsilikonimplantat implantiert wurde, kam es im Verlauf des Wachstums im Alter von 16 Jahren zu einer Implantatdislokation. Aufgrund der veränderten anatomischen Verhältnisse war das Implantat nun nicht mehr in der Lage den Trichter zufriedenstellend auszufüllen und wurde entfernt. Zudem hatte sich im Bereich des Implantates eine störende Fettwulst gebildet, die mit der Aspirationslippektomie entfernt wurde. Obwohl nach der Implantatentfernung das klinische Resultat unbefriedigend war, lehnt die Patientin die erneute Einbringung eines Trichterbrustimplantats ab. Bei der zweiten Patientin lagen keine objektiven Gründe für die Entfernung des Implantats vor. Obwohl die Patienten mit dem klinischen Ergebnis der Trichterbrustkorrektur zunächst sehr zufrieden war, wünschte sie 1995 dessen Entfernung, da sie überzeugt war durch das Silikon in ihrem Körper dauerhaft geschädigt und nun chronisch krank zu sein. Zu der Art der chronischen Erkrankung machte sie im Rahmen des Fragebogens jedoch keine genaue Angabe. Keiner der Patienten, die seit 1991 mit „custom-made“ Silikonimplantaten behandelt wurden, berichtete über Probleme mit dem Implantat.

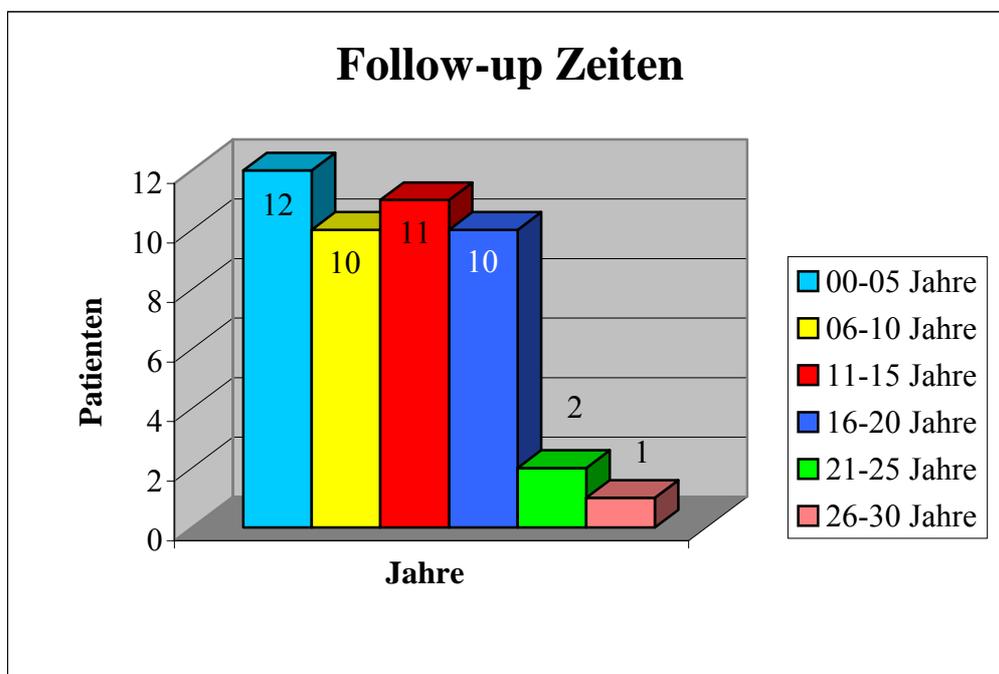
#### 4.2 Ergebnisse des Fragebogens

Der von uns entwickelte Fragebogen enthielt einen präoperativen Teil über das zeitliche Auftreten der Trichterbrust, assoziierte Erkrankungen und präoperative Diagnostik, einen zweiten postoperativen Teil über das klinische Ergebnis und die Erfahrungen im Alltag mit dem einliegenden Implantat sowie einen dritten Teil, in dem die Patienten ihre Meinung über die Korrektur mit einem Trichterbrustimplantat äussern konnten. Alle 46 von uns operierten Patienten wurden angeschrieben. Davon haben 26 den Fragebogen vollständig beantwortet und an uns zurückgesendet. Abbildung 16 zeigt das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation.



**Abb. 16** Zeitpunkt der Operation

Die Nachuntersuchungszeit in unserer Studie betrug zwischen 2 und 25 Jahren und im Mittel 12,2 Jahre (Abb.17).



**Abb. 17** Follow-up Zeiten

Die Hauptmotivation aller Patienten für die Entscheidung zur Operation waren psychische Probleme, die im Zusammenhang mit der Trichterbrust standen. Diese äußerten sich bei 20 von 26 Patienten (77%) in Problemen bei der Wahl der Kleidung, insbesondere im Sommer, da der Defekt in ausgeschnittenen Oberteilen besonders zur Geltung kam. Gleiches galt für die Exposition der Trichterbrust beim Sport oder beim Schwimmen. Viele fühlten sich verstärkt der Beobachtung durch ihre Umwelt ausgesetzt, da sie die Trichterbrustdeformität im Vordergrund der äusseren Wahrnehmung wähten und waren dadurch in ihrem Selbstwertgefühl stark eingeschränkt. Schwimmbadbesuche und Strandurlaube mieden viele Patienten, was teilweise zu Spannungen innerhalb der Partnerschaft führte. Entsprechend waren die Erwartungen der Patienten an die Operation durchweg auf die Verbesserung ihres körperlichen Erscheinungsbildes gerichtet. Ziel der Operation war es somit durch die Schaffung einer unauffälligen Brustform die psychische Belastung zu mildern oder zu beseitigen.

#### 4.2.1 Präoperativer Teil des Fragebogens

##### 4.2.1.1 Zeitliches Auftreten der Trichterbrust

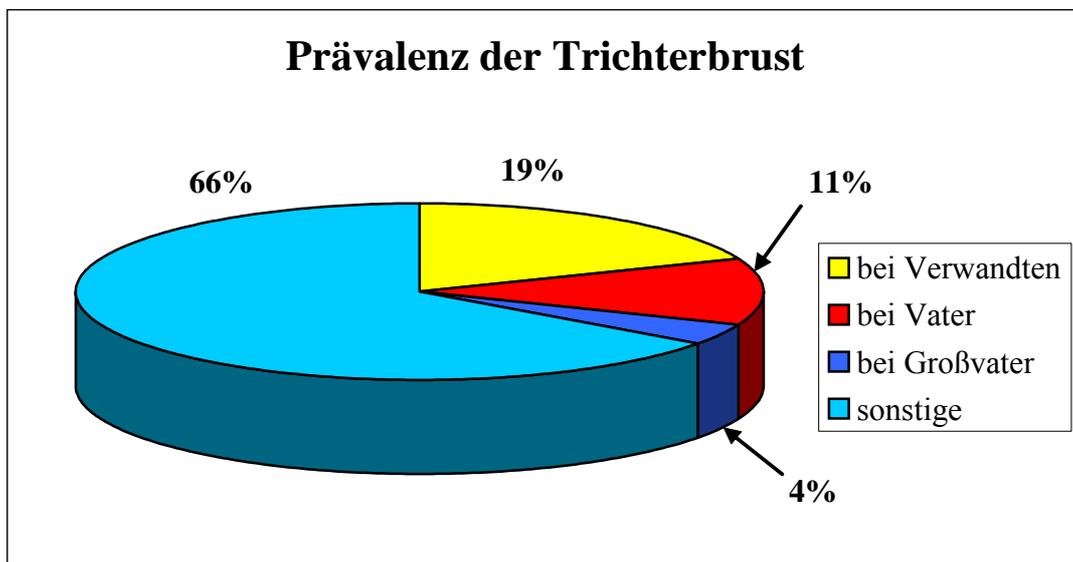
Bei 10 von 26 Patienten (38%) war die Trichterbrust seit der Geburt vorhanden, bei 16 (61%) der Befragten wurde sie erst im Kindesalter bemerkt bzw. auffällig. Fünfzehn Patienten (57%) zeigten eine Progredienz während des Wachstums in der Pubertät. Zu diesem Zeitpunkt traten bei den Patienten auch die ersten psychischen Probleme im Umgang mit ihrer Deformität auf.

##### 4.2.1.2 Assoziierte Erkrankungen

Sechs der befragten Patienten (23%) gaben an zusätzlich zur Trichterbrust an einer Skoliose zu leiden. Fünf Patienten (19%) hatten begleitend eine Mammahypoplasie. Ein Patient gab eine Minorform des Poland Syndroms mit einer Hypoplasie des Musculus pectoralis major an,

ein weiterer Patient zeigte das Vollbild eines Poland Syndroms (7%). 2 Patienten (7%) gaben leichte respiratorische Einschränkungen bei körperlicher Belastung an. Die präoperativen Lungenfunktionstests zeigten jedoch keine Einschränkung, sodass die Beschwerden als psychogen zu werten waren. Im Röntgenbild konnte bei einem Patienten eine Rotation der Herzachse zur rechten Seite nachgewiesen werden. Fünf Patienten (19%) hatten nahe Verwandte bei denen ebenfalls eine Trichterbrust bekannt war. Bei 3 Patienten (11%) betraf sie den Vater, bei einer Patientin den Grossvater und bei einer weiteren Patientin Geschwister (Abb. 18).

Insgesamt fand sich in der gemeinsamen Auswertung der der Fragebögen und Krankenakten aller 46 von uns operierten Patienten in 8 Fällen (17%) eine begleitende Skoliose. Singuläre Begleitfehlbildungen traten in 3 Fällen auf (6%) und waren je eine verkürzte Achillessehne, eine Spalthand und eine Fehlbildung der Bauchdecke.

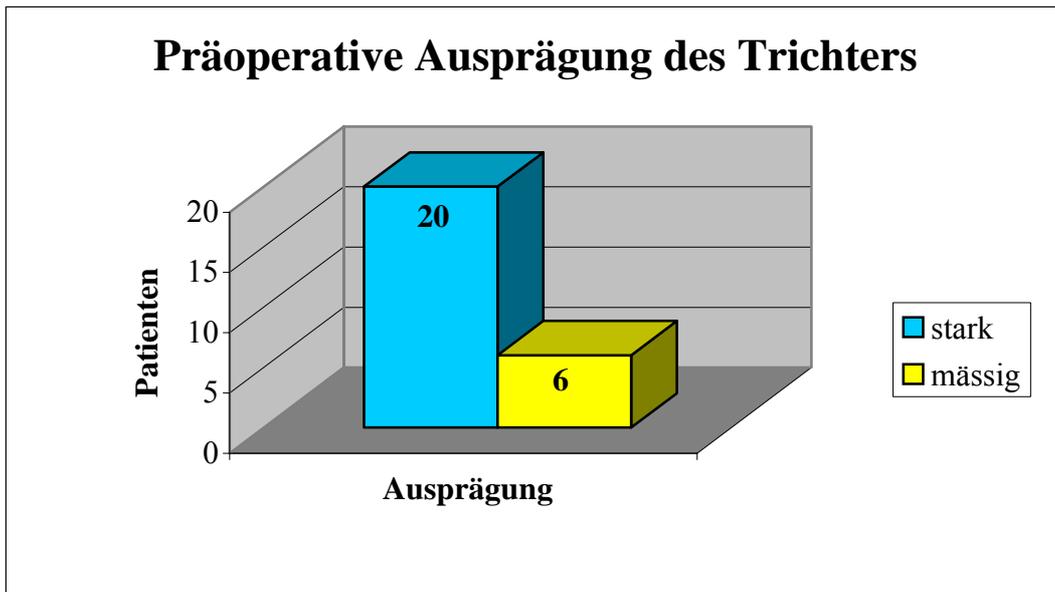


**Abb. 18** Prävalenz der Trichterbrust bei Verwandten

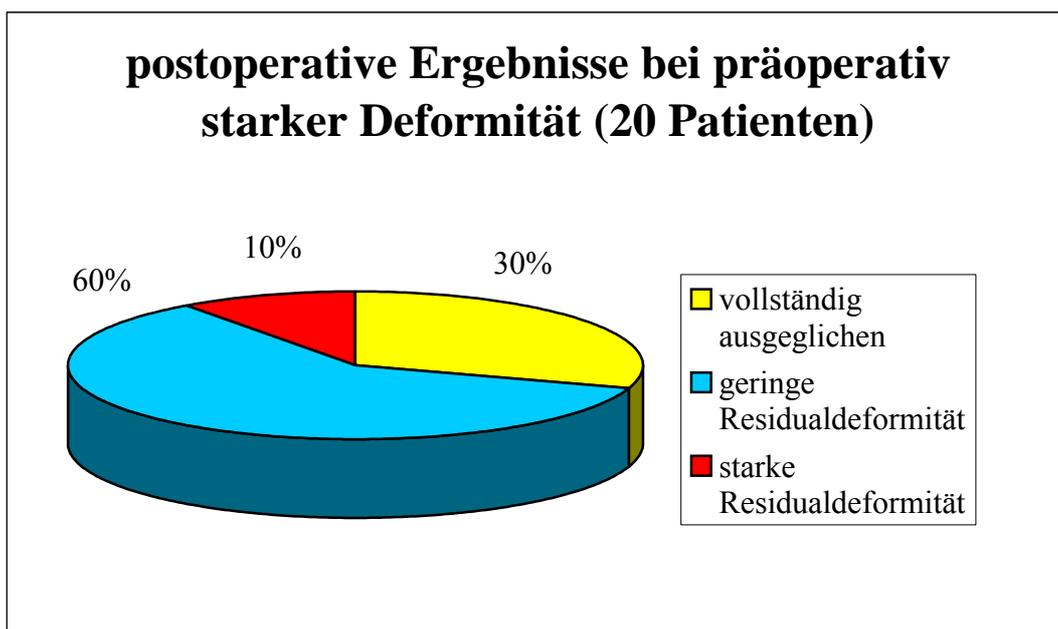
## 4.2.2 Postoperativer Teil des Fragebogens

### 4.2.2.1 Das klinische Ergebnis

Die Trichterbrust wurde präoperativ von 20 Patienten (77%) als stark und von 6 Patienten (23%) als mässig beschrieben (Abb. 19). Dabei betrug die Trichtertiefe maximal 7 cm im Bereich der maximalen Einsenkung des Brustkorbes. Bei 16 Patienten (61%) war die Trichterbrust asymmetrisch. Postoperativ gaben 12 von 20 Patienten mit starker Deformität eine geringe Restdeformität an während 6 von 20 Patienten sie als vollständig ausgeglichen bezeichneten. 2 Patienten betrachteten ihre Deformität weiterhin als stark (Abb. 20). Von den sechs Patienten, die ihre Deformität präoperativ als mässig beschrieben, sahen vier sie postoperativ als gering ausgeprägt und zwei als vollständig ausgeglichen (Abb. 21). Auf die Frage, ob das Implantat die Trichterbrust vollständig ausgleiche, antworteten 10 mit ja, 10 empfanden ihr Implantat als zu klein, ein Patient als zu groß und 3 Patienten äußerten, dass die unnatürliche Form des Implantats die Trichterbrust nicht vollständig ausgleichen könne (Abb. 22). Die erzielte Thoraxform gaben 15 Patienten als gut und 11 als mässig an (Abb. 23). Klinische Ergebnisse sind in den Abbildungen 24-27 dargestellt.



**Abb. 19** Präoperative Ausprägung des Trichters



**Abb. 20** Postoperative Ergebnisse bei präoperativ starker Deformität

### Postoperative Ergebnisse bei präoperativ mäßiger Deformität (6 Patienten)

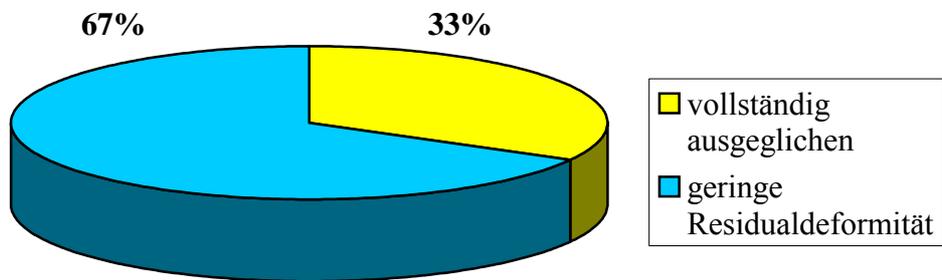


Abb. 21 Postoperative Ergebnisse bei präoperativ mäßiger Deformität

### Größe des Implantates im Verhältnis zum Trichter

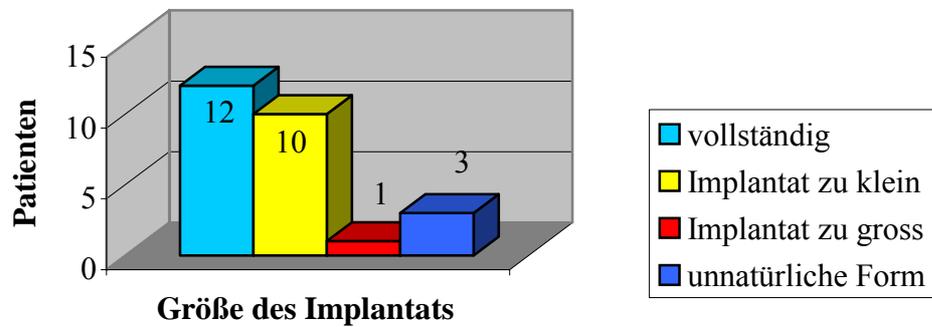
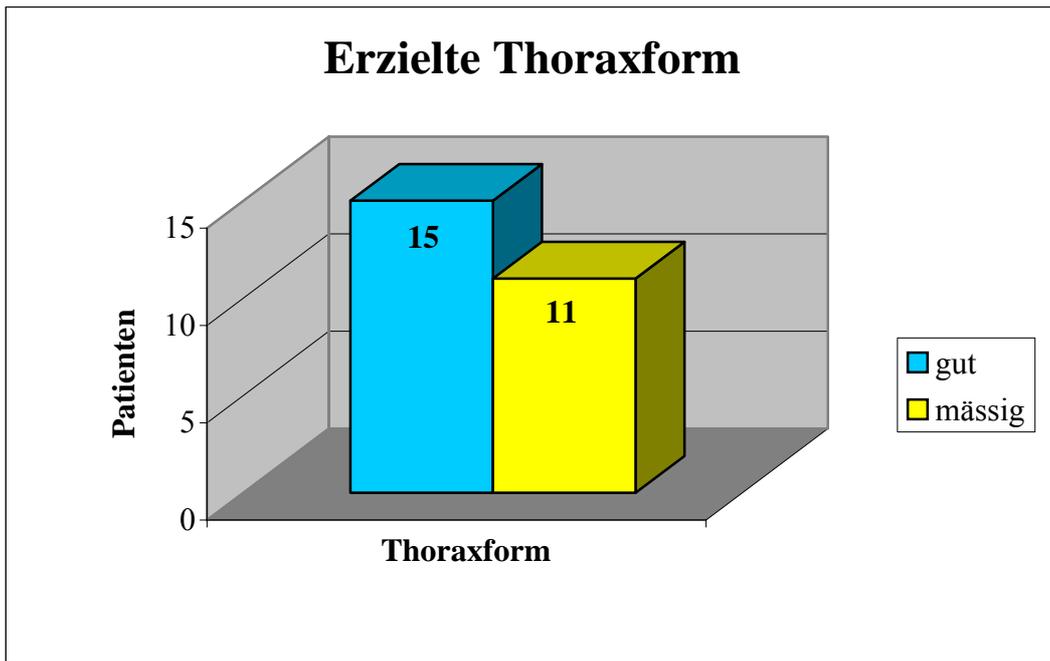


Abb. 22 Größe des Implantates im Verhältnis zum Trichter



**Abb. 23** Erzielte Thoraxform



**Abb. 24** Patient vor der Operation



**Abb. 25** Postoperatives Spätergebnis



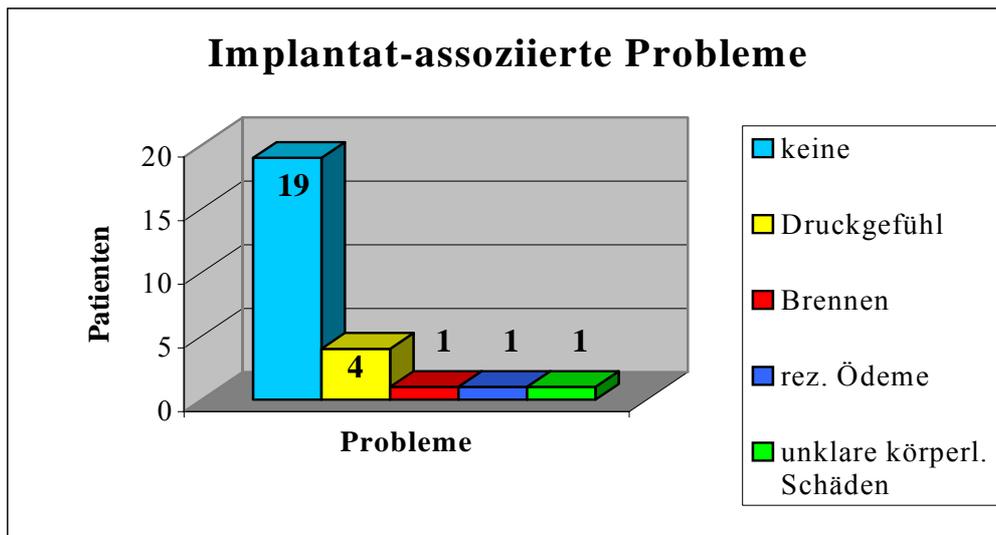
**Abb. 26** Patientin vor der Operation



**Abb. 27** Postoperatives Frühergebnis

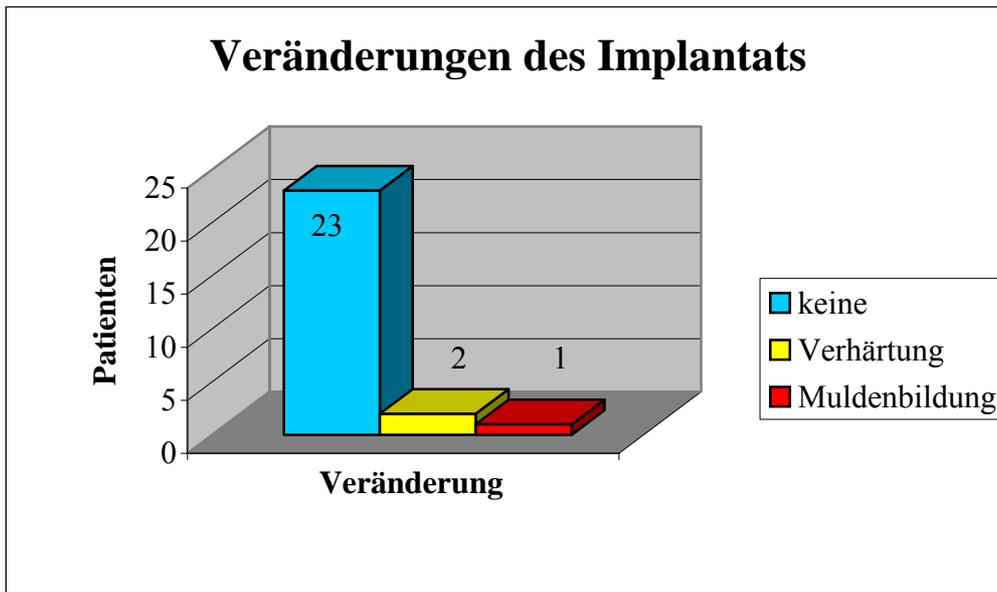
#### 4.2.2.2 Das Implantat

Von 26 Patienten berichteten 19 (73%), dass keine spürbaren Nachteile durch das Implantat aufgetreten seien. Vier Patienten (15%) berichteten über Druckgefühle, einer gab ein intermittierendes Brennen im Implantatbereich an und eine Patientin berichtete über reversible Ödembildungen im Implantatbereich. Eine Patientin behauptete, dass durch das Implantat ein rheumatisches Leiden ausgelöst worden sei, was sie jedoch nicht näher spezifizierte (Abb. 28). Insgesamt gaben 6 von 26 Patienten (23%) gelegentliche Missempfindungen im Implantatbereich an.



**Abb. 28** Implantat-assoziierte Probleme

Im Verlauf stellten 23 von 26 Patienten (88%) keine Veränderung des Implantates fest. Zwei Patientinnen gaben an, ihr Implantat habe sich verhärtet. Bei diesen Patientinnen wurden bei Raumtemperatur vulkanisierende Dow Corning® Implantate eingesetzt, die bis 1991 bei uns verwendet wurden. Bei keinem der seit 1991 verwendeten „custom-made“ Implantate wurde eine Verhärtung berichtet. Ein Patient mit einem 1988 eingesetzten Dow Corning® Implantat berichtete über eine kleine Mulde, die auf der Oberfläche des Implantats entstanden sei, jedoch ausser einer ästhetischen Einbusse keinerlei Beschwerden verursachte (Abb. 29).



**Abb. 29** Veränderungen des Implantates

Eine häufig berichtete Komplikation der Operation war eine verminderte Sensibilität der Brusthaut im Implantatbereich. Bei 8 Patienten war die Sensibilität nach der Operation unverändert, bei 6 Patienten vermindert und 7 Patienten gaben unmittelbar postoperativ ein Taubheitsgefühl an, welches sich innerhalb des ersten postoperativen Jahres zurückbildete. Fünf Patienten klagten über ein permanentes Taubheitsgefühl (Abb. 30 & 31).

### Sensibilität der Haut über dem Implantat - unmittelbar postoperativ

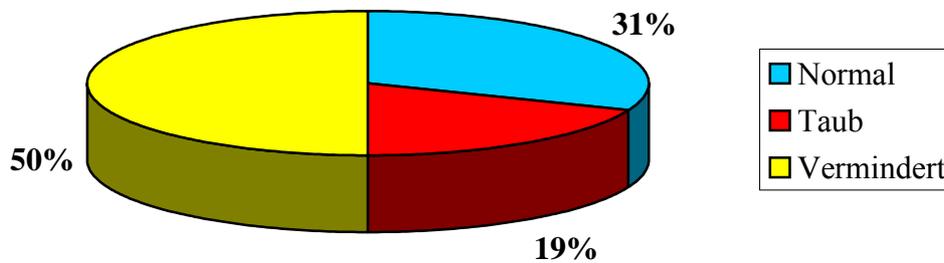


Abb. 30 Sensibilität der Haut über dem Implantat – unmittelbar postoperativ

### Sensibilität der Haut über dem Implantat - 1 Jahr postoperativ

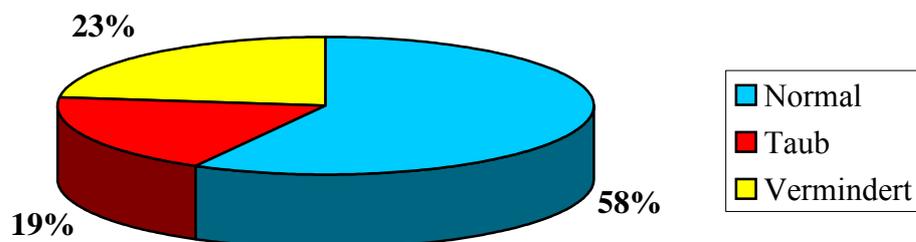
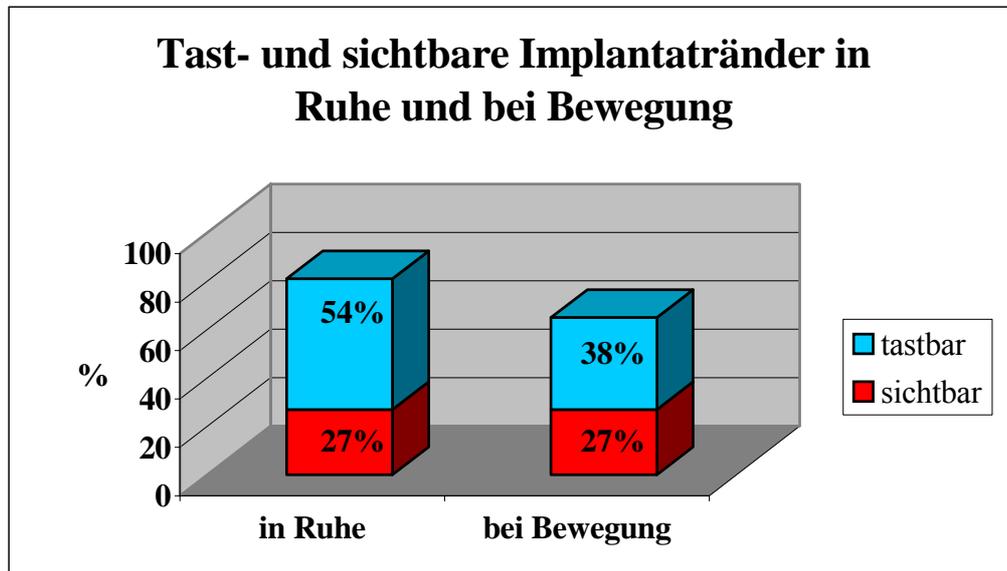


Abb. 31 Sensibilität der Haut über dem Implantat – 1 Jahr postoperativ

Die häufigsten Implantatkomplikationen waren tast- oder sichtbare Implantatränder in Ruhe oder bei Bewegung. So gaben 14 der Befragten tastbare Implantatränder in Ruhe und 10 bei Bewegung an. Bei 7 der Befragten waren diese Ränder in Ruhe sichtbar und ebenfalls bei 7 bei Bewegung (Abb. 32). Fünf der Patienten bemerkten eine gewisse Mobilität des Implantats

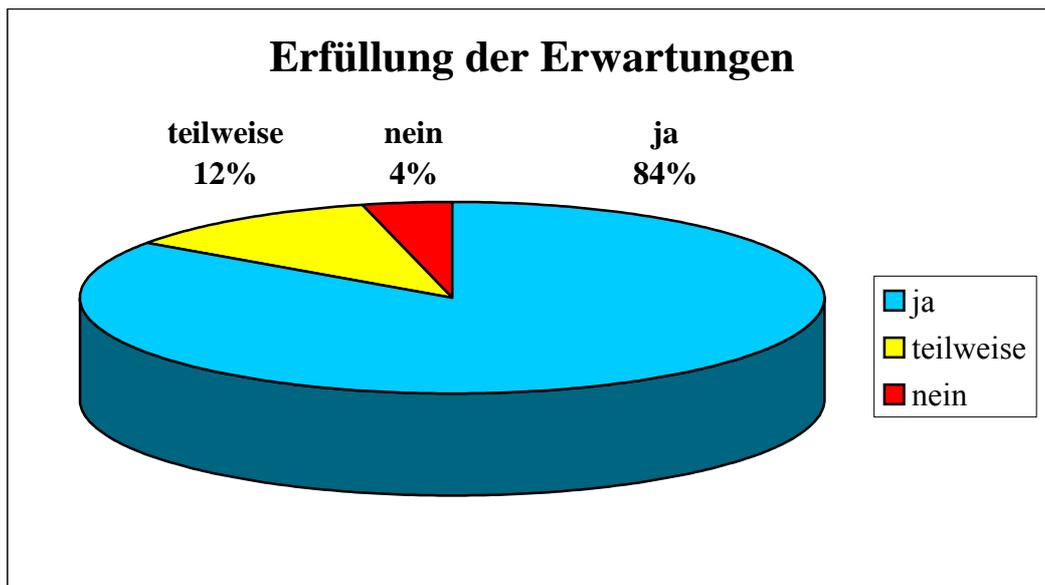
beim Vorbeugen, beispielsweise beim Anziehen der Schuhe. Zwei Patienten berichteten, dass sich das Implantat mit der Zeit ein wenig gesenkt habe. Zwei Patienten gaben ein Ausbleiben des Haarwachstums über dem Implantat an.



**Abb. 32** Tast- und sichtbare Implantatränder in Ruhe und bei Bewegung

#### 4.2.2.3 Patientenzufriedenheit

Von insgesamt 26 Patienten sahen 22 ihre Erwartungen durch die Operation als voll erfüllt und 3 als teilweise erfüllt. Eine Patientin sah ihre Erwartungen als nicht erfüllt (Abb. 33). Es handelte sich um die Patienten, der bereits im Alter von 7 Jahren ein Silikonimplantat eingesetzt worden war. Die Komplikationen in diesem Zusammenhang wurden bereits dargestellt und erklären sich aus den wachstumsbedingten Veränderungen der Relation zwischen Implantat und Thoraxwand in den Jahren nach der Operation. Das Implantat musste schliesslich nach mehreren Korrekturen aufgrund seiner Dislokation im Alter von 16 Jahren entfernt werden.

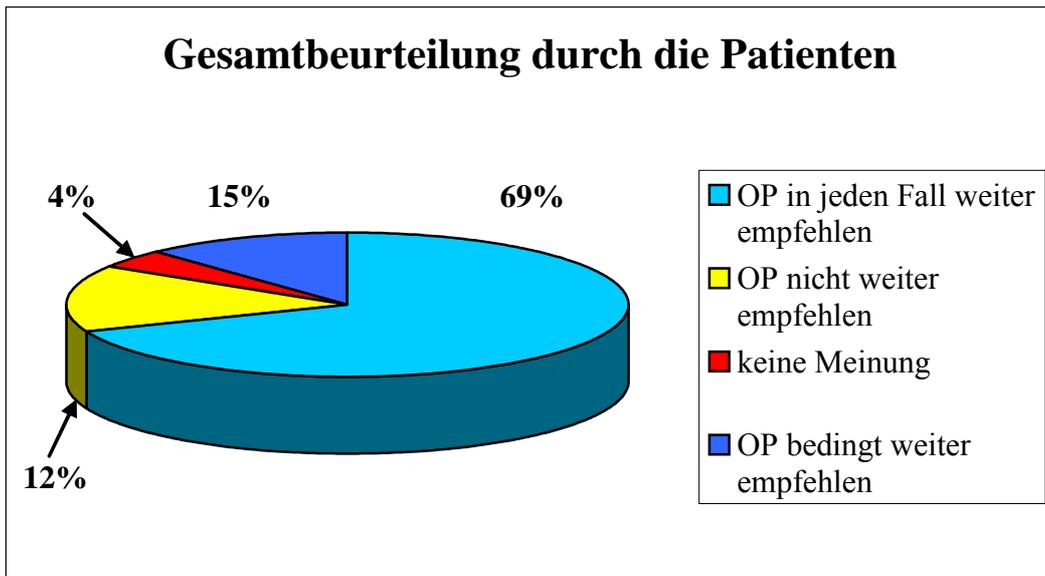


**Abb. 33** Erfüllung der Erwartungen

#### 4.2.3 freier Teil des Fragebogens

##### 4.2.3.1 Gesamtbeurteilung

Von 26 Befragten sahen 22 (84%) das Implantat als eine psychische Hilfe an und 18 würden eine Operation in jedem Fall weiterempfehlen. Drei Patienten meinten, dass mit einem besser angepassten Implantat ein noch besseres klinisches Ergebnis hätte erzielt werden können, und würden unter diesen Umständen die Operation weiterempfehlen (Abb. 34). Vier sahen in dem Implantat keine psychische Hilfe. Darunter befanden sich die zwei Patientinnen, denen das Implantat wieder entfernt wurde. Ein Patient beklagte, dass sein Implantat zu klein sei und somit den Trichter nicht vollständig ausgeglichen habe, sodass das Implantat keine psychische Hilfe biete. Die vierte Patientin war mit dem Gesamtergebnis nicht zufrieden, da sie sich zusätzlich zur Trichterbrustkorrektur noch eine Brustaugmentation wünschte, die jedoch von der Krankenkasse nicht genehmigt wurde.



**Abb. 34** Gesamtbeurteilung durch die Patienten

## 5. Diskussion

---

### 5.1 Einführung

Nur bei etwa 5% der Patienten mit Trichterbrust verursacht die Thoraxwanddeformität physiologische Einschränkungen, die durch das verminderte Thoraxvolumen und Lageänderung der intrathorakalen Organe bedingt sind. Für sie ist eine chirurgische Korrektur mit Elevation des Sternums die Methode der Wahl, um das Thoraxvolumen zu steigern. Bei der Sternumelevation und der Costoplastik konnten in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt werden. So konnte durch den Einsatz des Endoskops die Grösse der operativen Zugänge minimiert werden [35]. In den letzten Jahren hat sich die minimal invasive Technik nach Nuss zur Methode der Wahl für die Trichterbrustkorrektur bei Kindern und Jugendlichen entwickelt. Sie basiert auf der Formbarkeit des wachsenden Brustkorbes, wobei das rückgelagerte Sternum durch innere Metallspangen nach ventral gebracht wird. Ausgeprägte Thoraxasymmetrien lassen sich mit dieser Methode allerdings nicht immer ausgleichen. Sie ist daher zur Korrektur der asymmetrischen Trichterbrust und bei Erwachsenen weniger geeignet [56].

95% der Patienten mit Trichterbrust sind funktionell asymptomatisch. Für sie kann die Trichterbrust jedoch eine erhebliche psychische Belastung darstellen. Eine operative Korrektur kann auch hier Abhilfe schaffen. Dabei sollte mit einem möglichst geringen Risiko ein bestmögliches ästhetisches Ergebnis erzielt werden. Aufwand und Kosten spielen eine zunehmende Rolle. Für diese Patienten bieten Hartsilikonimplantate eine schnelle, wenig belastende und kostengünstige Methode mit einem niedrigen verbundenen Komplikationsrisiko.

## 5.2 Bewertung der Trichterbrustkorrektur mit Hart-Silikonimplantaten

### 5.2.1 Möglichkeiten und Grenzen des Silikonimplantates

Der Vorteil einer Trichterbrustkorrektur mit individuell angefertigten („custom-made“) Silikonimplantaten besteht im unmittelbaren Ausgleich der Deformität durch das Implantat ohne die Integrität des knöchernen Thorax zu verletzen, wie dies bei den aufwendigen thoraxchirurgischen Eingriffen nötig ist. Durch den Verzicht auf eine unmittelbare Umformung des Thoraxskelettes mit Osteotomien von Sternum und Rippen besteht keine Gefahr einer Verletzung intrathorakaler Organe oder einer thorakalen Instabilität postoperativ. Auch ist der Eingriff mit Hartsilikonimplantaten reversibel und erlaubt einfache Formkorrekturen durch Entfernung oder Veränderung des Implantats. Stabilisierende Maßnahmen und längerfristige Nachbehandlungen oder Zweiteingriffe, wie z.B. die Entfernung von Metallspangen entfallen. Die endgültige Thoraxform wird durch das Implantat bestimmt und ist somit exakt planbar und vorhersehbar. So minimiert sich die Gefahr einer späteren Veränderung des klinischen Operationsergebnisses durch dynamische Variablen, wie sie bei Osteotomien an Sternum und Rippen auftreten können. Hierin liegt der wesentliche Vorteil eines Hartsilikonimplantates gegenüber allen thoraxchirurgischen Verfahren, bei denen die Thoraxform vom komplexen Wechselspiel der sternalen und kostalen Osteotomien und ihrer Konsolidierung abhängt und schwieriger vorauszusehen ist. Bei thoraxchirurgischen Verfahren besteht daher immer das Risiko einer iatrogenen Thoraxdeformität. Eine klinisch zufriedenstellende Thoraxform ist mit diesen funktionell ausgerichteten Verfahren weniger zuverlässig zu erzielen als bei der Korrektur mit Hartsilikonimplantaten. Allerdings ist auch mit Hartsilikonimplantaten ein vollständiger Ausgleich der Trichterbrust, insbesondere bei asymmetrischem Trichter, nicht immer möglich. Allerdings berichteten Lemperle und Exner [36] bei ihren Patienten nach Trichterbrustkorrektur mit „custom-made“ Silikonimplantaten keine Unterschiede in den

klinischen Ergebnissen bei symmetrischen bzw. asymmetrischen Trichterbrustdeformitäten. Sie postulierten, dass das Ergebnis vielmehr von der Exaktheit des jeweiligen Implantates abhängt. Anders verhält es sich bei der Technik nach Nuss [48], bei der größere Thoraxasymmetrien nicht ausgeglichen werden können [56]. Ein weiterer Vorteil der Trichterbrustkorrektur mit Hartsilikonimplantaten ist, dass die Operation nach abgeschlossenem Körperwachstum durchgeführt werden kann, während bei der Technik nach Nuss die Thoraxform nur während des Wachstums formbar ist. Für den optimalen und dauerhaften Sitz des Implantates ist es hingegen entscheidend, dass sich nach seiner Einbringung die topographischen Verhältnisse von Implantat und Thoraxwand nicht wesentlich verändern, um eine optimale Passgenauigkeit des Implantates zu erhalten. Daher ist diese Methode erst bei Patienten nach Abschluss des Knochenwachstums geeignet. Aufgrund der geringen Invasivität und Komplikationsraten sowie der kurzen Hospitalisationszeiten mit dem sich daraus ergebenden geringeren Kostenaufwand hat sich das Verfahren vielerorts bewährt [65]. Der niedrige Kostenfaktor ist in Verbindung mit der hohen Patientenzufriedenheit in Anbetracht der jüngsten Diskussionen über die Kostenexplosion im Gesundheitswesen ein nicht unerhebliches Argument für den Einsatz von Hartsilikonimplantaten [28].

Die Methode wird seit den 70er Jahre in vielen Kliniken mit guten Ergebnissen durchgeführt [38,58,42], wobei initial zumeist bei Raumtemperatur vulkanisierende Silastik Implantate verwendet wurden, wie sie auch bei uns bis 1991 zum Einsatz kamen. Durch die Verwendung von „custom-made“ Silikonimplantaten konnten die Komplikationsraten weiter reduziert werden. So traten in unserem Patientenkollektiv Verhärtungen, über die zwei Patienten nach Silastik Implantatimplantationen berichteten, bei den seit 1991 verwendeten „custom-made“ Hartsilikonimplantaten nicht auf. Ein Nachteil der Hartsilikonimplantate ist die starke Wundsekretion mit einer hohen Zahl an Seromen im Bereich des Implantatlagers. Diese Komplikation wurde auch schon von anderen Autoren beschrieben [36,29] und ist bis heute

ein ungelöstes Problem. Zwar lassen sich durch die Einlage grosslumiger Wunddrainagen die unmittelbar postoperativen Serome kontrollieren. Jedoch ist eine prolongierte Wundsekretion häufig, so dass die Drainagen gelegentlich über mehrere Wochen belassen werden müssen. Dies wiederum steigert theoretisch das Risiko einer Wundinfektion, dem wir durch eine prophylaktische systemische Antibiotikagabe begegneten. So kam es trotz der hohen Rate an Seromen bei keinem unserer Patienten zu einem manifesten Wundinfekt. Die hohe Zahl der teilweise auch rezidivierend auftretenden Serome wird auf eine Fremdkörperreaktion durch das glattwandige Hartsilikonimplantat zurückgeführt. Häufig bedarf es bei persistierender Sekretion nach Entfernung der Drainagen einer oder mehrerer Punktionen des Implantatlagers. Diese stellen ein weiteres Infektionsrisiko dar. Wie bereits dargestellt traten jedoch in unserer Studie keine Implantatlagerinfekte auf, obwohl bei 13 Patienten (30%) ein Serom abpunktiert wurde. Die Inzidenz von Seromen entspricht den Angaben aus anderen Studien [30,47], wobei eine Studie Serome sogar in 65% der Fälle beobachtete [65]. Bei 4 Patienten (9%) in unserer Studie traten rezidivierende Serome auf, die jedoch nach Punktion sistierten. Die Inzidenz von Hämatomen wird in der Literatur mit bis zu 20% angegeben [65]. Dies wird auf die eingeschränkten Sichtverhältnisse bei kleinem operativen Zugang und eine damit verbundene unzureichende Blutstillung zurückgeführt. Dies unterstreicht die Bedeutung einer sorgfältigen Blutstillung, die mit einem Lichthaken oder ggf. endoskopisch assistiert gelingt. Die Einlage von mindestens zwei grosslumigen Drainagen ventral und dorsal des Implantats ist unserer Erfahrung nach empfehlenswert.

Ein weiteres implantatspezifisches Problem sind tastbare oder auch sichtbare Implantatränder, welche bereits in Ruhe präsent sein können, besonders aber bei Bewegungen des Rumpfes von den Patienten wahrgenommen werden. Sichtbare Implantatränder in Ruhe sind immer ein Zeichen eines zu grossen Implantats (Plateau Phänomen) oder einer fehlerhaften Modellierung der Implantatränder. Tastbare Ränder können bei dünnem Weichteilmantel und insbesondere bei rein subkutaner Implantatlage auftreten. Deshalb sollte das Implantatlager

im Randbereich idealerweise submuskulär sitzen, um eine zusätzliche Weichteilbedeckung zu erzielen. Die bewegungsabhängige Sicht- oder Tastbarkeit von Implantaträndern ist durch die relativ starre Implantatform bedingt, die trotz der Elastizität des Hartsilikons nicht vollständig den Änderungen der Thoraxform folgen kann. Entsprechend kann eine Beugung des Rumpfes zu einer Stauchung des Implantats führen und die Implantatränder aufwerfen. Das Auftreten einer derartigen Inkongruenz und somit tastbare oder sichtbare Implantatränder ist wesentlich von der Implantatgröße abhängig. Die Implantatgröße bestimmt auch das Gewicht des Implantates und kann bei schweren Implantaten zu einer langsamen Absenkung führen. In unserer Studie musste in einem Fall das Implantat an der Unterkante verkleinert werden, zweimal war eine Refixierung notwendig. Um der Gefahr einer Dislokation des Implantats entgegenzusteuern ist auf einen möglichst optimalen Sitz zu achten, wobei das Implantatlager exakt der Dimension des Implantates entsprechen sollte. Ein zu grosses Implantatlager erleichtert zwar das Einbringen, erhöht jedoch die Mobilität und kann zu einer Dislokation und mechanisch bedingten Serombildung führen. Um das Implantatgewicht zu vermindern und das Einwachsen von Bindegewebe zu ermöglichen, führen wir Perforationen des Implantates durch. Im Randbereich können die Perforationen auch der Fixierung des durch Nähte dienen. Dies kann bei geometrisch wenig ausgerichteten, rundlichen Implantaten sinnvoll sein, die eine verstärkte Tendenz zur Rotation zeigen.

Eine verminderte Sensibilität der Haut über dem Implantat lässt sich durch die Verletzung oder Dehnung sensibler Hautnerven bei der Präparation des Implantatlagers erklären. Sensibilitätsstörungen traten meist nur temporär auf und bildeten sich innerhalb einiger Wochen bis Monate zurück. Sie entsprachen somit einer partiellen Nervenschädigung (Axonotmesis, Neurapraxie). Bei 10% unserer Patienten persistierte das Taubheitsgefühl als Zeichen einer vollständigen Nervenschädigung (Neurotmesis).

Die Ausbildung hypertropher Narben beobachteten wir in unserer Studie nicht, wurde aber von anderen Autoren beschrieben [42,47]. Allgemein ist eine Tendenz zur

Narbenhypertrophie und Keloidbildung der prästernalen Haut allgemein bekannt. Durch eine subxiphoidale oder submammäre Schnittführung und kurze Schnitte, welche die Mittellinie nicht kreuzen, liess sich diese Komplikation bei unseren Patienten vermeiden. Insgesamt begünstigen die kleinen Schnitte das klinische Gesamtergebnis im Vergleich zu den ausgedehnten Narben bei offenen thoraxchirurgischen Korrekturen, wie bei der Operation nach Ravitch. Allerdings sind auch hier in jüngster Zeit durch die Verwendung des Endoskops kleinere Schnitte möglich, die zu einer erheblichen Verbesserung der klinischen Resultate geführt haben [35]. In einem Einzelfall wurde sogar mit Hilfe des Endoskops ein Silikonimplantat über einen Schnitt am Oberrand des Bauchnabels eingebracht, um eine auffällige Narbe im Brustbereich zu vermeiden [28]. Durch den kleinen, weit distal gelegenen Zugang ist allerdings die Blutstillung im Bereich des Implantatlagers deutlich eingeschränkt, wodurch die Gefahr der Serom- und Hämatombildung erhöht sein dürfte. Der Vorteil dieses Zugangs gegenüber dem subxiphoidalen bzw. submammären Zugang ist somit fraglich.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Ergebnisse und Erfahrungen mit Hartsilikonimplantaten zur Trichterbrustkorrektur in mehreren Studien vergleichbar sind. Das spiegeln auch die hohe Patientenzufriedenheit und die geringen Komplikationsraten wider. Modifikationen, wie endoskopisch unterstützte Techniken stellen hier Möglichkeiten dar, diese etablierte Methode weiter zu optimieren.

Die Operation dauert zwischen 60 und 90 Minuten. Blutverluste sind minimal und Blutkonserven nicht erforderlich. Der postoperative stationäre Aufenthalt beträgt durchschnittlich 5 bis 6 Tage, was hauptsächlich auf die Gefahr der Serombildung zurückzuführen ist [47]. Im Markus Krankenhaus blieben die Patienten postoperativ im Durchschnitt 6 Tage stationär.

Die klinischen Ergebnisse sind zwischen den einzelnen Studien leider wenig objektivierbar. Dies liegt einerseits an unterschiedlichen Bewertungsskalen und andererseits an unterschiedlichen Untersuchern. In unserer Studie basierte die Auswertung des klinischen

Ergebnisses auf der subjektiven Beurteilung durch den jeweiligen Patienten. Neben der objektiven Beurteilung der Brustform spielen somit subjektive Faktoren, wie das eigene Körperempfinden und die individuelle Erwartungshaltung und Vorstellung vom „optimalen“ Ergebnis eine Rolle. Insgesamt stellen Patienten, die sich aus psychischen Gründen einer Korrekturoperation unterziehen, ein selektiertes Patientenkollektiv dar. Dies zeigt sich daran, dass der Operationswunsch unabhängig von der tatsächlichen Ausprägung der Deformität ist, die eigene Körperwahrnehmung meist sehr kritisch und die Erwartungshaltung gegenüber der Operation hoch ist. Der hohe Anspruch wurde auch von Nordquist [47] beschrieben. Sie begegneten der Diskrepanz zwischen objektiv gutem Resultat und trotzdem unzufriedenen Patienten mit einer intensivierten präoperativen Aufklärung des Patienten. Besonderes Gewicht wurde darauf gelegt, dass die Defektauffüllung durch ein Silikonimplantat zwar eine sichere und zuverlässige Methode mit sehr guten klinischen Ergebnissen darstellt, aber immer nur eine Verbesserung der ursprünglichen Situation zu erwarten ist, die durch gewisse Nebenwirkungen erkauft wird. Sie wird und kann niemals ein Ergebnis bieten, wie sie die physiologische Thoraxform darstellt. So ist das Implantat ein Fremdkörper mit einer vom normalen Körpergewebe differierenden Konsistenz und Dichte. Hier sind die Größe des Implantats und sein Eigengewicht die entscheidenden Punkte. Dem Problem der Implantatränder lässt sich am wirkungsvollsten durch eine partiell subpektorale Implantatlage begegnen, um sie auch bei Bewegungen des Rumpfes nicht optisch in Erscheinung treten zu lassen. Ein durch die Implantatränder ausgelöstes bewegungsabhängiges Druck- oder Fremdkörpergefühl kann dadurch jedoch nicht verhindert werden.

Durch eine intensive Aufklärung über die Möglichkeiten und Grenzen der Operation lässt sich bei den Patienten eine realistische Einschätzung erzeugen, überzogenen oder idealisierten Erwartungen vorbeugen und letztlich die Patientenzufriedenheit steigern. Entsprechend sahen 84% unserer Patienten ihre Erwartungen voll erfüllt und 12% als teilweise erfüllt. Eine Patientin, die mit dem Ergebnis unzufrieden war und eine Entfernung des Implantates

wünschte, war retrospektiv betrachtet zum Zeitpunkt der Operation zu jung (7 Jahre) für dieses Verfahren. Sie wurde 1980 operiert, zu einem Zeitpunkt als noch keine längeren Erfahrungen mit Hartsilikonimplantaten zur Trichterbrustkorrektur vorlagen. Eine andere aktuelle Studie zeigt eine ähnlich hohe Patientenzufriedenheit von 80-90% [65].

### 5.2.2 Die Methode im Vergleich

Die Wahl des Operationsverfahrens hängt vom Alter des Patienten und der Ausprägung der Trichterbrust ab. Wird die Entscheidung zu einer operativen Korrektur früh getroffen, so kann man im Kindesalter das Thoraxwachstum mit der Technik nach Nuss so beeinflussen, dass auch nach Entfernen des formgebenden Metallbügels die Brustform stabil bleibt. Bei einem erwachsenen Patienten sind Erfolgsaussichten dieser Methode infolge des verknöcherten Thoraxskelettes hingegen eingeschränkt. Aktuell wird das Verfahren allerdings auch bei diesem Patientenkollektiv getestet und vereinzelt propagiert, wobei noch abzuwarten bleibt, ob der Druck eines Metallbügels zuverlässig eine dauerhafte anatomische Korrektur der Deformität bewirken kann. Über das Rezidivrisiko liegen bislang noch keine langfristigen Erfahrungen vor. Die Problematik des Metallbügels liegt in der Dauer seines Verbleibens in situ. Einerseits sollte er so lange verbleiben, wie es für eine effektive Umformung der knöchernen Strukturen und für ihre Stabilisierung in der neuen Form nötig ist. Andererseits birgt er Risiken durch seine permanente Druckwirkung auf die Rippen, an denen er abgestützt wird. Durch einen lange wirkenden Druck auf die Kortikalis der Rippen kann sich diese soweit verschmälern, dass nach Entfernen des Metallbügels ein deutlich erhöhtes Frakturrisiko besteht. Aktuell wird empfohlen, den Metallbügel über 2 Jahre zu belassen [48, 69]. Stehen nicht psychische Beweggründe sondern kardiopulmonale Funktionsstörungen im Vordergrund für eine Trichterbrustkorrektur, so wird diese schon im Kindesalter erfolgen. Zunehmend wird die Technik nach Nuss jedoch auch für eine Korrektur der Thoraxform aus psychosozialer Indikation propagiert, wobei hierfür bislang keine ausreichenden

Langzeitergebnisse vorliegen, die eine dauerhafte Verbesserung der Thoraxform nach Entfernen des Metallbügels belegen [15]. Der optimale Operationszeitpunkt für die Technik nach Nuss wird von den meisten Autoren im Adoleszentenalter noch vor dem 15. Lebensjahr beziehungsweise vor dem Beginn der Pubertät gesehen. In der Erstpublikation von 1998 beschreibt Nuss gleich gute Resultate für beide von ihm verglichene Patientenkollektive der 3- bis 6-jährigen und der 7- bis 11-jährigen. Bei den jüngeren Patienten ist der Thorax formbarer und die Operation selbst einfacher durchzuführen, allerdings sind sie nach der Entlassung aus der Klinik schwieriger zu führen und anfälliger für unerwartete Traumen, welche das operative Ergebnis beeinflussen könnten. Bei der älteren Gruppe ist der operative Defekt grösser, und die physiologischen Einschränkungen ausgeprägter, allerdings ist auch der Benefit durch die Operation grösser. Die Ergebnisse der Patienten welche sich bereits in der Pubertät befanden waren infolge des weniger formbaren Thorax nicht so gut, wie die der jüngeren Patienten. Allerdings fehlen für diese Technik auch in der Gruppe der Kinder und Jugendlichen bislang ausreichend lange Nachuntersuchungszeiten. Das Durchschnittsalter der Patienten in den bisher veröffentlichten Studien liegt in der Studie von Nuss [48] bei 6,7 Jahren mit einer mittleren Nachuntersuchungszeit von 2,8 Jahren und bei Young [69] bei 7,9 Jahren. Da die Metallbügel erst 2 Jahre nach dem Eingriff wieder entfernt werden, sind die Patienten zum Zeitpunkt des Entfernens immer noch präpubertär, so dass zu den Ergebnissen nach Abschluss des Wachstumsschubes in der Pubertät noch keine Aussage getroffen kann [21].

In der Studie von Young [69] wurden die Operationsverfahren nach Nuss (n=107) und nach Ravitch (n=16) miteinander verglichen. Die Studie liefert derzeit die aktuellsten Daten zur Technik nach Nuss, mit der 15 Patienten zwischen 1995 und 2002 behandelt wurden, während in der Originalarbeit von Nuss 30 Patienten bis nach der Metallbügelexplantation nachverfolgt wurden. Fonkalrud [21] berichtet über seine Erfahrungen bei einer modifizierten Methode nach Ravitch und Rehbein, mit der 375 Patienten (Durchschnittsalter 11,6 Jahre) in einem

Zeitraum von 30 Jahren operiert wurden. Diese Studien bilden die Basis für einen Vergleich der Ergebnisse unserer Studie mit Daten über alternative Verfahren aus der Literatur. Wesentliche Unterschiede zwischen unseren Patienten und den Vergleichskollektiven aus der Literatur sind das höhere Durchschnittsalter mit 23,7 Jahren und das Fehlen funktioneller Beschwerden bei unseren Patienten. Die Geschlechterverteilung entsprach in den Vergleichskollektiven der in der Literatur angegebenen (m:w =3,2:1), während die männliche Dominanz bei unseren Patienten geringer ausgeprägt war (m:w=1,8:1).

In der Studie von Jo und Mitarbeitern [69] betrug die Operationszeit bei der Methode nach Ravitch im Mittel 200 Minuten, während die mittlere Operationszeit von 67 Minuten bei der Methode nach Nuss mit derjenigen unserer Patienten, bei denen ein Hartsilikonimplantat eingebracht wurde, vergleichbar ist. Die mittlere stationäre Verweildauer nach dem Eingriff lag bei der Operation nach Ravitch mit 16 Tagen und bei der Methode nach Nuss mit 8 Tagen deutlich über derjenigen unserer Patienten (6 Tage). Allerdings werden in den amerikanischen Studien [48, 21] mittlere stationäre Verweildauern von nur 4,3 bzw. 3,1 Tagen nach dem Eingriff genannt. Diese Daten müssen allerdings auf dem Hintergrund der besonderen Verhältnisse des amerikanischen Gesundheitssystems kritisch bewertet werden, da hier finanzielle Gesichtspunkte die Verweildauer stärker beeinflussen als zum Zeitpunkt unserer Studie in Deutschland. Hingegen zeigt der Vergleich unserer Studie mit der koreanischen Studie [69] eine im Durchschnitt 10 Tage kürzere Verweildauer als in der nach Ravitch operierten Gruppe und eine im Mittel 2 Tage kürzere Verweildauer in der nach Nuss operierten Gruppe. Die Abweichungen, insbesondere bei der Operation nach Ravitch, liegen in der wesentlich aufwendigeren postoperativen Nachbetreuung mit Intensivliegezeiten, Schmerzmanagement und Antibiotikatherapie. So blieben die nach Ravitch operierten Patienten etwa 4 Tage und die nach Nuss operierten Patienten immerhin 24 Stunden in intensivmedizinischer Betreuung [69]. Nuss und Fonkalsrud machten hierzu keine Angaben, allerdings berichten andere Autoren vereinzelt bei der Operation nach Nuss ohne

postoperative Intensivliegezeiten auszukommen, allerdings mit der Möglichkeit einer solchen im Hintergrund. Bei keinem unserer Patienten war postoperativ eine intensivmedizinische Betreuung oder Therapie erforderlich. Da der Thorax nicht eröffnet wird, sind postoperative Risiken wie eine Thoraxinstabilität mit der Notwendigkeit einer mechanischen Nachbeatmung oder eines Pneumothorax auszuschließen. Auch die Gefahr einer nosokomialen Pneumonie ist hier im Prinzip nicht gegeben. Aufgrund des erhöhten Infektionsrisikos bei Eröffnung der Thoraxhöhle erhalten die Patienten bei der Operation nach Nuss über 6-7 Tage eine prophylaktische Antibiotikagabe, bei der Operation nach Ravitch sogar über 15 Tage postoperativ. Nach Einbringen eines Hartsilikonimplantats ist eine perioperative Antibiotikaphylaxe als „single-shot“ ausreichend. Nur bei längerfristiger Drainageeinlage infolge verstärkter Wundsekretion wurde die Antibiose im Einzelfall bis zur Entfernung der Drainagen fortgesetzt.

Young und Mitarbeiter [69] berichten für die Operation nach Nuss eine Komplikationsrate von insgesamt 8,4%, davon am häufigsten Dislokationen der Metallbügel in 3,7%. Weitere Komplikationen waren Pleuraergüsse und Wundinfektionen, die in einem Fall die Entfernung des Metallbügels erforderte. Bei der Operation nach Ravitch traten Komplikationen, wie ein Hämatothorax, Wunddehiszenzen und unbefriedigende klinische Ergebnisse, bei insgesamt 18,8% der Patienten auf. Andere Autoren gaben sogar höhere Komplikationsraten an. So entwickelten in der Studie von Nuss [48] 10% der Patienten einen Pneumothorax, 10% Hautirritationen, 5% Dislokationen des Metallbügels und jeweils 2% Wundinfektionen und Pneumonien. Fonkalsrud berichtet in 9,3% über Narbenhypertrophien, in je 3% über Atelektasen, Serome und Pleuraergüsse, in 1,6% über einen Pneumothorax und in 1,3% über ein Wiederauftreten einer Thoraxwanddeformität. Infolge der geringen Invasivität des Eingriffs trat bei keinem unserer Patienten ein Pneumothorax, Hämatothorax, Pleuraerguss oder Atelektasen auf. Auch hypertrophe Narben, Wunddehiszenzen, Wundinfektionen oder Pneumonien wurden nicht beobachtet.

Die häufigste medizinisch relevante Nebenwirkung war das Auftreten eines Seromes mit einer Inzidenz von 28,2%. Bei 8,7% der Patienten traten Serome rezidivierend auf. Ein weiteres mehr ästhetisch beeinträchtigendes Problem bei Hartsilikonimplantaten stellen sichtbare und tastbare Implantatkanten dar. Allerdings sind auch die bei der Operation nach Nuss die seitlich am Thorax fixierten Metallstäbe tastbar. Diese werden allerdings nach etwa 2 Jahren wieder entfernt, so dass diese Beeinträchtigung nur vorübergehend ist. Eine weitere häufig beschriebene Nebenwirkung der Implantateinbringung ist eine verminderte Sensibilität der Haut über dem Implantat und im Bereich der Operationsnarbe. So wurde von 19% unserer Patienten ein persistierendes Taubheitsgefühl und von 23% eine dauerhafte Minderung der Sensibilität beschrieben, die jedoch im Alltag nicht als störend empfunden wurde.

Ein weiterer wichtiger Aspekt beim Vergleich der Trichterbrustkorrektur mit Hartsilikonimplantaten und den Verfahren nach Ravitch und nach Nuss sind die postoperativen Schmerzen. Während diese bei ersterer Methode auf geringfügige unmittelbar postoperative Wundschmerzen beschränkt sind, finden sich bei beiden thoraxchirurgischen Verfahren häufig starke und anhaltende Schmerzzustände, die eine gezielte Analgesie über längere Zeit erforderlich machen. Nach Osteotomien von Rippen und Sternum, wie bei der Technik nach Ravitch, sind infolge der periostalen und pleuralen Reizung verständlicherweise ähnliche Schmerzen zu erwarten, wie bei Rippenfrakturen. Zwar war in der Studie von Jo und Mitarbeitern [69] eine postoperative Schmerztherapie bei den nach Ravitch operierten Patienten mit NSAID's meist ausreichend, jedoch mussten diese infolge des erheblichen knöchernen Traumas oft langfristig eingenommen werden. Auch bei der Technik nach Nuss traten bedingt durch den Druck, den die Metallbügel auf den Thorax ausüben, heftige postoperative Schmerzen auf, die meist mit PCA-Schmerzpumpen behandelt werden [69]. Nach persönlichen Berichten von Prof. Ralph Schmid von der thoraxchirurgischen Klinik des Insel-Spitals in Bern bestehen dort gute Erfahrungen mit PCA-Pumpen, die bei nach Nuss operierten Patienten für 2-4 Tage postoperativ belassen werden. Anschließend wird die

Analgesie mit NSAID's fortgesetzt. Obwohl hierdurch eine effiziente Schmerzkontrolle möglich ist, stellen länger anhaltende Schmerzen ein Hauptproblem bei der Technik nach Nuss dar, wobei die ältere Patientengruppe davon stärker betroffen ist. Nach unseren Erfahrungen mit Hartsilikonimplantaten in den vergangenen 25 Jahren sind postoperative Schmerzen bei dieser Methode vergleichsweise gering. Im Markus Krankenhaus wurden die Patienten meist über 2 Tage postoperativ mit NSAID's behandelt.

Unterschiede zwischen den Techniken zeigen sich auch bei der postoperativen Mobilisierung. Diese erfolgte bei den nach Nuss operierten Patienten nach durchschnittlich 6,3 Tagen und bei den nach Ravitch operierten Patienten nach 12,1 Tagen [69]. Alle Patienten unserer Studie wurden am ersten postoperativen Tag mobilisiert. Die volle körperliche Belastbarkeit ist nach der Operation nach Nuss im Mittel nach 30 Tagen wieder erreicht, bei der Operation nach Ravitch durchschnittlich erst nach 10 Wochen [21]. Allerdings sollten die Patienten auch nachfolgend auf Kontaktsportarten mit dem Risiko eines Thoraxtraumas verzichten. Genaue Angaben über den Zeitpunkt der endgültigen Stabilisierung des Thorax liegen trotz Follow-up Zeiten von durchschnittlich 12,6 Jahren in der Studie von Fonkalsrud und Mitarbeitern [21] bislang nicht vor. In der Studie von Young und Mitarbeitern [69] liegen die Follow-up Zeiten sogar nur bei 2 Jahren und im Durchschnitt wurden 10,2 Rippen reseziert, so dass die Ergebnisse nicht mit denen von Rippenserienfrakturen verglichen werden können, da selten mehr als 4 Rippen frakturiert sind und das Trauma in der Regel einseitig liegt. Nach dem Einbringen eines Hartsilikonimplantates können sich die Patienten in der Regel nach 4-6 Wochen wieder voll belasten, nachdem das Implantat fest eingewachsen ist.

Ein Vergleich der klinischen Ergebnisse zwischen den Studien von Nuss, Jo und Fonkalsrud und unserer Studie ist nur schwer möglich. Das begründet sich in den abweichenden Bewertungskriterien, unterschiedlichen Altersgruppen und den Anforderungen der Patienten an einen überwiegend funktionell oder ästhetisch ausgerichteten Behandlungserfolg. So handelt sich in der Studie von Young und Mitarbeitern um Patienten aus der Herz-, Gefäß-

und Thoraxchirurgie, in der Studie von Nuss um Kinder und in der Studie von Fonkalsrud um Patienten der Allgemein Chirurgie. Die Patienten unserer Studie hingegen stellten sich bewusst in der Plastischen Chirurgie vor, da das klinische Erscheinungsbild und die erlebte entstellende Deformität im Vordergrund stand und hier auch entsprechende Erwartungen bestanden und die Patienten auch häufig entsprechend vorinformiert waren. Die Bewertungsskalen in den Studien von Young, Nuss und Fonkalsrud reichten von „exzellent“ über „gut“ und „mittelmäßig“ bis „schlecht“, wobei ein schlechtes Ergebnis als schlechtes klinisches Resultat mit erheblichen funktionellen Einschränkung im Alltag beschrieben wurde. In einer Studie an Patienten, die überwiegend aus ästhetischen Gesichtspunkten operiert wurden, wie in der Studie von Young und Mitarbeitern [69] oder auch in unserer Studie, können somit schlechte Ergebnisse in diesem Sinne nicht erwartet werden. Hingegen stellt bei einem ästhetisch korrigierenden Eingriff bereits ein hinter den Erwartungen zurückbleibendes Ergebnis für den Patienten ein unbefriedigendes Resultat dar. Entsprechend durften wir in der subjektiven Bewertung des Operationsergebnisses durch unsere Patienten eine eher kritische Einschätzung erwarten, die eine tendenziell positive Darstellung der Ergebnisse vermied. Als „exzellent“ wurden in den anderen Studien Ergebnisse bewertet, bei denen das klinische Ergebnis zufriedenstellend war und keine Einschränkungen im Alltag bestanden. Diese Bewertung entspricht in unserer Studie der Note „gut“, die bei „voller Zufriedenheit“ mit dem klinischen Resultat gegeben wurde. Ein „mässiges“ Ergebnis entsprach einer zumindest „teilweisen Zufriedenheit“ der Patienten, bei denen leichte Einschränkungen durch sichtbare Implantatkanten oder einen nur partiellen Ausgleich des Trichters bestand, was in den anderen Studien bereits der Note „gut“ entsprach. Als „mittelmässig“ wird bei Nuss ein Ergebnis mit Schwierigkeiten oder intermittierenden Einschränkungen im Alltag bei normalen Aktivitäten bezeichnet, was in unserer Studie bereits einem „schlechten“ Ergebnis entspräche.

Vor diesem Hintergrund relativieren sich die Angaben von 92%-95% „gute bis sehr gute“ Ergebnisse in den Studien nach Young, Nuss und Fonkalsrud. Sie finden ihre Entsprechung in 96% der Patienten unserer Studie, die mit dem Ergebnis „voll bis teilweise“ zufrieden waren, da auch die „teilweise“ zufriedenen Patienten, die sich zur klinischen Nachuntersuchung bei uns vorstellten objektiv gute klinische Ergebnisse präsentierten.

Abschliessend sollte nochmals erwähnt werden, dass in der Studie von Young und Mitarbeitern für die Operation nach Nuss nur über 15 Patienten Daten nach Entfernung des Metallbügels vorlagen mit einem Follow-up von nur 2,4 Monaten. Auch in die Originalstudie von Nuss gingen nur 30 Patienten mit einem Follow-up von 2,8 Jahren ein, so dass endgültige Zahlen nach Abschluss des Wachstums der im Kindesalter operierten Patienten noch ausstehen.

## **6. Zusammenfassung**

---

Die Trichterbrust (Pectus excavatum) ist die häufigste Brustwandfehlbildung. Sie ist durch eine Abwinklung des Brustbeines nach dorsal, beginnend am manubriosternalen Übergang mit einer maximalen Einziehung am Xiphoid, gekennzeichnet. Sie tritt im Verhältnis von 3:1 zwischen männlichen und weiblichen Geschlecht auf. Die Inzidenz liegt bei 1:300 bis 1:1000 Lebendgeburten. Nur etwas 5% der Patienten mit Trichterbrust zeigen funktionelle Beschwerden mit kardialer oder pulmonaler Symptomatik. Die weitaus häufigere (ca. 95%) funktionell asymptotische Form der Trichterbrust kann eine erhebliche psychosoziale Beeinträchtigung für den Patienten darstellen und ist dann eine Operationsindikation. Hier stellt das Einbringen eines Silikonimplantates eine einfache und komplikationslose Möglichkeit der Trichterbrustkorrektur dar.

Seit 1977 wurden 46 Patienten (m:w → 1,8:1) ohne kardiopulmonale Symptome mit einem „custom-made“ Implantat aus Hartsilikon behandelt. Präoperativ wird ein Abdruck der Deformität ausgeformt. Nach dieser individuellen Form erfolgt die Herstellung eines vollständig polymerisierten Hartsilikonimplantats (medical grade). Die Implantate wurden über einen subxiphoidalen oder submammären Zugang subkutan bzw. partiell submuskulär eingebracht. Hierdurch wird der Defekt exakt ausgeglichen. Die Früh- und Spätergebnisse der Trichterbrustkorrektur mit Hartsilikonimplantaten wurden retrospektiv durch eine Aufarbeitung der Patientenakten und einen Fragebogen untersucht.

Die Nachuntersuchungszeit lag im Durchschnitt bei 12,7 Jahren, das längste Follow-up betrug 25 Jahre. Häufige Früh-Komplikationen waren Serome (28%), die gelegentlich prolongiert bzw. rezidiert auftraten (8%). Implantatinfekte traten nicht auf. In 6% der Fälle wurden initial zu grosse Implantate revidiert und verkleinert. In je 4% wurden Implantate revidiert und refixiert oder entfernt. Über vorübergehende Sensibilitätsstörung berichteten 19% der Patienten. Trotz partiell-submuskulärer Einbringung gaben 27% der Patienten sichtbare und

bis 54% bzw. 38% tastbare Implantatränder in Ruhe bzw. Bewegung an. Dennoch empfanden 84% der Patienten das Implantat als eine psychische Hilfe. Die subjektive Zufriedenheit wurde von 84% der Patienten mit gut, von 12% mit befriedigend und von 4% mit ungenügend angegeben, d.h. 96% der Patienten bewerteten das klinische Ergebnis als gut oder befriedigend.

Bei der Korrektur der Trichterbrust ohne kardiopulmonale Störungen ist das Ziel der Operation ein optischer Ausgleich des knöchernen Defekts. Die Beseitigung der psychosozialen Folgen der Deformität ist das wesentliche Erfolgskriterium. Da bei der Trichterbrustkorrektur mit Hartsilikonimplantaten im Gegensatz zu thoraxchirurgischen Verfahren die Integrität und Stabilität des Thorax nicht beeinträchtigt wird, hat sie sich bei der funktionell asymptotischen Trichterbrust zur Methode der Wahl entwickelt. Die Methode wird seit den 70er Jahren angewandt und seither konsequent verbessert. Sie stellt eine simple und schnelle Möglichkeit mit guten Erfahrungswerten und klinischen Ergebnissen zur Korrektur der Trichterbrust dar. Sie führte auch in der Langzeitbeurteilung bei 96% der Patienten zu einem guten oder befriedigenden klinischen Resultat. Es traten keine schweren Komplikationen auf.

## **7. Summary**

---

The funnel chest (pectus excavatum) is the most common deformity of the chest wall. The depression of the anterior chest wall usually begins at the manubriogladiolar junction and reaches the deepest point at the xiphisternal junction. This illness is seen in different degrees, and its incidence is approximately 1:300 to 1:1000. Boys are affected more than three times as often as girls. The indication for treatment of pectus excavatum is mainly a subjective discomfort, because 95% of the patients are free of cardiovascular or pulmonary symptoms, but show severe psychological impairment. Augmentation with a silicone implant is still a simple and straightforward way of concealing the deformity in patients with pectus excavatum, whose cardiopulmonary function is within the normal range.

Since 1977 we treated 46 patients (m:f → 1,8:1) without cardiopulmonary dysfunction with augmentation by a preformed silicone implant and a mean follow-up of 12,7 years. The longest follow-up term was 25 years. The short term and long term results were compared retrospectively. We used the medical records for analysis of the operation, the clinical course, and the results. Additionally, the patients were interviewed in a questionnaire.

We had no major surgical problems. During the follow up we evacuated seromas in 28% of the patients, in 8% more than two times. In 6% the implant size was reduced, in 4% we fixated the implant ones more, in other 4% we removed the implant. We had no infections.

19% of the patients had a reduced sensitiveness. In 27% of the patients, the margins were visible and about every second patient could just feel the margins of the implant but 84% had a psychological improvement after correction of their deformity by the silicone implant. 84% were completely satisfied after treatment, 12% with minor restrictions. Two patients felt mistreated. That means that 96% of our patients felt an improvement of their mentally and physically handicap and were pleased with the result of the funnel chest correction.

As most of the patients with pectus excavatum have only cosmetic and psychosocial problems with the defect, simple augmentation with an implant seems to be a worthwhile option. Silicone implants were first introduced in the mid 1970s, and the method gained in popularity during the past decades. It was improved and shows good to excellent clinical long term results and most patients had a major psychological improvement. The operation is fast, the hospital stay is only a few days and in our study we had no major complications.

## **8. Literaturverzeichnis**

---

1. Adkins PC, Blades B: A stainless steel strut for correction of pectus excavatum. *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 1961; 113: 111-15
2. Al-Soufi A, Lemperle G, Exner K: Treatment of funnel chest using an RTV-silastic implant. *Ann Chir Plast Esthet* 1985; 30(3): 279-82
3. Aston SJ and Pickrell KL: Chest wall reconstruction. In Converse, JM (Ed): *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia, WB Saunders Company 1977
4. Baker JL, Mara JE, Douglas WM: Repair of convexity of thoracic wall with silicone elastomer implant: case report. *Plast & Reconstr Surg* 1975; 56: 212-17
5. Barnard PM, de Wet Lubbe JJ: Pectus excavatum: a modified technique of internal fixation. *S Afr Med J* 1973; 47(15): 649-52
6. Bauhinus J Shenck von Grafenberg: *Johannes Observatorium medicarum, rararum, novarum, admirabilium, et montrosarum, liber secundus. De partibus vitalibus, thorace contentis*. Observation 264 p 516 Freiburg 1594
7. Becker JM and Schneider KM: Indications for the surgical treatment of pectus excavatum. *JAMA* 1962; 180: 22-24
8. Beiser GD et al: Impairment of cardiac function in patients with pectus excavatum, with improvement after operative correction. *New England J Med* 1972; 287: 267-72
9. Ben Menachem, O'Hara Y AE and Kane HA: Paradoxical cardiac enlargement during inspiration in children with pectus excavatum: a new observation *Br J Radiol* 1973; 46: 38-42
10. Bentz ML, Dunn J: The inframammary incision for median sternotomy in pediatrics. *J Cardiac Surg* 1987; 2: 499-502

11. Bevegard S: Postural circulatory changes at rest and during exercise in patients with funnel chest, with special reference to factors affecting the stroke volume. *Acta Med. Scandinav* 1962; 171: 695-713
12. Brewer LA, Discussion of Welch, KJ: Satisfactory surgical correction of pectus excavatum deformity in childhood. *J Thorac Surg* 1958; 36: 697-705
13. Brown AL: Pectus excavatum (funnel chest). Anatomic basis: surgical treatment of the incipient stage in infancy and correction of the deformity in the fully developed stage. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1939; 9: 164-71
14. Clausner A, Hofmann V, Kapherr S: Gegenwärtiger Stand der Trichterbrustbehandlung. *Dtsch Med Wochenschr* 1995; 120: 881-83
15. Croitoru DP et al: Experience and modifications update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J Pediatr Surg* 2002; 37: 437-45
16. Davies AL: Repair of pectus excavatum employing interal Steinmann pin strut technique. *Delaware Medical Journal* 1986; 58: 733-35
17. DeLeon A, Perloff J and Twigg H: The straight back syndrome: clinical cardiovascular manifestation. *Circulation* 1965; 32: 193-97
18. Eggel G, Eine seltene Missbildung des Thorax. *Virchows Arch* 1870; 49: 230-35
19. Fabricius, Davidsen and Hansen: Severe Pectus Excavatum Associated With Cor Pulmonale and Chronic Respiratory Acidosis in a Young Woman. *Chest* 2001; 119: 1957-61
20. Fish HG Jr, Baxter RH and Moran RE: A conservative treatment of pectus excavatum in the young; a preliminary report. *Plast Reconstr Surg* Nov 1954; 14(5): 324-31
21. Fonkalsrud EW, Dunn JCY, Atkinson JB: Repair of pectum excavatum deformities: 30 years of experience with 375 patients. *Ann Surg* 2000; 231: 443-48

22. Fujino T, Harashina T, Aoyagi F: Reconstruction for aplasia of the breast and pectoral region by microvascular transfer of a free flap from the buttock. *Plast & Reconstr Surg* 1975; 56: 178-81
23. Gotzen L, Dragojevic D: Funnel chest correction by use of AO implants and instruments. *Thoracic & Cardiovasc Surg.* 1979; 27: 61-73
24. Haller JA, et al: Pectus excavatum: a 20-year surgical experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1970; 60: 375-81
25. Haller JA Jr, Kramer SS, Lietman SA: Use of CT scans in selection of patients for pectus excavatum surgery: A preliminary report. *J pediatr Surg* 1987; 22: 904-08
26. Hebra A, Swoveland B, Egbert M, Tagge EP, Georgeson K, Othersen HB Jr, Nuss D: Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum: review of 251 cases. *J Pediatr Surg* 2000; 35: 252-58
27. Hoffmeister W: Operation der angeborenen Trichterbrust. *Beitr Klin Chir* 1927; 141: 214-18
28. Horch RE et al: Minimally-invasive endoscopic correction of funnel chest deformity via an umbilical incision. *Aesth Plast Surg DOI* 2002; 10. 1007/s00266-002-2011-0
29. Hougaard G, Arendrup H: Deformities of the female breast after surgery for funnel chest. *Scand J Thoracic & Cardiovasc Surg* 1983; 17: 171-75
30. Hougaard G, Svensson H, Holmquist KG: Casting the implant for correction of pectus excavatum. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 1995; 29: 227-31
31. Humphreys GH, Jaretzki A, Operative correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 1974; 9: 899-909
32. Implantech Associates Inc, 2064 Eastman Ave, Unit 101, Ventura, CA 93003, USA
33. Jensen NK, Schmidt WR, Garamella JJ, et al: Pectus excavatum and carinatum: The how, when, and why of surgical correction. *J Pediatr Surg* 1970; 5: 4-11

34. Kanegaonkar RG, Dussek JE: Removal of migrating pectus bars by video-assisted thoracoscopy. *Europ J of Cardio-Thorac Surg* 2001; 19(5): 713-15
35. Kobayashi S, Yoza S, Komuro Y: Correction of pectus excavatum and pectus carinatum assisted by the endoscope. *Plastic and Reconstr Surg* 1997; 99: 1037-45
36. Lemperle G, Exner K: Treatment of funnel chest with RTV-silicone implants. *Handchir. Mikrochir Plast Chir Sept* 1983; 15(3):154-57
37. Lester CW: The surgical treatment of funnel chest. *Ann Surg* 1946; 123: 1003-07
38. Masson JK, Payne WS, Gonzalez JB: Pectus excavatum: Use of preformed prothesis for correction in the adult. *Plast Reconstr Surg* 1970; 46: 399-404
39. May AM, Operation for pectus excavatum using stainless steel wire mesh. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1961; 42: 122-24
40. Mayo P, Long GA: Surgical repair of pectus excavatum by pin immobilization. *J.Thorac Cardiovasc Surg* 1962; 44: 53-58
41. McGhan Medical Corp, 700 Ward Drive, Santa Barbara, CA 93111-2936, USA
42. Mendelson BC, Masson JK: Silicone implants for contour deformities of the trunk. *Plast & Reconstr Surg* 1977; 59: 538-42
43. Meyer L: Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Trichterbrust. *Verh Berliner Med* 1911; 42: 364-73
44. Murray JF: Correction of pectus excavatum by synthetic subcutaneous implant. Presented at the American Society of Plast and Reconstr Surg, Philadelphia 1965 October
45. Nakajima H, Chang H: A new method of reconstruction for pectus excavatum that preserves blood supply and costal cartilage. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103(6): 1661-66
46. Nakanishi Y et al.: A vascular rib strut technique for funnel chest correction. *Brit J Plast Surg* 1992; 45: 364-66
47. Nordquist J, Svensson H, Johnsson M: Silastic implant for reconstruction of pectus excavatum: an update. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2001; 35: 65-69

48. Nuss D, Kelly RE Jr, Croitoru DP, Katz M.: A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 1998; 33: 545-52
49. Ochsner A, DeBakey M: Chone-chondrosternon: report of a case and review of the literature. *J Thorax Surg* 1938; 8: 469-511
50. Pierre ML, Jouglard JP: Treatment of unilateral congenital hypoplasia or absence of the breast. *Plast & Reconstr Surg* 1975; 56: 146-51
51. Ravitch MM: Technical problems in the operative correction of pectus excavatum *Ann Surg* 1965; 162: 29-33
52. Rehbein F, Wernicke HH: The operative treatment of the funnel chest. *Archives of Diseases in Childhood* 1957; 32: 5-9
53. Reusch CS: Hemodynamic studies in pectus excavatum. *Circulation* 1961; 24: 1143-47
54. Sauerbruch F: *Die Chirurgie der Brustorgane*. Springer 1920; Berlin Heidelberg New York, 440-44
55. Saxena A K, Schaarschmidt K, Schleaf J, Willital GH Surgical correction of pectus excavatum: the Münster experience. *Langenbeck's Arch Surg Springer Verlag* 1999; 384: 187-93
56. Schwöbel M, Winiker H, Die Behandlung der Trichterbrust mit dem minimal invasiven Verfahren nach NUSS. *Pediatrica* 2003; 14(1): 33-35
57. Shamberger RC, Welsh KJ, Surgical repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg* 1988; 23: 615-22
58. Stanford W et al: Silastic implants for correction of pectus excavatum: a new technique. *Ann Thorac Surg* 1972; 13: 529-33
59. Sweet RH: Pectus excavatum: Report of two cases successfully operated upon. *Ann Surg* 1944; 119: 922-33
60. Takagi K, Yamaga M: A new modified operation for funnel chest using Zimmer osteosynthetic plate. *Archives of Orthopedic & Traumatic Surg* 1986; 105: 154-59

61. Troisier J et Monnerot D, Thorax en entonnoir et doight Renté: deux tableaux généalogique. Bull Mém Soc Med Hop Paris 1930 ; 54:311-14
62. Vidne B and Levy MJ, Surgical treatment for pectus excavatum. Isr J Med Sci 1973 Nov-Dec; 9(11): 1565-69
63. Wada J, Ikeda K, Ishida T, Hasegawa T: Results of 271 funnel chest operations. Ann Thorac Surg 1970; 10: 526-32
64. Watanabe Y, Takashi I: Surgical correction of pectus excavatum for adults and adolescents. Japanese Journal of Surg 1984; 14: 472-75
65. Wechselberger G, Öhlbauer M, Haslinger J, et al. Silicone Implant Correction of pectus excavatum. Ann Plast Surg 2001; 47: 489-93
66. Welch KJ: Satisfactory surgical correction of pectus excavatum deformity in childhood: a limited opportunity. J Thorac Surg 1958; 36: 697-713
67. Wesselhoeft CW, DeLuca FG: A simplified approach to the repair of pediatric pectus deformities. Annals of Thoracic Surg 1982; 34: 640-44
68. Willital GH, Maragakis MM, Schaarschmidt K: Indikation zur Behandlung der Trichterbrust. Dtsch Krankenpfleger Zeitschr 1991; 6: 418-23
69. Young Ho Choi et al: Surgical treatment for pectus excavatum. J Korean Med Sci 2003; 18: 360-64

## **9. Danksagung**

---

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv. Doz. Dr. med. K. Exner, Chefarzt der Klinik für Plastische Chirurgie, Wiederherstellungs- und Handchirurgie des Markus Krankenhauses in Frankfurt am Main, für die Überlassung des Themas.

Ich danke Herrn Dr. med. O. Scheufler, Oberarzt der Abt. für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie des Universitätsspitals Basel, für die Betreuung der Arbeit sowie die Beratung bei der Erstellung und die Durchsicht und Korrektur der Dissertationsschrift.

Mein Dank gilt allen Patienten und Patientinnen, die durch ihre Bereitschaft zur Beantwortung des Fragebogens die Arbeit ermöglicht haben.

Meiner Familie danke ich für viele Ratschläge und die fortwährende moralische Unterstützung. Meinem Vater, Dr. Ing. M. Marey, danke ich für die technische Hilfe bei der Gestaltung der Arbeit und meiner Mutter, Dr. med. I. Marey, für die Korrektur des Satzatzes.

## 10. Curriculum Vitae

---

Gabriel Marey  
Thomas-Mann-Platz 2  
64291 Darmstadt  
Tel: 06151-374324  
Mobile: 0178-7505705  
Email: gabrielmarey@aol.com

### Persönliche Daten

Familienstand: ledig  
Nationalität: Deutsch  
Geburtsdatum: 21.05.1977  
Geburtsort: Gross-Gerau (Deutschland]

### Ausbildung

1983 - 1987	Brüder-Grimm-Grundschule, Darmstadt-Arheilgen
1987 - 1989	Förderstufe der Thomas-Mann-Schule, Darmstadt-Arheilgen
1989 - 1996	Gymnasium Seminar-Marienhöhe, Darmstadt
Abschluss:	Allgemeine Hochschulreife
1996 - 1997	Zivildienst beim Malteser Hilfsdienst, Darmstadt
Seit Okt. 1997	Studium der Medizin, an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz
Sept. 1999	Ärztliche Vorprüfung
Sept. 2000	Erstes Staatsexamen
Sept. 2002	Zweites Staatsexamen
Apr. 03 – Apr. 04	PJ im Insepsital in Bern/Schweiz (Chirurgie] und im Kemperhof Koblenz (Innere Medizin/Gynäkologie]
April 2004	Drittes Staatsexamen

### Famulaturen

Allgemeinmedizin, Praxis für Allgemeinmedizin in Darmstadt  
Plastische Chirurgie, Markus-Krankenhaus in Frankfurt a.M.  
Innere Medizin, Dar-al-Fouad Hospital, Kairo; Ägypten  
Chirurgie, Provincial Hospital, Bethlehem; Süd-Afrika

### Hobbys

Malerei, Modellbau, Musik, Tauchen und Segelflug

### Weiterbildung

Seit 1.7.2004 in der Unfallchirurgie der Maintaunuskliniken in Hofheim tätig.

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

---

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

Die Chirurgie der Trichterbrust:  
Langzeitresultate der Korrektur mit custom-made Hartsilikonimplantaten und vergleichende  
Analyse der alternativen Operationsverfahren

in der Klinik für Plastische Chirurgie, Wiederherstellungs- und Handchirurgie des Markus Krankenhauses in Frankfurt unter Leitung von Herrn Priv.-Doz. Dr. med. K. Exner und mit der Unterstützung von Herrn Dr. med. O. Scheufler ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- und ausländischen Medizinischen Fakultät bzw. Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Frankfurt am Main, 20 November 2006

Gabriel Marey