

Aus dem Deutschen Herzzentrum Berlin  
der Medizinischen Fakultät Charité  
der Humboldt-Universität zu Berlin

DISSERTATION

**Halteapparatkonservierende Mitralkirurgie  
- Studie über 48 Patienten -**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr.med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von  
Thorsten Drews  
aus Berlin

Dekan: Prof. Dr.med.Dr.h.c.R.Felix

Gutachter: 1. Prof. Dr.med.R.Hetzer  
2. Prof. Dr.med. C. Huth  
3. Prof. Dr.med. H.P. Schultheiss

Datum der Promotion: 17.10.2001

Die Arbeit ist  
meinen Eltern  
gewidmet

**Abstrakt:**

Heutzutage stellt der Erhalt des posterioren Halteapparates beim Mitralklappenersatz (MKE) ein Routineverfahren dar. Das Ziel dieser Studie war es festzustellen, ob der komplette Erhalt der subvalvulären Strukturen beim Mitralklappenersatz Vor- oder Nachteile hat.

Es wird über die Erfahrungen mit 48 Patienten berichtet. Die Gruppe MKEh bestand aus 15 Patienten, bei denen beim MKE der komplette subvalvuläre Halteapparat erhalten wurde. Die Gruppe MKEo, bei denen beim MKE nur der posteriore Halteapparat erhalten wurde, bestand aus 9 Patienten. Die dritte Gruppe (MKR) enthielt 12 Patienten, bei denen die Mitralklappe rekonstruiert worden war und die vierte Gruppe (KG) bestand aus 12 Herzgesunden ohne Klappen-defekt, die die Kontrollgruppe darstellte. Die Patienten wurden einer ausführlichen Befragung unterzogen sowie prä- und postoperativ echokardiographisch untersucht und die Ergebnisse verglichen.

Bezüglich der Ergebnisse der Befragungen und der präoperativen echokardiographischen Ergebnisse fanden sich bei den drei operierten Gruppen (MKEh, MKEo, MKR) keine signifikanten Unterschiede. Demgegenüber wurden postoperative Unterschiede festgestellt: Bei den Patienten mit MKE, bei denen aber der vordere Halteapparat nicht konserviert wurde (MKEo), fand sich eine signifikant geringere systolische Verkürzung zwischen dem Apex und der Mitralklappenbasis (6,5 mm – 15 mm), die systolische Kontraktion begann bei diesen Patienten außerdem nicht im Bereich des Apex und der posteriore Papillarmuskel führte in diesen Fällen keine aktive Kontraktion aus.

Es konnte somit die Schlußfolgerung gezogen werden, daß der komplette subvalvuläre Apparat notwendig ist, damit der linke Ventrikel eine physiologische Kontraktion durchführen kann. Er sollte somit immer beim Mitralklappenersatz komplett erhalten werden, sofern die Papillarmuskeln und die Chorden intakt sind und keine Mitralklappenrekonstruktion durchgeführt werden kann.

**Schlagwörter:**

Mitralklappenersatz, Mitralklappenrekonstruktion, Echokardiographie, subvalvulärer Apparat, Papillarmuskeln, linksventrikuläre Kontraktion

**Abstract:**

Today preservation of the chordal attachment to the posterior leaflet in mitral valve replacement (MVR) is a routine, universally accepted procedure. The aim of this study was to show the advantages and disadvantages of the preservation of the entire subvalvular structures.

Our institution's experience with 48 patients in four groups is reported. The MKEh group consists of 15 patients who underwent MVR with preservation of the entire subvalvular structures. The MKEo group, treated with MVR and preservation of the posterior subvalvular structures only, consists of 9 patients. The third group (MVR) consists of 12 patients with mitral valve reconstruction and group 4 (CG) of 12 healthy individuals without heart valve dysfunction, as a control group. The patients were assessed by questioning and echocardiography pre- and post-operatively and the results compared.

In questioning and in the preoperative echocardiography results no differences were seen between the three surgical groups (MKEh, MKEo, MKR). However, considerable differences were present in the postoperative echocardiography results: in patients without preservation of the anterior subvalvular structures (MKEo group) the shortening between the apex and the mitral valve basis is significantly less (6.5 mm – 15 mm), the systolic contraction does not begin at the apex and the posterior papillary muscle does not actively contract.

It is concluded that preservation of the entire subvalvular structures is important to ensure physiological contraction of the left ventricle. They should be preserved in all mitral valve replacement operations when the papillary muscles and chordae are intact and mitral valve reconstruction cannot be performed.

**Key-words:**

mitral valve replacement, mitral valve reconstruction, echocardiography, subvalvular structures, papillary muscles, contraction of the left ventricle

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>7</b>
1.1	HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER BEHANDLUNG VON MITRALVTIEN .....	8
1.2	ANATOMISCHE VORBEMERKUNGEN ZUR MITRALKLAPPE .....	11
1.3	VERFAHREN DER MITRALCHIRURGIE .....	12
1.3.1	<i>Zugangswege</i> .....	12
1.3.2	<i>Klappenersatz</i> .....	14
1.3.3	<i>Klappenrekonstruktion</i> .....	21
1.3.4	<i>intraoperative Klappentestung</i> .....	26
1.4	ECHOKARDIOGRAPHIE.....	27
1.4.1	<i>Einleitung</i> .....	27
1.4.2	<i>Untersuchungsgerät</i> .....	28
1.4.3	<i>Untersuchungsverfahren</i> .....	28
1.5	ERHEBUNGEN ZUR NYHA-KLASSIFIKATION UND ZUR LEBENSQUALITÄT .....	41
1.6	ZIELSETZUNG DER STUDIE .....	42
<b>2</b>	<b>PATIENTEN</b> .....	<b>43</b>
2.1	EINLEITUNG .....	43
2.2	KOLLEKTIVDARSTELLUNG.....	44
2.2.1	<i>Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt des kompletten Halteapparates</i> .....	44
2.2.2	<i>Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt nur des posterioren Halteapparates</i> .....	45
2.2.3	<i>Gruppe der Patienten mit Mitralklappenrekonstruktion</i> .....	46
2.2.4	<i>Kontrollgruppe</i> .....	47
2.3	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....	48
2.3.1	<i>Echokardiographie</i> .....	48
2.3.2	<i>Erfassung der subjektiven Lebensqualität</i> .....	49
2.4	STATISTISCHE METHODEN .....	50
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>51</b>
3.1	PRÄOPERATIVE DATEN .....	51
3.1.1	<i>Echokardiographische Ergebnisse</i> .....	51
3.1.2	<i>Erhebungen zur NYHA - Klassifikation</i> .....	53
3.2	POSTOPERATIVE DATEN .....	54
3.2.1	<i>Echokardiographische Ergebnisse</i> .....	55
3.2.2	<i>Erhebungen zur NYHA-Klassifikation und zur Lebensqualität</i> .....	74
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>76</b>
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>80</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN</b> .....	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>LEBENSLAUF</b> .....	<b>87</b>
<b>9</b>	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>VERSICHERUNG</b> .....	<b>89</b>
<b>11</b>	<b>ERHEBUNGSBÖGEN</b> .....	<b>90</b>

## **1 Einleitung**

Die Einführung zuverlässig funktionierender Klappenprothesen Anfang der sechziger Jahre machte den Mitralklappenersatz zu einem häufig durchgeführten Verfahren in der Herzchirurgie. Heutzutage beträgt von der Gesamtzahl an Herzoperationen der isolierte Mitralklappenersatz 2,3% und in Kombination mit anderen herzchirurgischen Eingriffen 2,7% (1).

Die Mitralklappenchirurgie unterlag einer Reihe von Veränderungen. Während stenosierte Mitralklappen anfänglich noch blind rekonstruiert wurden, wurde erst durch die Entwicklung der Prothesen die chirurgische Behandlung von Mitralklappenerkrankungen zuverlässig reproduzierbar. Es zeigte sich hierbei bald, daß beim Mitralklappenersatz durch die komplette Exzision der Mitralklappe erhebliche hämodynamische Nachteile entstanden. Aus diesem Grund wurden verschiedene Techniken der Halteapparatkonservierung beim Mitralklappenersatz entwickelt. Am Deutschen Herzzentrum Berlin werden seit seinem Bestehen verschiedene solcher Techniken angewendet.

Es soll in dieser Arbeit gezeigt werden, welche hämodynamischen Vorteile der Erhalt des anterioren und des posterioren Halteapparates beim Mitralklappenersatz auf die linksventrikuläre Funktion hat.

## 1.1 Historische Entwicklung der Behandlung von Mitralklappenkrankheiten

Die erste am Herzen durchgeführte Operation war die Naht einer Stichwunde, welche Rehn (42) am 9.9.1896 versorgte. Ricketts (44) berichtete 1903 von 20 erfolgreichen Herznähten; es folgten Berichte im Jahre 1908 von Peck (38) über 140 und von Salamoni (49) über 160 Herznähte.

Von der ersten operativen Behandlung einer Pericarditis constrictiva wurde im Jahre 1903 von Brauer (3) berichtet. Rehn (43) folgte mit einem Bericht neun Jahre später, ebenso Sauerbruch (50) und Schmieden (52).

Die dritte Art eines herzchirurgischen Eingriffs war ein mitralklappenrekonstruktiver Eingriff: Cutler (8) behob 1923 eine Mitralklappenstenose durch blinde, transventrikuläre Einführung eines Valvulotoms und Schaffung einer künstlichen Mitralsuffizienz. Als Nächster folgte 1925 Souttar (55), der bei einem 15-jährigen Mädchen eine Mitralklappenstenose durch digitale Sprengung der Mitralklappe behob. Sie war fünf Jahre später noch am Leben.

Ramsdell (39) berichtete 1934 in einer Sammelstatistik über eine Letalität von 45% bei 428 Operationen von Stichverletzungen am Herzen. Die geschlossene Mitralklappensprengung wurde in den späten 40er Jahren durch Bailey wieder aufgenommen. Zahlreiche Mitralklappenkrankheiten konnten aber nicht mit geschlossenen Methoden behoben werden. Dann brachte jedoch Gibbon (20) im Jahre 1953 den Durchbruch zur Chirurgie am eröffneten Herzen durch die Einführung der extrakorporalen Zirkulation.

Man hoffte nun am stillgelegten Herzen, unter Sicht, ohne die Implantation von künstlichem Material, die Klappenfunktion wiederherstellen zu können. Es zeigte sich bald, daß die chirurgischen Reparationsmöglichkeiten von der Art der Erkrankungen abhingen. So empfahlen Lillehei im Jahre 1957 und Wooler (60) im Jahre 1962 die Raffung des Mitralanulus, genannt Anuloplastik, bei einer Mitralsuffizienz, die durch eine Dilatation bedingt war. Eine andere Technik war die Valvuloplastik, 1958 von Lillehei und 1960 von Mc Goon entwickelt. Hierbei wurden die Mitralsegel repariert.

Starr (56) führte 1960 den ersten prothetischen Klappenersatz der Mitralklappe durch. Die von ihm implantierte Prothese, die er gemeinsam mit Edward entwickelt hatte, bestand aus einem Metallkäfig, in dessen Zentrum sich eine Kugel als Verschlussmechanismus bewegte. Dafür wurde der komplette mitrale Halteapparat exzidiert. Er empfahl diese Operationstechnik, wenn weder eine Anuloplastik noch eine Valvuloplastik möglich war. Diese Prothese fand über viele Jahre hinweg in zahlreichen Modifikationen Anwendung.

Es stellte sich aber eine hohe Thrombogenität heraus. Seither beobachtete man eine ständige Weiterentwicklung von künstlichen Klappenprothesen, was sowohl den Verschlussmechanismus als auch die verwendeten Materialien betraf. Heute werden mechanische Prothesen von extrem hoher technischer Zuverlässigkeit und ohne erkennbares Bluttrauma verwendet. Die



Thrombogenität ist durch die Oberflächenbehandlung und Verwendung von Polycarbon minimiert worden, konnte aber nicht endgültig eliminiert werden (35).

Auf die Bedeutung des Halteapparates der Mitralklappe hatte Rushmer (48) schon 1956 hingewiesen. Lillehei (34) konnte in seiner Veröffentlichung 1964 eine deutliche Verbesserung der Herzfunktion nach einem Mitralklappenersatz nachweisen, wenn das hintere Mitralsegel und seine Chordenaufhängung an beiden Papillarmuskeln belassen wurde. Deshalb schlug Lillehei vor, das posteriore Mitralsegel beim mechanischen Klappenersatz in den Anulusring miteinzunähen. Die Resultate waren für die damaligen Ergebnisse exzellent (34). Nach der ersten Arbeit von Lillehei (34) entbrannte aber eine Diskussion über die physiologische Richtigkeit des Konzeptes. Rastelli (68) führte tierexperimentelle Studien durch, die verdeutlichten, daß der Erhalt des Halteapparates *keinen* Einfluß auf die Ventrikelfunktion hätte. Ebenso hatte sich Björk (1) gegen das Konzept ausgesprochen. Warum Lillehei das Konzept selbst nicht weiter verfolgte, bleibt unklar. Die Ursache lag möglicherweise daran, daß er mit der Entwicklung der Lillehei-Kaster-Klappe (Kippscheibenprothese) befaßt war, die wohl als ungeeignet bei belassenem Halteapparat erachtet wurde (35).

Somit begann die Entwicklung moderner künstlicher Klappen mit den Kippscheibenprothesen (Lillehei-Kaster, später Hall-Kaster, Björk-Shiley). Es bestand der Verdacht, daß sie in ihrem Verschluß vom verbliebenen posterioren Mitralsegel behindert werden könnten, weshalb der komplette Halteapparat reseziert wurde.

Die Doppelflügelprothesen (St. Jude, Medical), die später entwickelt wurden und heute noch in Anwendung sind, hatten für die Operationstechnik des Erhaltes des Klappenapparates einen günstigeren Öffnungswinkel und eine größere Öffnungsfläche. Da diese Klappen aus künstlichem Material bestanden, war eine lebenslange medikamentöse Therapie mit Antikoagulantien nötig. Um dieses zu vermeiden, entstanden gleichzeitig die Bioprothesen (35). Nach einer Vielzahl unterschiedlicher Versuche bezüglich Herkunft des tierischen Materials und der Konservierungs- und Behandlungsprinzipien blieben Schweineaortenklappen (Hancock, Carpentier-Edwards) und Rinderperikardklappen (Ionescu-Shiley, Mitroflow) übrig. Diese haben jedoch den Nachteil, daß sie degenerieren.

Durch die Euphorie, die der Klappenersatz mit sich brachte, wurden die Ideen der Klappenrekonstruktion in den Hintergrund gedrängt. Die langfristig unbefriedigenden Ergebnisse des Klappenersatzes (37) brachten jedoch Überlegungen mit sich, ob klappenrekonstruktive Verfahren nicht bessere Ergebnisse liefern könnten. Somit entstanden Halbprothesen. Carpentier (5) entwickelte 1976 einen Ring, der dem Mitralanulus eine bestimmte Form aufzwang, um den anterioren und den posterioren Anulus einander zu nähern. Dieser war zunächst steif, wurde später aber durch ein offenes Exemplar, das eine gewisse Flexibilität ermöglichen sollte, abgelöst. Duran (12) entwickelte einen völlig flexiblen Ring, der es der Klappe ermöglichen sollte, sich in ihrer natürlichen Form um den linksventrikulären Ausflußtrakt zu legen, ohne ihn zu stark zu obstruieren. Gleichzeitig wurden auch die Klappenrekonstruktionsverfahren ständig weiterentwickelt, die keiner prothetischen Hilfe bedurften (4, 27, 32, 59). Diese Techniken

wurden auch am Deutschen Herzzentrum Berlin seit seinem Bestehen (1986) bevorzugt angewandt.

Da aber nicht in jedem Fall eine Rekonstruktion der Mitralklappe möglich war, wurde überlegt, ob nicht der Erhalt des physiologischen Klappenapparates bei Implantation einer Klappenprothese möglich wäre. Im Jahre 1983 griffen Hetzer (25) und im Jahre 1986 David (10) die Idee der Konservierung des Halteapparates wieder auf und nähten das posteriore Segel mit in den Anulusring ein. Die Doppelflügelprothesen wurden dabei nicht in ihrer Funktion behindert. Dieses Verfahren wurde am Deutschen Herzzentrum Berlin seit seiner Gründung durchgeführt.

Die Idee, auch den anterioren Halteapparat zu konservieren, blieb in den weiteren Jahren vorerst unverwirklicht. Gams und Heimisch (19) führten diesbezüglich tierexperimentelle Studien am Hund durch. Sie konnten wesentliche Vorteile bezüglich der linksventrikulären Funktion bei Erhalt nicht nur des posterioren, sondern auch des anterioren Mitralhalteapparates zeigen. Dabei wurde berücksichtigt, daß die Klappenfunktion gewährleistet wurde und der Prothese ein ausreichender Durchmesser verblieb.

Diese Operationstechnik wird seit 1988 in verschiedenen Variationen am Deutschen Herzzentrum Berlin durchgeführt (26). Intra- und postoperativ erfolgen echokardiographische Untersuchungen, um die regelrechte Funktion der Klappe und des Halteapparates zu kontrollieren.

## 1.2 Anatomische Vorbemerkungen zur Mitralklappe

Die linke Herzkammer (Ventriculus sinister, lat.) hat eine besonders kräftige Wand, da der Muskel bei der Kontraktion den starken Druck vom Körperkreislauf aufbaut. Ein engmaschiges Netzwerk von Trabekeln (Trabeculae carnae, lat.) kleiden seine Innenseite aus. Aus ihnen erheben sich zwei kräftige Papillarmuskeln (Mm. papillares, lat.), die ihre Chorden (Chordae tendineae, lat.) zu der zweizipfligen Atrioventrikularklappe (Valva atrioventricularis sinistra, lat.) schicken. Da diese Klappe eine gewisse Ähnlichkeit mit der Mitra des Bischofs hat, wird sie Mitralklappe (Valvula mitralis, lat.) genannt. Die beiden Segel der Klappe werden als Cuspis anterior et posterior bezeichnet. Die Cuspis anterior trennt die Einströmungsbahn in die linke Herzkammer von der glattwandigen Ausströmungsbahn, die sich durch die Aortenklappe in die Aorta ascendens fortsetzt.

Die Chordae werden in drei Gruppen eingeteilt (58). Die Chorden erster Ordnung sind diejenigen, die von den Papillarmuskeln kommend längs der Ventrikelfläche nach aufwärts ziehen und sich bis zum Anulus verfolgen lassen. Die Chorden zweiter Ordnung entspringen aus den Papillarmuskeln oder aus den Chorden erster Ordnung und inserieren in einiger Entfernung vom Hafrand der Klappe an der ventrikulären Fläche des Segels. Die Chordae dritter Ordnung sind die oberflächlichsten. Sie enden am freien Klappensaum.

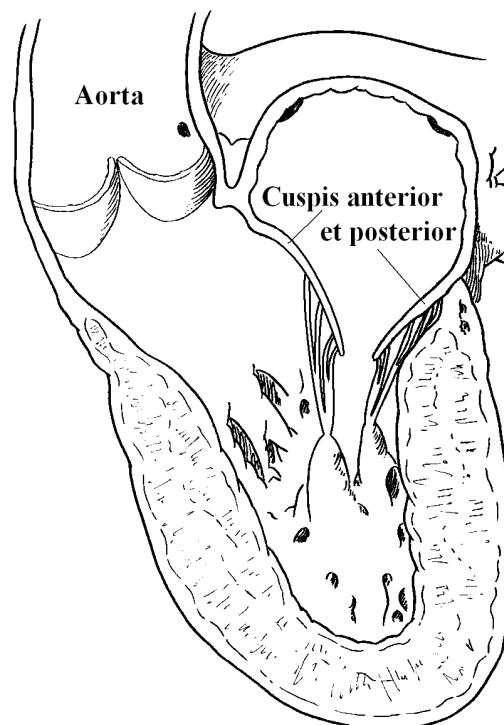


Abb. 1: Die Positionen der Mm. papillares und der Cuspis anterior et posterior der Valvula mitralis

## **1.3 Verfahren der Mitralchirurgie**

### **1.3.1 Zugangswege**

Es gibt viele verschiedene Techniken, um den Thorax für einen Mitralklappenersatz zu eröffnen. Als heutiger Standard gilt die komplette, mediane Sternotomie. Dieser Zugangsweg gibt eine gute Übersicht über die großen, herznahen Gefäße und erlaubt einen sicheren Zugang zu den großen Herzhöhlen.

Es gibt außerdem die rechtslaterale Thorakotomie. Dieser Zugang, der heutzutage wieder sehr beliebt zur sogenannten minimalinvasiven Chirurgie geworden ist, wurde früher sehr gerne benutzt, da sich hierbei die Mitralklappe sehr schön exponiert. Die aortale Kanülierung ist hierbei erschwert, was häufig einen femoralen Zugang über die Leiste notwendig macht.

Die linkslaterale Thorakotomie sollte beim Mitralklappenersatz nur bei Kombinationseingriffen, wie zum Beispiel bei gleichzeitigen Eingriffen an der Aorta descendens, erfolgen (29).

Um nach der medialen Sternotomie, nach Kanülierung und Kardioplegiegabe, die Mitralklappe zu exponieren, gibt es zwei verschiedene Zugänge am Herzen:

### **Linksatrialer Zugang**

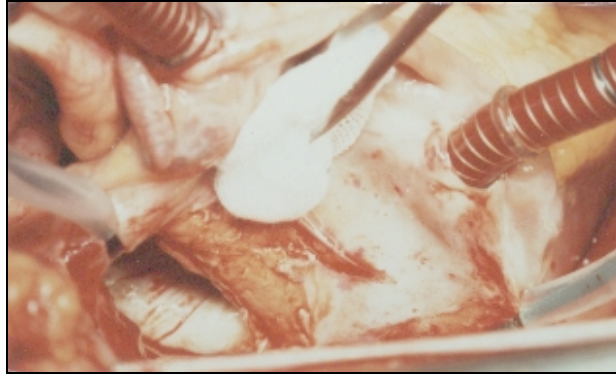


Abb. 2: Photo vom linksatrialen Zugang. Der linke Vorhof ist eröffnet.

Der linksatriale Zugangsweg wird bevorzugt gewählt bei noch bestehendem Sinusrhythmus, bei isoliertem Mitralklappeneingriff und bei einem ausreichend großen linken Vorhof.

### **Transseptaler Zugang**

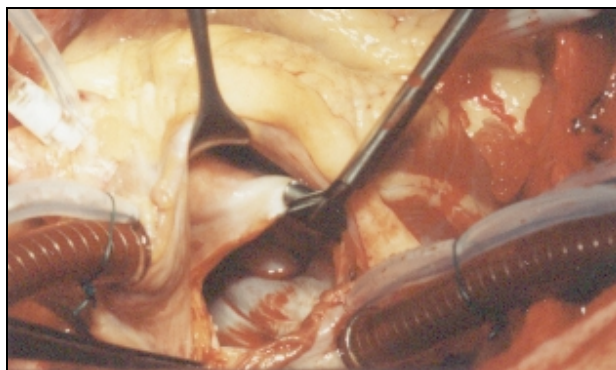


Abb. 3: Photo vom transseptalen Zugang. Der rechte und der linke Vorhof sind eröffnet.

Der transseptale Zugang erfolgt, wenn in der operativen Sitzung ein Trikuspidalklappeneingriff geplant ist.

Da bei diesen Patienten häufig ein chronisches Vorhofflimmern besteht, muß man den Verlust des Sinusrhythmus nicht zu sehr fürchten. Es besteht hierbei ein höheres Risiko für eine AV-Blockbildung im Vergleich zu dem linksatrialen Zugang. In Ausnahmefällen kann ebenfalls ein kleines linkes Atrium den transseptalen Zugang sinnvoller erscheinen lassen.

## 1.3.2 Klappenersatz

### 1.3.2.1 Prothesen

Es sind drei verschiedene Prothesentypen zum Mitralklappenersatz erhältlich.

#### Kippscheibenprothese



Abb. 4: Skizze der geöffneten Kippscheibenprothese

Ein großer Fortschritt in der Klappenentwicklung war im Vergleich zur Kugelprothese die Entwicklung der Kippscheibenprothese (35). Diese Scheibe, mit ihrer konvexkonkaven Form, hat einen Öffnungswinkel von 60 Grad. Durch ihre hämodynamischen Vorteile und die geringere Traumatisierung des Blutes verursacht sie eine geringere Hämolyse als ihre Vorgänger. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Modelle: Lillehei-Kaster, Hall-Kaster, Medtronic-Hall und Björk-Shiley. Als Thrombembolieprophylaxe ist eine lebenslängliche Antikoagulation notwendig.

Am DHZB wird diese Monodisc-Prothese wegen der Blockadegefahr am Mitralsegel bei der Halteapparatkonservierenden Operationstechnik nicht eingesetzt.

#### Doppelflügelklappen

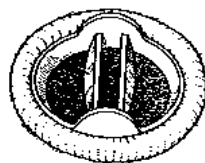


Abb. 5: Skizze einer geöffneten Doppelflügelklappe

Sie wird seit 1977 implantiert. Ihre zwei sich senkrecht stellenden Flügel erlauben eine nahezu laminare Strömung mit geringen Turbulenzen (35). Hierdurch kommt es zu einem geringen Strömungswiderstand. Die Doppelflügelklappen -Typ Carbomedics und Typ St. Jude-Medical- können außerdem nach der Implantation um ihre eigene Achse gedreht werden. Es ist somit

möglich, den Mitralhalteapparat im Ventrikel zu belassen und die Klappe mit ihren Flügeln so einzustellen, daß es nicht zu einer gegenseitigen Behinderung kommt. Die Klappe St. Jude-Medical hat gegenüber der Carbomedics-Klappe den Vorteil, daß sie durch eine spezielle Aufhängetechnik der prothetischen Klappensegel im prothetischen Anulus nicht so weit über den Mitralanulus hinausragt. Dieses kann bei der Implantation in Mitralposition bei Erhalt des Klappenapparates von Vorteil sein. Als Thrombembolieprophylaxe muß eine lebenslängliche Antikoagulation erfolgen.

## Bioprothesen



Abb. 6: Skizze einer Bioprothese

Die heute verfügbaren Bioprothesen werden entweder aus Aortenklappen von Schweinen oder aus dem Perikard von Rindern hergestellt. Die zuerst genannten (Typ Hancock) werden von speziell gezüchteten Schweinen seit 1968 gewonnen. Sie werden aus frisch geschlachteten Schweinen entnommen, präpariert und von freien Zellen und löslichen Proteinen befreit. Anschließend erfolgt eine Stabilisierung in 0,2%igem Glutaraldehyd, welches ebenfalls in der Lage ist, die antigenen Eigenschaften zu unterdrücken. Die Taschenklappen werden anschließend auf einen Stellitring mit drei flexiblen Streben aus Polypropylen, die mit Dacrongewebe überzogen sind, montiert (35). Die Perikardklappen (Typ Medtronic, Typ Baxter, Typ Mitroflow) werden von 6 - 18 Monate alten Tieren gewonnen, zugeschnitten, für mehrere Stunden in eine sterile Hankslösung eingelegt, anschließend gespült und für 2 Wochen in 0,5%ig gepufferter Glutaraldehydlösung fixiert. Die Perikardklappen (Typ Mitroflow) haben den Vorteil, daß sie auf einen besonders kleinen Nahtring aus Titanium genäht werden, der den Durchmesser des nativen Klappenanulus wenig einschränkt.

Die biologischen Klappen haben aufgrund ihres nahezu physiologischen Aufbaus nur geringe hämodynamische Nachteile. Eine lebenslängliche Thrombembolieprophylaxe ist nicht notwendig. Die Klappen können allerdings degenerieren, so daß dann ein erneuter Klappenersatz unter Umständen notwendig werden kann.

Am Deutschen Herzzentrum Berlin werden nur die Doppelflügelklappen und die Bioprothesen in Mitralposition eingesetzt, da diese durch den verbliebenen Halteapparat beim Klappenschluß nicht behindert werden.

### **1.3.2.2 Techniken des Klappenersatzes**

#### **1.3.2.2.1 Mit Resektion des posterioren und anterioren Mitralsegels**

Als erstes bekanntes Verfahren wurde der Mitralklappenersatz unter Resektion beider Mitralsegels mit ihren Chordae durchgeführt. Diese Methode war bis 1983 relativ weit verbreitet. Die klinischen Ergebnisse waren nicht zufriedenstellend. Die frühpostoperative Mortalität betrug zwischen 7 und 15% (25).

Heute ist ein solches Verfahren nur noch in seltenen Ausnahmesituationen nötig, zum Beispiel wenn beide Segel wegen endokarditischer Vegetationen reseziert werden müssen.

#### **1.3.2.2.2 Unter Erhalt des posterioren Mitralsegels**



Abb.7: Schema mit erhaltenem posterioren Halteapparat

Die Kontinuität der Ventrikelwände, Papillarmuskeln, Chorden, des Mitralsegels und des Anulus wurde als ein wesentlicher Faktor für die linksventrikuläre Funktion erkannt. So wurde durch Lillehei (34) erstmalig im Jahre 1964 auf die Möglichkeit des Erhaltes des posterioren Segels hingewiesen. Diese Technik wurde von Hetzer 1981 mit der Entwicklung neuer Herzklappen wiedereingeführt (25).



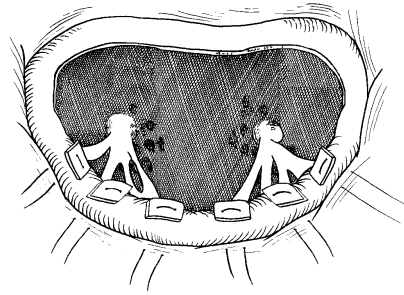


Abb. 8: Erhalt des post. Segels

Bei dieser Technik wird das vordere Segel 5 mm entfernt vom Anulus mit den Chorden komplett reseziert. Im Falle von Verkalkungen können diese von dem hinteren Segel abgetragen werden, bei einer Stenose erfolgt eine Kommissurotomie. Das hintere Segel wird erhalten und in den Anulusring eingenäht.

#### 1.3.2.2.3 Unter Erhalt des anterioren und posterioren Mitralsegels

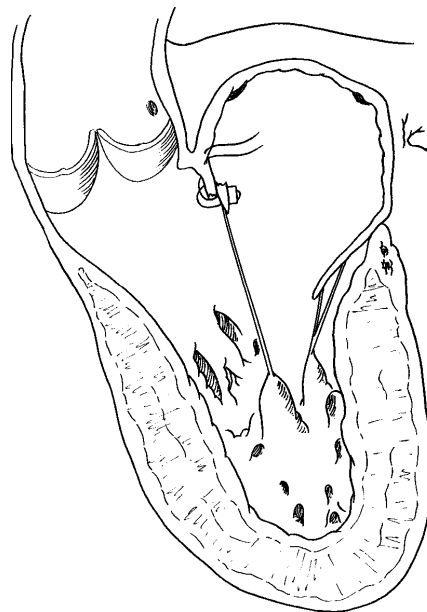


Abb. 9: Schema mit Erhalt des kompletten

Die klinisch besseren Ergebnisse der Mitralklappenrekonstruktion im Vergleich zum Mitralklappenersatz mit alleinigem Erhalt des posterioren Halteapparates wiesen auf die wesentliche Bedeutung des anterioren Halteapparates hin (34). Erste Schritte zum Erhalt des kompletten Halteapparates wurden im Jahre 1988 unternommen.

**a) Technik (I) nach Miki:**

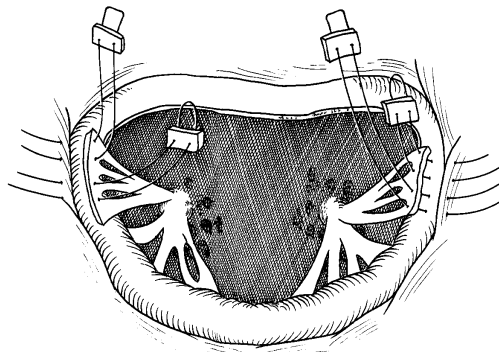


Abb. 10: Technik nach Miki

Bei diesem Operationsverfahren (36) wird nicht nur das posteriore Segel erhalten, wie von Lillehei und Hetzer gezeigt, sondern auch Anteile des anterioren Segels. Der zentrale Teil dieses Segels wird reseziert und die verbleibenden Anteile mit den kräftigen Chorden an den äußeren Dritteln der Segel („strut“-Chorden) werden im Bereich der Trigonon fixiert.

Auf eine nicht zu hohe Spannung der „strut“-Chorden ist zu achten. Dieses kann die diastolische Füllung behindern und sekundär zu einer Ruptur der überstreckten Chorden führen. Als Vorteile dieser Technik sind zu erwähnen, daß es weder zu subaortalen Ausflußtraktverlegungen noch zu Behinderungen des Klappenschlusses durch Segelreste („Impingement“), die unter dem Prothesenring in die Klappe hineinreichen können, kommt (26).

**b) Technik (II) nach Feikes:**

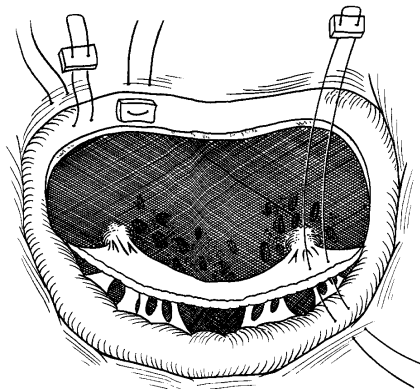


Abb. 11: Technik nach Feikes

Feikes (17) stellte im Jahre 1990 eine Technik vor, bei der der zentrale Anteil des anterioren Segels reseziert wird. Der verbliebene Rest bleibt ungeteilt und wird in den posterioren Anulus eingenaht. Technische Probleme wie Ausflußtraktverlegungen und „Impingements“ treten nicht auf (26).

**c) Technik (III) nach Straub und Rose:**

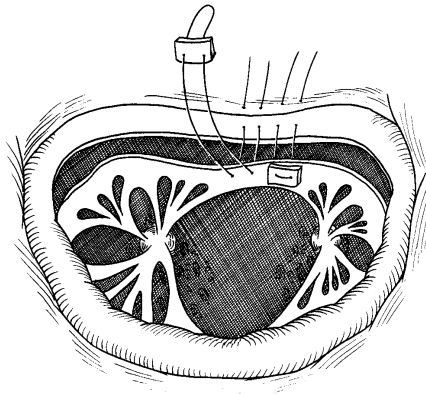


Abb. 12: Technik nach Straub u. Rose

Das vordere Mitralsegel wird hierbei, im Gegensatz zu der Technik nach Feikes, in den vorderen Mitralanulus eingenäht. Dieses führt zu einer physiologischen Anordnung der Chorden. Diese Operationstechnik wurde von Straub (57) und Rose (46) im Jahre 1994 vorgestellt. Die Indikation besteht bei normal großen Mitralklappen.

**d) Technik (IV) nach Hetzer:**

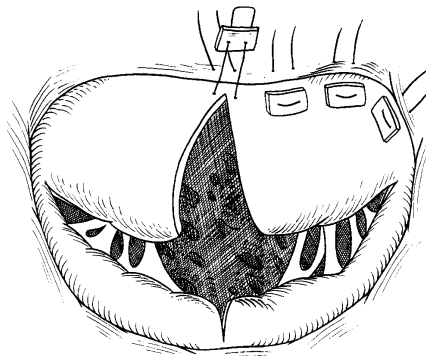


Abb. 13: Technik nach Hetzer I

Bei diesem Verfahren, welches von Hetzer seit 1991 durchgeführt wird, dessen Hauptindikation durch rheumatisch veränderte Klappen gestellt ist, wird eine Kommissurotomie und eine radiäre Inzision beider Segel von der Mitte bis zum Anulus durchgeführt. Beide Segel verbleiben in situ. Die Klappennähte werden wie üblich in den Anulusring gelegt. Ist das verbliebene vordere Segel sehr groß, besteht die potentielle Gefahr einer Ausflußtraktverlegung (26).

**d) Technik (V) nach Hetzer:**

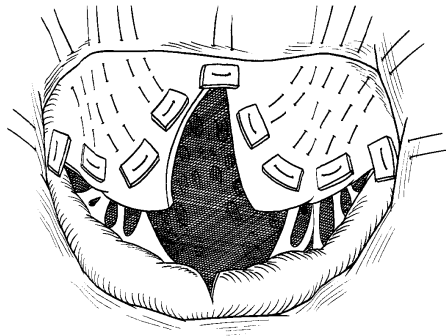


Abb. 14: Technik nach Hetzer II

Um einer eventuellen Verlegung des Ausflußtraktes vorzubeugen, wurde diese Technik von Hetzer 1994 entwickelt. Der wesentliche Unterschied besteht in einer Raffung des anterioren Segels. Die Hauptindikation besteht bei großen insuffizienten Klappen wie bei dem „floppy-valve“-Syndrom (26).

### 1.3.3 Klappenrekonstruktion

#### 1.3.3.1 Rekonstruktionsverfahren

##### 1.3.3.1.1 Mitralklappenstenose

#### Kommissurotomie und Papillarmuskelspaltung:



Abb. 15: Kommissurotomie

Bei der rheumatischen Mitralklappenstenose kommt es zur Verklebung der Kommissuren und in verschiedenem Ausmaß auch des Chordenapparates. Deshalb ist in bestimmten Fällen neben der Kommissurotomie auch die Spaltung der jeweiligen Papillarmuskeln erforderlich. Die Segelbeweglichkeit wird somit wiederhergestellt und die Öffnungsfläche vergrößert (28).

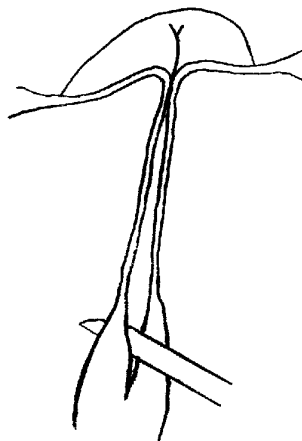


Abb. 16: Papillarmuskelspaltung

Diese Verfahren müssen gegebenenfalls mit einer Segel- und Chordenenkalkung kombiniert werden.

### 1.3.3.1.2 Mitralklappeninsuffizienz

#### 1.3.3.1.2.1 Klappenrekonstruktion ohne Implantate

Die Mitralklappenrekonstruktion eignet sich vorwiegend zur Korrektur einer Mitralklappeninsuffizienz, die verursacht wurde durch eine Dilatation des Anulus, durch eine Segelschrumpfung (z.B.: post rheumatisch), durch einen Klappenprolaps oder durch eine Ruptur von Chorden oder Papillarmuskeln (z.B.: ischämisch (24)).

##### 1.3.3.1.2.1.1 Segelplastiken

#### Gerbode-Plastik

Diese Technik findet beim Chordenabriss an der mittleren Muschel des posterioren Mitralsegels Anwendung.



Abb. 17: Gerbode-Plastik mit vorgelegter Naht im Bereich des posterioren Segels

Bei der Gerbode-Plastik wird der Anteil des posterioren Mitralsegels mit den abgerissenen Chorden durch eine Naht ventrikulwärts eingestülpt (plikiert). Daraus resultiert, daß am freien Rand des posterioren Mitralsegels durchgehend intakte Chorden inserieren. Die Hauptspannung liegt dabei an der Naht, die den Anulus um die ausgeschaltete Segelbreite rafft. Um einen Teil der Spannung aufzunehmen, verlängert man die Nahtreihe in den Vorhof hinein (28).

### 1.3.3.1.2.1.2 Kommissuroplastik



Abb. 18: Kommissuroplastik

Diese Technik wird bei einem Chordenabriß kommissurnah am anterioren und am posterioren Mitralsegel durchgeführt. Es erfolgt hierbei ein partieller Nahtverschluß einer Kommissur. Das anteriore Segel ist meistens primär betroffen und wird somit am stärksten fixiert. Da diese Methode im allgemeinen zu einer Segelverziehung an der gegenüberliegenden Kommissur führt, ist additiv praktisch immer eine Ringraffung des gegenüberliegenden posterioren Anulus erforderlich (28).

### 1.3.3.1.2.1.3 Ringplastik

Paneth-Plastik

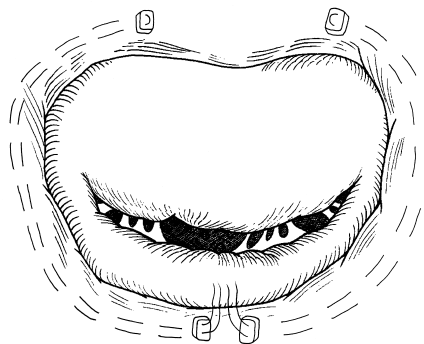


Abb. 19: Paneth-Plastik

Die Paneth-Plastik wird beim dilatierten Mitralanulus bei gleichzeitig intakten Segeln angewandt. Der gesamte posteriore Anulus wird dabei von beiden Seiten aus kontinuierlich bis zur Mitte gerafft. Dadurch wird eine Koaptationsfläche für das anteriore Segel geschaffen (28, 53, 54).

## Kay-Wooler-Plastik

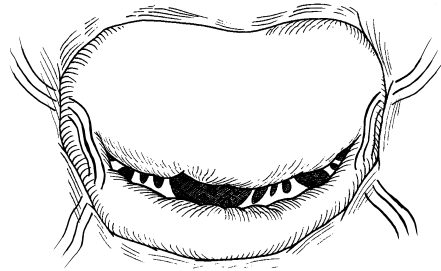


Abb. 20: Kay-Wooler-Plastik

Eine Variation hiervon stellt die Kay-Wooler-Plastik dar. Diese sogenannte Anuloraphie nach Kay ist ein Operationsverfahren, bei dem der posteriore Anulus in seinen kommissurnahen Anteilen gerafft wird (28, 32, 59).



### **1.3.3.1.2.2 Klappenrekonstruktion unter Verwendung von Implantaten**

Eine weitere Möglichkeit eine Mitralklappeninsuffizienz zu beheben, besteht in der Implantation eines Ringes, wie Duran ihn 1975 entwickelte (12). Hierbei handelt es sich um einen flexiblen Ring im Gegensatz zu dem von Carpentier (5, 33) entwickelten starren Exemplar. Der flexible Ring soll der Klappe ermöglichen, sich in ihrer natürlichen Form um den linksventrikulären Ausflußtrakt zu legen, ohne ihn zu obstruieren. Diese Ringe werden mit U-förmigen Nähten auf den Anulus aufgebracht (28). Durch die Raffung und Remodelierung vor allem des posterioren Anulus soll so die Koaptation beider Segel wiederhergestellt werden. Diese Techniken der Klappenrekonstruktion werden weltweit am häufigsten durchgeführt.

### **1.3.4 intraoperative Klappentestung**

Es gibt im wesentlichen zwei Verfahren zur Beurteilung einer korrekt rekonstruierten Herzklappe:

Bei der Klappentestung am kardioplegierten Herzen wird NaCl 0.9% transvalvulär in den Ventrikel injiziert und so der korrekte Klappenschluß beurteilt (27). Wenn hierbei schon eine Insuffizienz sichtbar wird, so ist eine Korrektur der Rekonstruktion oder ein Ersatz der Klappe unumgänglich.

Ein anderes Verfahren zur Klappentestung stellt die transösophagiale Echokardiographie dar. Hierbei wird am schlagenden Herzen, unter Belastung, die Echsonde transösophagial in Höhe des linken Ventrikels plziert. Diese Technik erfolgt nach erfolgreicher transvalvulärer Testung unmittelbar nach der Reperfusionsphase an der Herz-Lungen-Maschine. Mit diesem Verfahren wird der Erfolg der Rekonstruktion abschließend gesichert.

## 1.4 Echokardiographie

### 1.4.1 Einleitung

Die ersten Ultraschalluntersuchungen erfolgten während des Ersten Weltkrieges. Damals wurden U-Boote mit Hilfe des Echolotes lokalisiert, um sie anschließend gezielt zu zerstören. Nach dem Krieg führte Firestone Ultraschalluntersuchungen zur Materialtestung durch (18). Einer seiner Mitarbeiter war der Student Hertz. Im Jahr 1953 war Edler der Leiter der kardiologischen Abteilung des Universitätskrankenhauses von Lund in Schweden (14). Die Untersuchungsmöglichkeiten von Mitralvitien und die Indikationsstellung zur operativen Versorgung beschränkten sich damals auf die Herzkatheterisierung. Da diese Untersuchung nicht nur relativ invasiv war, sondern auch unpräzise Daten ergab, wurde das Treffen von Edler und Hertz der Beginn einer wissenschaftlichen Zusammenarbeit. Edler schilderte Hertz das Problem, woraufhin dieser unverzüglich nach Malmö reiste, um sich den Schallkopf von dem Reflectoscope, welches zur Materialtestung genutzt wurde, auf seine eigene Brust zu halten. Es lieferte zu seiner freudigen Überraschung wellenförmige Linien auf dem Bildschirm, welche den sich kontrahierenden Herzwänden entsprachen. Im Oktober 1953 wurde ein Ultraschallgerät von der Firma Siemens als Leihgabe an Edler und Hertz für wissenschaftliche Zwecke zur Verfügung gestellt.

Im Jahre 1961 erfolgte die erste Publikation über die Diagnose der Mitralstenose mit Hilfe des Ultraschalls (13). Schmitt, Braun und Kinner publizierten 1967 eine Studie über 760 echokardiographische Untersuchungen, wobei es gelang, bei 376 Patienten einen Mitralklappenfehler zu diagnostizieren (51). Feigenbaum präsentierte 1965 eine Arbeit zur Diagnostik des Perikardergusses (16) und 1966 eine Übersichtsarbeit, die auf die technischen Möglichkeiten der Ultraschalluntersuchungen nicht nur des Herzens, sondern auch der Inneren Organe und der Augen einging (15). Gramiak führte 1969 bei 32 Patienten die ersten echokardiographischen Kontrastmitteluntersuchungen zur Diagnose hypertropher obstruktiver Kardiomyopathien, intrakardialer Shunts und Aortenklappenfehlern durch (21).

In der heutigen Zeit werden echokardiographische Geräte benutzt, die nicht nur zweidimensionale Bilder des Herzens liefern, sondern auch eine Farb-Doppler-Funktion besitzen. Es wird damit ermöglicht, Wand- und Klappensegelbewegungen, sowie Flüsse und Drücke zu erfassen.

Es steht somit ein diagnostisches Mittel zur Verfügung, welches im Unterschied zur Herzkatheteruntersuchung strahlungsfrei und beliebig oft wiederholbar ist, sowie von allen Seiten, unter Bewegung und problemlos auch intraoperativ durchgeführt werden kann.

### 1.4.2 Untersuchungsgerät

Als Ultraschallgerät diente der Typ "Aloka 870", der mit einem elektronischen 3,5 MHz Schallkopf für die transthorakale und mit einem elektronischen 5,0 MHz Meßkopf für die transösophageale Untersuchung ausgestattet war. Die Messungen wurden auf Video und Thermopapier aufgezeichnet. Simultan hierzu wurde ein Elektrokardiogramm geschrieben.

### 1.4.3 Untersuchungsverfahren

Die in dieser Studie ausgewerteten echokardiographischen Untersuchungen erfolgten prä- und postoperativ. Die postoperative Untersuchung fand circa zwei Jahre nach erfolgter Operation statt.

Bei der Untersuchung wurden Bilder des Herzens in Systole und in Diastole angefertigt, anhand welcher Messungen vorgenommen werden konnten. Es wurden Durchschnittswerte von drei Messungen gebildet. Alle Messungen erfolgten durch einen Untersucher. Eine subjektive Meßungenauigkeit sollte somit vermieden werden.

Gemessen wurden:

- die Größe der Ventrikel und Vorhöfe,
- die Ejektionsfraktion,
- die Flußgeschwindigkeiten,
- die Dicke der Papillarmuskeln und
- die Herzwanddicke.

Hiermit sollte festgestellt werden, ob sich durch die angewandten Operationstechniken die Hämodynamik des Herzens verändert hat.

Es gibt zwei echokardiographische Verfahren:

Die erste Technik wird *transthorakal* durchgeführt. Der Vorteil besteht darin, daß sie jederzeit durchführbar und ohne jede Belastung für den Patienten ist. Die wechselnden Schallbedingungen bedingt durch die Größe der Mammae sowie durch die knöchernen Thoraxform und die eingeschränkte Aussagekraft bei einer bestimmten Fragestellung, schränken diese Untersuchungstechnik ein (6).

Die *transösophageale* Echokardiographie bietet keine knöchernen Interferenzen; die Messung ist somit präziser und die individuellen Meßergebnisse sind vergleichbarer. Nachteilig ist die Gefahr einer Aspirationspneumonie und die psychische Belastung mit reflektorischem Blutdruckanstieg.

### 1.4.3.1 Transthorakale Echokardiographie

In der transthorakalen Echokardiographie wird einerseits links parasternal im vierten und fünften Interkostalraum die Breite des Herzens, auch „kurze Herzachse“ genannt, andererseits unterhalb der neunten Rippe entlang der vorderen Axillarlinie links die Länge des Herzens, auch „lange Herzachse“ genannt, dargestellt.

#### 1.4.3.1.1 Kurze Herzachse

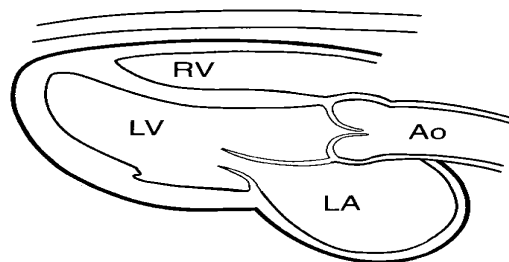


Abb. 21: Kurze Herzachse

Eine solche zweidimensionale Darstellung wird in der Echokardiographie als „parasternale Längsachse“ bezeichnet. Hierbei wird es möglich, in der kurzen Herzachse die Breite der Herzkammern und -wände zu vermessen.

Die Vermessung erfolgt im M-Mode. Dieser Modus gibt eine eindimensionale Darstellung des Herzens wieder, das heißt, daß die Kontraktionsabläufe nur entlang einer festgelegten Linie aufgezeichnet werden. Entlang dieser werden anschließend die Messungen vorgenommen.

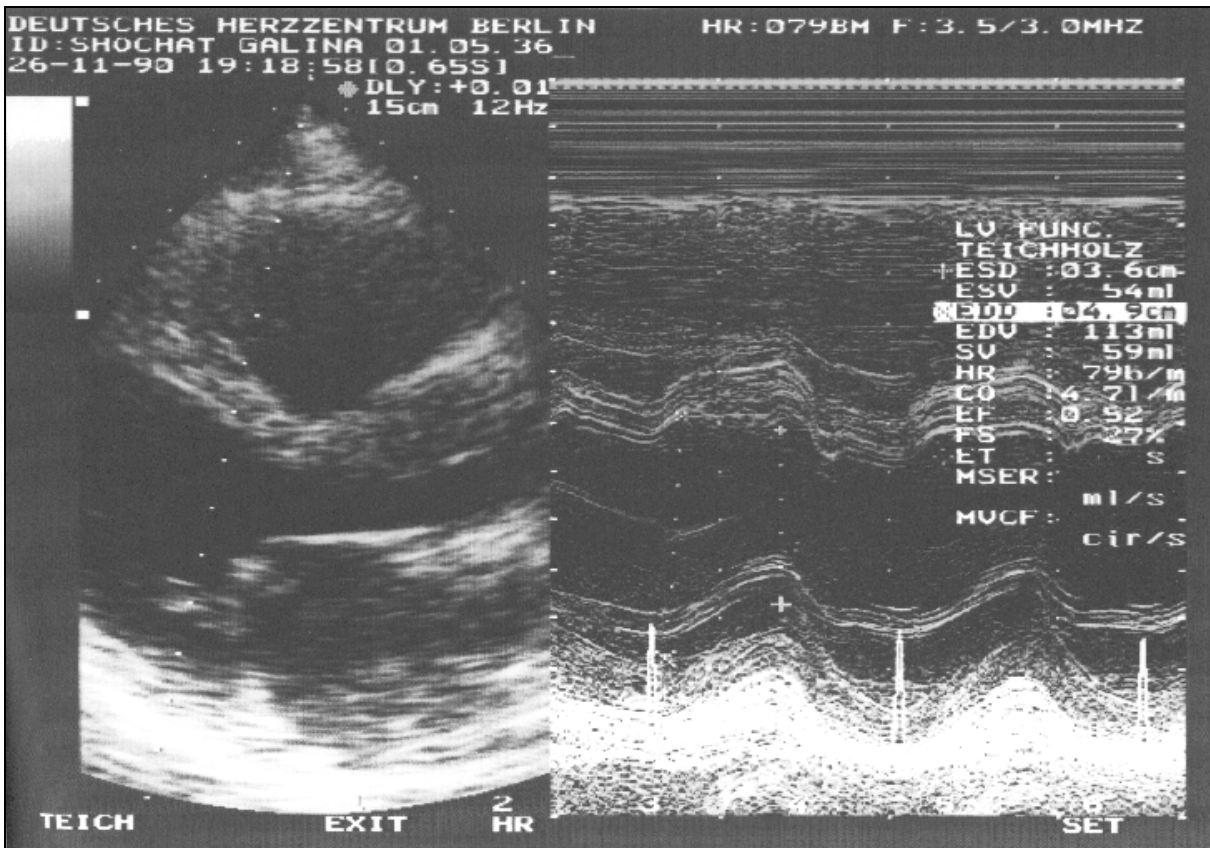


Abb. 22: Photo (zweidimensionales Bild)    Abb. 23: Photo (eindimensionales Bild)

Legende: *Abbildung 22* zeigt das zweidimensionale Bild durch die kurze Herzachse. Links ist der linke Ventrikel, rechts unten der linke Vorhof zu erkennen. Dazwischen befinden sich die zwei Segel der Mitralklappe. Rechts in der Mitte sieht man die Aorta und oben, ebenfalls in der Mitte, den rechten Ventrikel. *Abbildung 23* stellt einen eindimensionalen Schnitt der *Abbildung 22* entlang der punktierten Linie dar: Bewegungsabläufe wurden beobachtet und Messungen vorgenommen. Die Breite des linken Ventrikels in der Diastole (EDD: Enddiastolischer Diameter) beträgt in diesem Beispiel 4,9 Zentimeter.

Die Meßergebnisse der Größenausdehnung werden in Zentimeter angegeben. Jede dieser Messungen erfolgt sowohl in Diastole als auch in Systole. Mit diesen Werten kann das Ultraschallgerät die Ejektionsfraktion und das Fractional shortening errechnen. Es werden alle Herzstrukturen, die in dieser Achse erkennbar sind, vermessen. Hierzu gehören nicht nur der linke und der rechte Ventrikel, sondern auch die Herzhinterwand und das Septum.

Wichtige Zeitabläufe:

Weiterhin werden in der M-Mode Echokardiographie zeitliche Abläufe der Herzaktion untersucht. Dazu sind die Zeitpunkte wie folgt definiert:

T-Punkt:

Dies ist ein Zeitpunkt, bei dem der Abstand zwischen Herzspitze und Herzbasis minimal ist. Er entspricht also der *maximalen Systole*.

E-Punkt:

Hierbei handelt es sich um den Zeitpunkt, bei dem die *diastolische Formveränderung* des linken Ventrikels von der *aktiven* zur *passiven Relaxation* übergeht.

Q-Punkt:

Der Punkt Q entspricht der *Spitze der Q-Welle* vom Elektrokardiogramm, das simultan mitaufgezeichnet wird. Er entspricht dem Beginn der Erregungsausbreitung im Ventrikel.

Mitralöffnung:

Zu diesem Zeitpunkt beginnt sich die Mitralklappe zu öffnen.

Anhand dieser vier Zeitpunkte ist es möglich, die folgenden Zeitabläufe zu messen:

- T bis E
- T bis Mitral-Öffnung
- q bis Mitralöffnung
- q bis T
- q bis TE
- q bis Anfang der Systole

*Es wurden außerdem der linksventrikuläre enddiastolische Diameter (LVEDD), der linksventrikuläre endsystolische Diameter (LVESD) sowie die Größe des rechten Ventrikels ermittelt.*

### 1.4.3.1.2 Lange Herzachse

Um Veränderungen der Hämodynamik nicht nur in der Herzbreite, sondern auch in der Herzlänge zu erfassen, wird diese zweite „lange Herzachse“ echokardiographisch dargestellt. Der Schallkopf wird hierzu unterhalb der neunten Rippe links entlang der vorderen Axillarlinie gehalten. Hierdurch erhält man den sogenannten „Vierkammerblick“.

Es werden hier die Länge des linken Ventrikels, welche als der Abstand vom Ansatz des posterioren Mitralsegels bis zur Herzspitze definiert ist, die Länge des rechten Ventrikels und des linken Vorhofs gemessen.

Äquivalent zur kurzen Achse werden auch in dieser Ebene Parameter der Zeitabläufe erfaßt. Die definierten Zeitpunkte entsprechen den zuvor genannten.

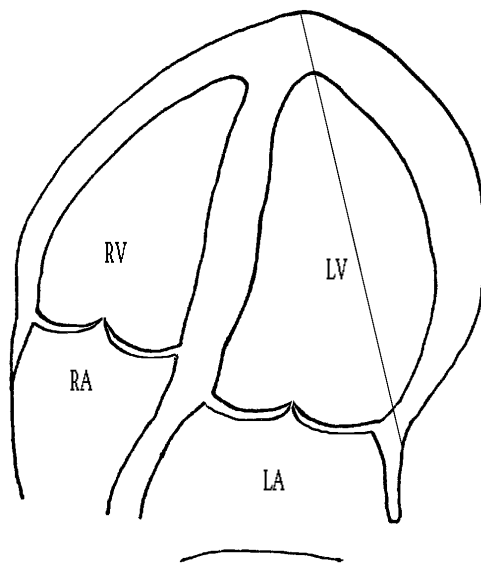


Abb. 24: Lange Herzachse mit Meßlinie vom Apex bis zur Mitralklappenbasis.

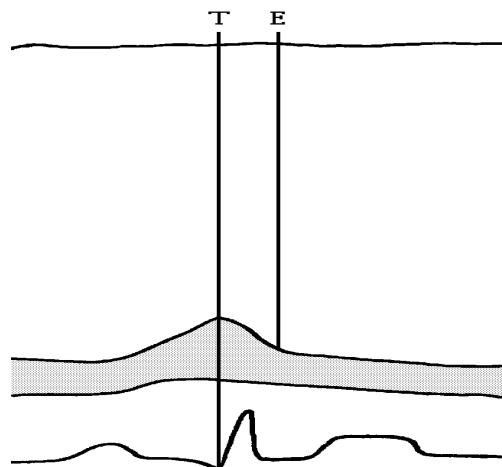


Abb. 25: M-Mode der gelegten Meßlinie



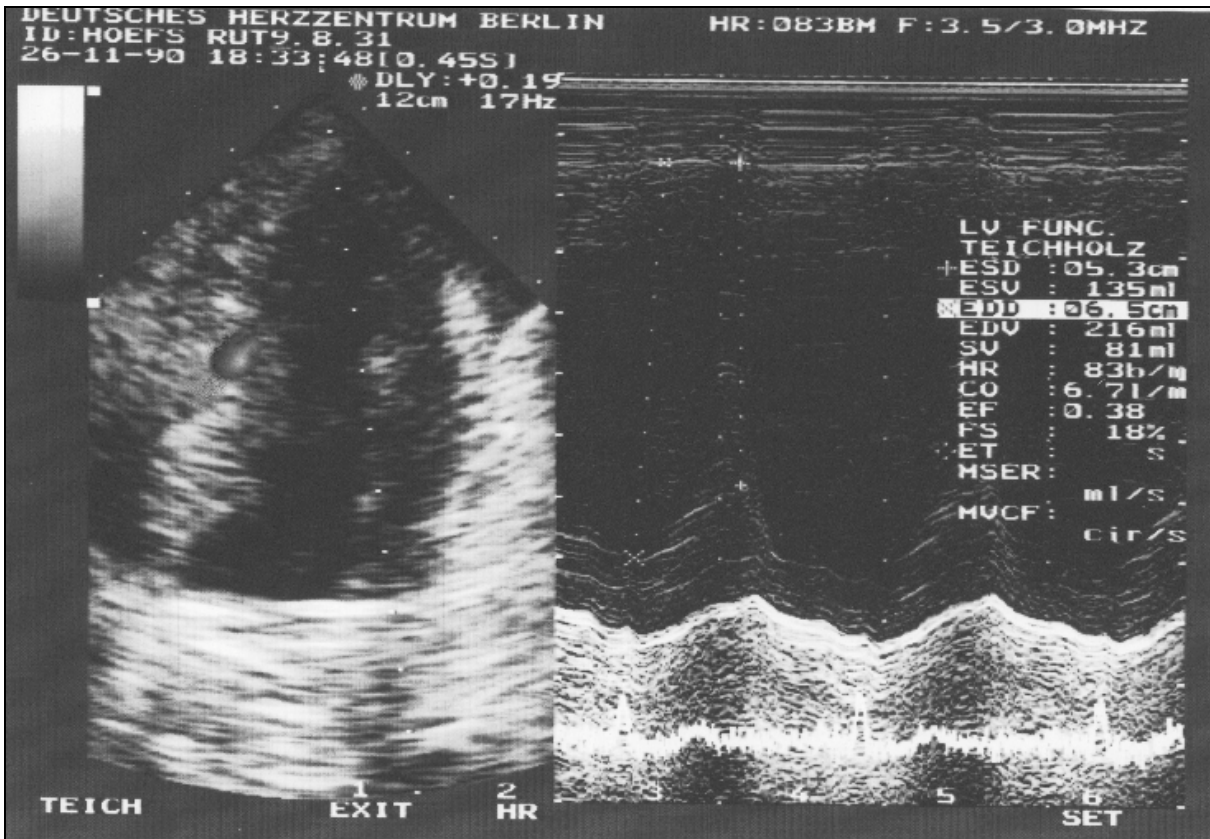


Abb. 26: Photo: Zu erkennen ist ein zweidimensionales Bild der langen Achse. Die Messungen werden im M-Mode ausgeführt und die Werte in Zentimeter angegeben. In diesem Beispiel hat der linke Ventrikel in der Diastole (EDD: Enddiastolischer Diameter) eine Länge von 6,5 Zentimeter.

Die Daten der kurzen und der langen Achse, die zwei Ebenen entsprechen, geben dadurch einen dreidimensionalen Eindruck zur Beurteilung der Hämodynamik des linken Ventrikels.

### 1.4.3.2 Transösophagiale Echokardiographie

Als zweite echokardiographische Untersuchung erfolgte die transösophagiale Sonographie. Hierbei wird in Linksseitenlage des Patienten und nach lokaler Sprühanästhesie des Rachens mit 10%iger Lidocainlösung der Ultraschallkopf circa 25 Zentimeter weit in den Ösophagus vorgeschoben.

Die Ultraschallsonde kann hierbei, bedingt durch die Nachbarschaft des Ösophagus zum Herzen, sehr herznahe plaziert werden. Es bestehen keine störenden Interferenzen durch Knochen oder Lunge. Diese Technik bietet außerdem den Vorteil, daß sie problemlos während der Operation durchführbar ist. Im Deutschen Herzzentrum Berlin, wie in anderen Herzzentren auch, dient sie somit zur intraoperativen Klappenuntersuchung.

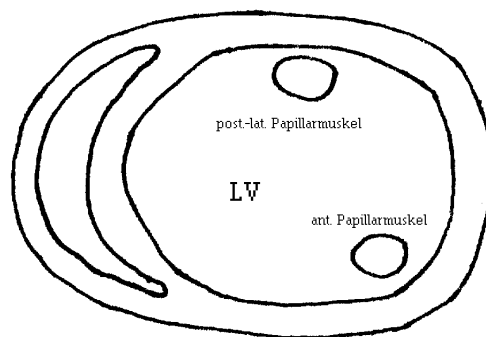


Abb. 27: Schema mit Sicht in der kurzen Achse vom rechten und vom linken Ventrikel

Bei dieser Technik erhält man eine Sicht in der kurzen Herzachse über den linken und den rechten Ventrikel sowie über die Papillarmuskeln der Mitralklappe.

Bei der tiefsten Position der Sonde (25 cm) können paradoxe Bewegungen des Septums erkannt werden; die Funktion des posterioren und des anterioren Papillarmuskels ist objektivierbar und in Systole und in Diastole im M-Mode abzumessen. Wenn der Schallkopf ein wenig weiter nach kranial gezogen wird, so wird die Mitralklappe darstellbar und der Erfolg einer Rekonstruktion oder die Funktionstüchtigkeit einer Prothese beurteilbar (19). Hierzu dient auch die Messung des Pulmonalvenenflusses. Für diese Untersuchung verbleibt die Sonde in der oberen Position und die Farb-Doppler-Funktion wird eingeschaltet (9).

### 1.4.3.2.1 Posteriorer Papillarmuskel

Der Papillarmuskel befindet sich in Schallkopfnahe. Die Vermessung erfolgt in Systole und in Diastole im M-Mode. Aus diesen Werten wird das „Fractional shortening“ errechnet.

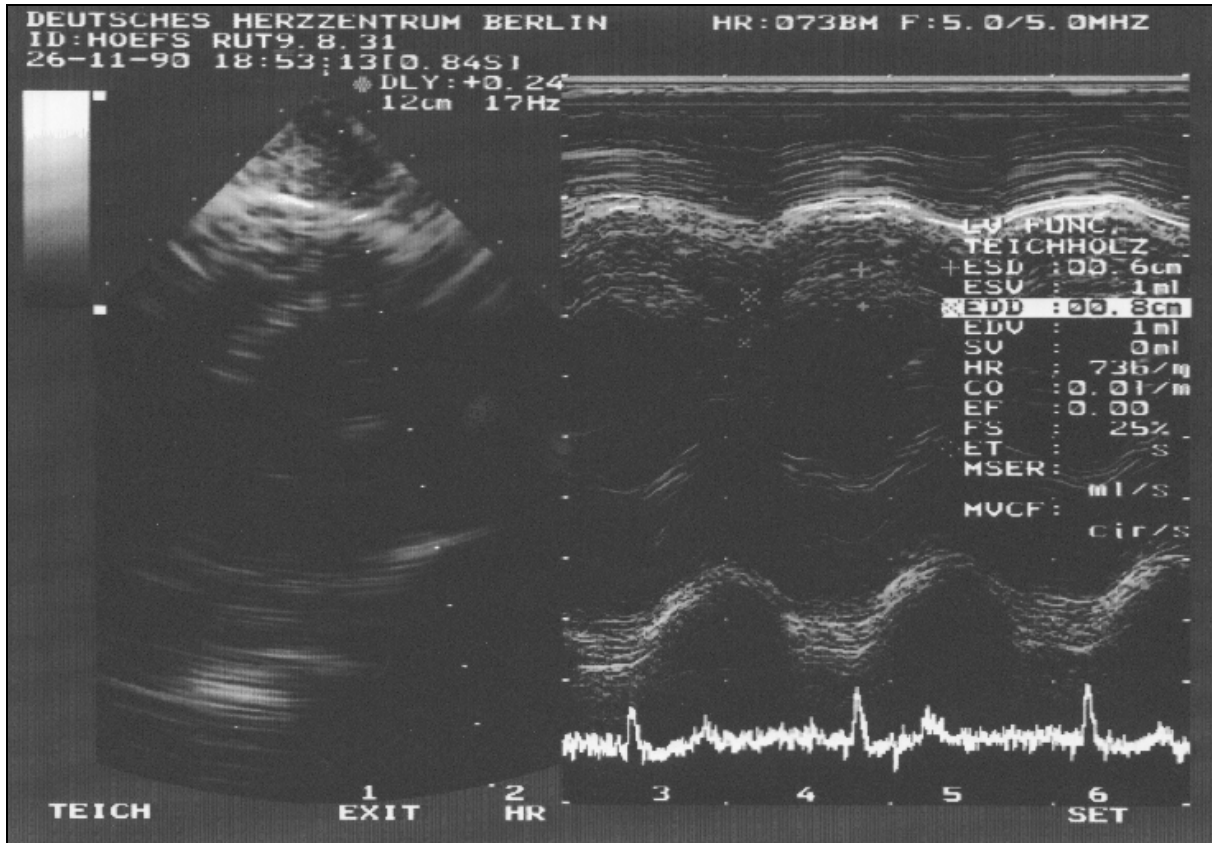


Abb. 28: Photo von einer zweidimensionalen Darstellung des linken Ventrikels. Im M-Mode wird der posteriore Papillarmuskel vermessen. Seine endsystolische Dicke beträgt in diesem Beispiel 0,6 und seine enddiastolische Dicke beträgt 0,8 Zentimeter.

### 1.4.3.2.2 Anteriorer Papillarmuskel

Die Messungen vom anterioren Papillarmuskel entsprechen denen des posterioren. Auf dem Monitorbild ist er im distalen Anteil des linken Ventrikels erkennbar.

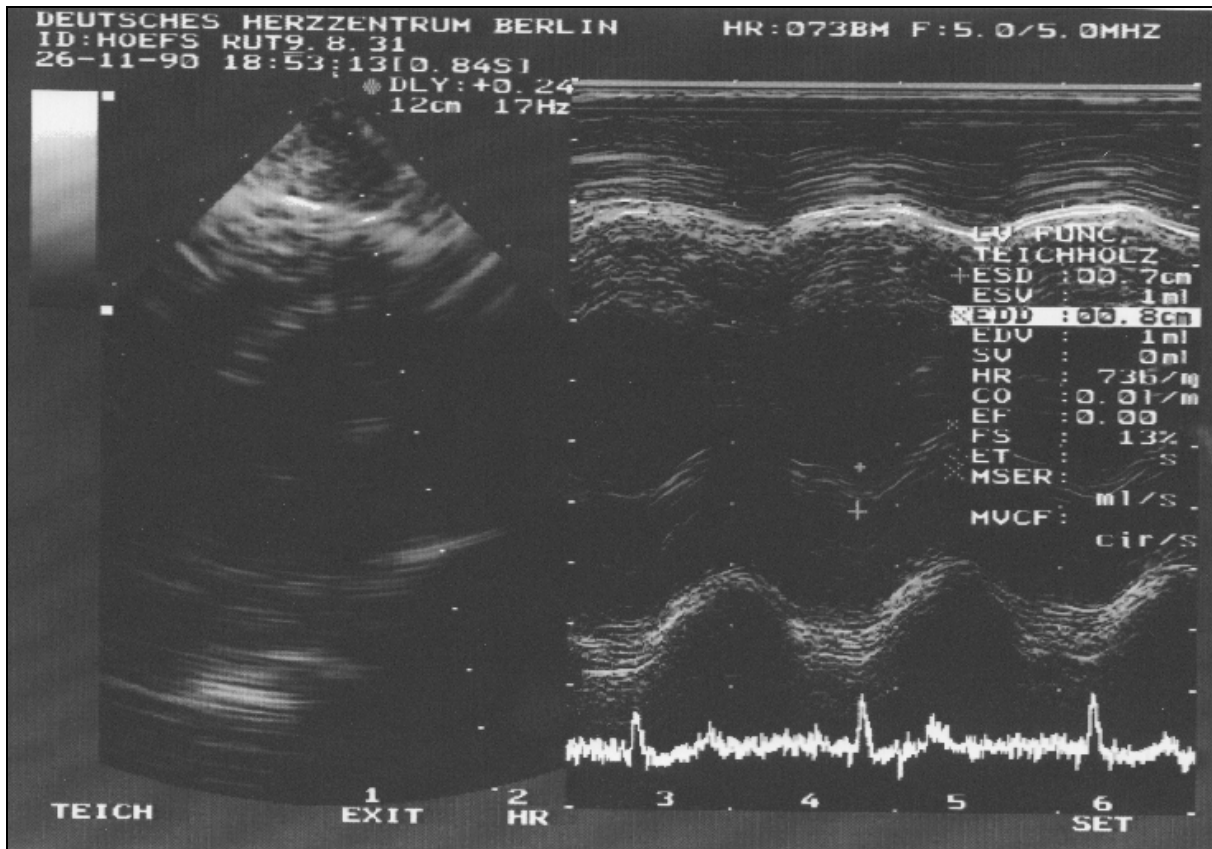


Abb. 29: Photo von einer zweidimensionalen Darstellung des linken Ventrikels. Im M-Mode wird in diesem Beispiel der anteriore Papillarmuskel vermessen. Seine endsystolische Dicke beträgt 0,7 und seine enddiastolische Dicke beträgt 0,8 Zentimeter.

### 1.4.3.3 Doppler

Die Doppler-Sonographie dient der Messung von Flußgeschwindigkeiten.

Bei dieser Technik werden Schallwellen, die auf eine Flußwelle treffen, mit veränderter Frequenz zurückgeworfen. Diese Frequenzänderung wird vom Ultraschallgerät erfaßt und Flußrichtungen und Geschwindigkeiten werden errechnet. Die graphische Darstellung der Flußrichtung erfolgt auf dem Monitor farbig. Diese wird dann als Farbdopplersonographie bezeichnet (siehe unten). Anhand der gemessenen Flußgeschwindigkeit ist es möglich, auch den Druck, den eine Strömung durch eine Herzklappe verursacht, sowie den „Cardiac output“ zu berechnen.

Es wurden somit im Vierkammerblick die Flußbewegungen, -geschwindigkeiten, und -drücke an der Mitral- und an der Trikuspidalklappe untersucht.

Während der transösophagealen Untersuchung wurden ebenfalls die Flüsse in den Pulmonalvenen graphisch dargestellt und vermessen.

### 1.4.3.3.1 Transmitraler Fluß

Der im Vierkammerblick dargestellte und untersuchte Blutfluß durch die Mitralklappe kann in zwei Phasen gegliedert werden. Jede von ihnen wird mit einer eigenen Welle dargestellt.

E-Welle:

Die 'E-Welle' ist ein echokardiographisches Äquivalent der ersten Blutflußwelle durch die Mitralklappe. Die daraufhin gemessene Zeit, nämlich 'q-E', ist die Zeit von der ersten systolischen Erregung des Ventrikels aus dem EKG bis zur ersten Strömung durch die Klappe.

A-Welle:

Die 'A-Welle' ist das echokardiographische Äquivalent der zweiten Blutflußwelle durch die Mitralklappe. Die gemessene Zeit 'q-E' ist die Zeit von der ersten systolischen Erregung der Ventrikel aus dem EKG bis zur zweiten Strömungswelle durch die Klappe.

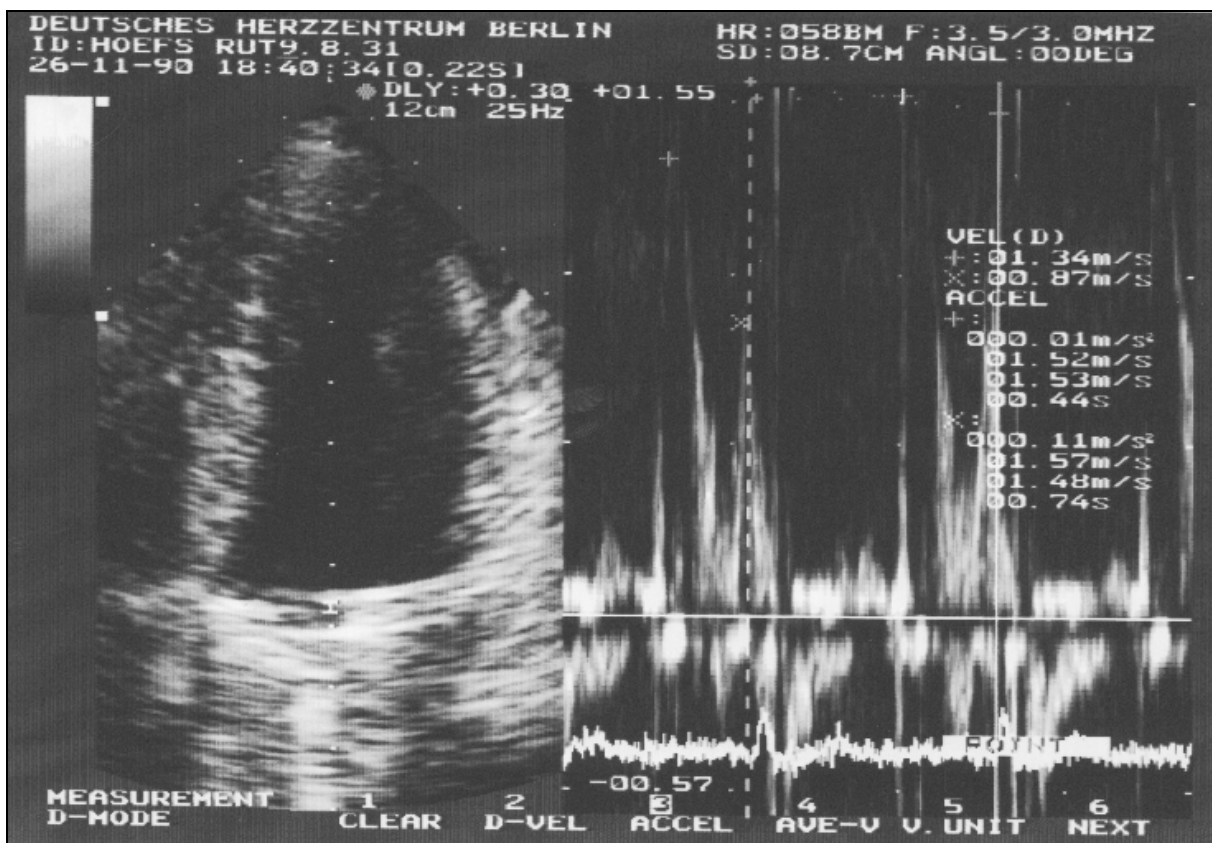


Abb. 30: Photo mit der zweidimensionalen Darstellung des linken Ventrikels. Der transmitrale Fluß mit der E- und der A-Welle wird vermessen.

### 1.4.3.2 Pulmonalvenenfluß

In der transösophagealen Untersuchung wird der Fluß in den Pulmonalvenen gemessen. Bei 80% der Patienten konnten drei Flußwellen beobachtet werden.

SE-Welle:

Diese Welle ist die erste Flußwelle, die durch die Pulmonalvenen strömt.

SL-Welle:

Dementsprechend ist die 'SL-Welle' die zweite Welle die durch die Pulmonalvenen fließt.

Z-Welle:

Manche Patienten haben noch eine dritte Flußwelle.

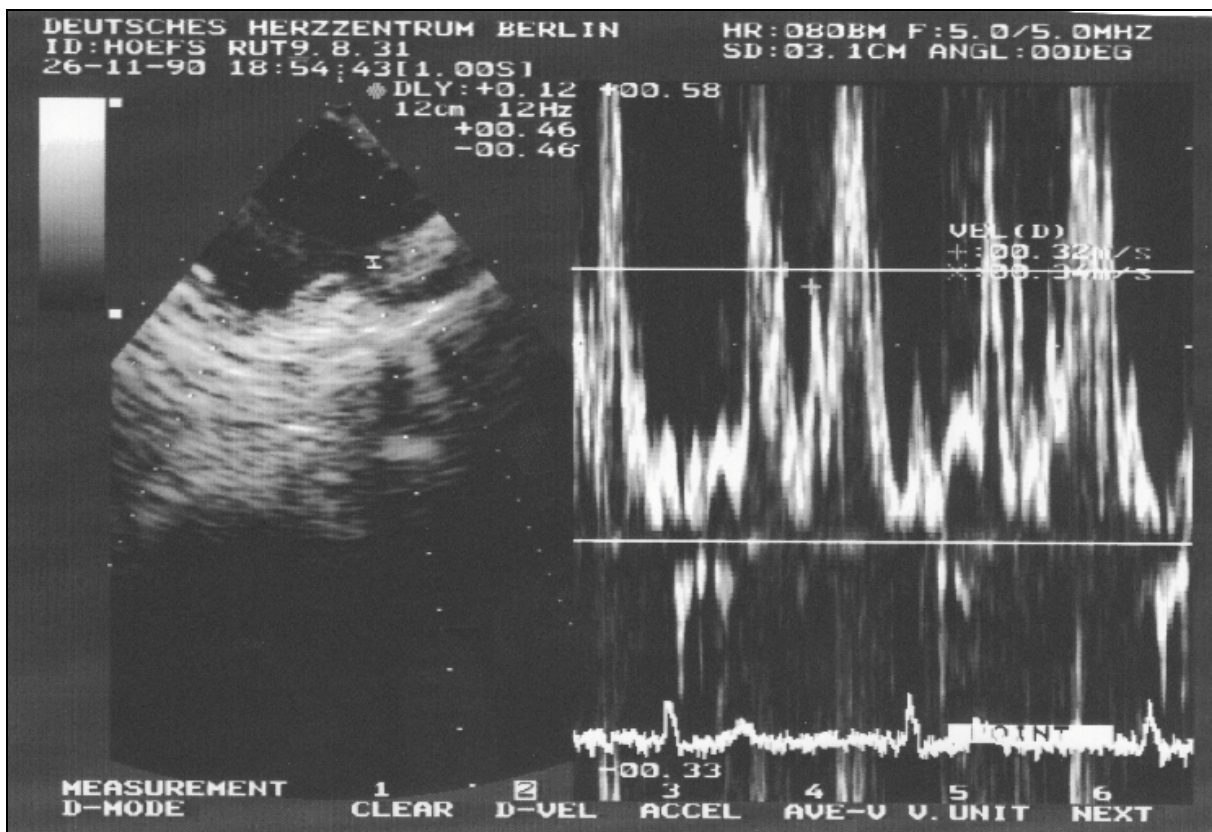


Abb. 31: Photo von der Vermessung des Pulmonalvenenflusses. Der Doppler befindet sich über einer Pulmonalvene. Es werden die SE-, die SL- und die Z-Welle vermessen. In diesem Beispiel war nur eine SE- und eine SL-Welle zu vermessen.

#### 1.4.3.4 Farb-Doppler

Die Farb-Doppler-Echokardiographie basiert auf dem oben genannten Doppler-Prinzip der Sonographie. Anhand der festgestellten Frequenzänderung ist es mit Hilfe des Ultraschallgerätes möglich, Flußrichtungen graphisch darzustellen. Mit der Farbe Blau werden Flüsse in Richtung zum Schallkopf und in Rot Bewegungen vom Schallkopf weg illustriert. Diese Messungen dienen der Diagnose von Klappeninsuffizienzen, -stenosen und der Beurteilung des Schweregrades. Ihre Ursache ist häufig bei der Untersuchung des Herzens in der kurzen Herzachse (im M-Mode) sichtbar. Als Beispiel sei eine linksventrikuläre Dilatation mit Überdehnung des Mitralanulus mit folgender Klappeninsuffizienz genannt.

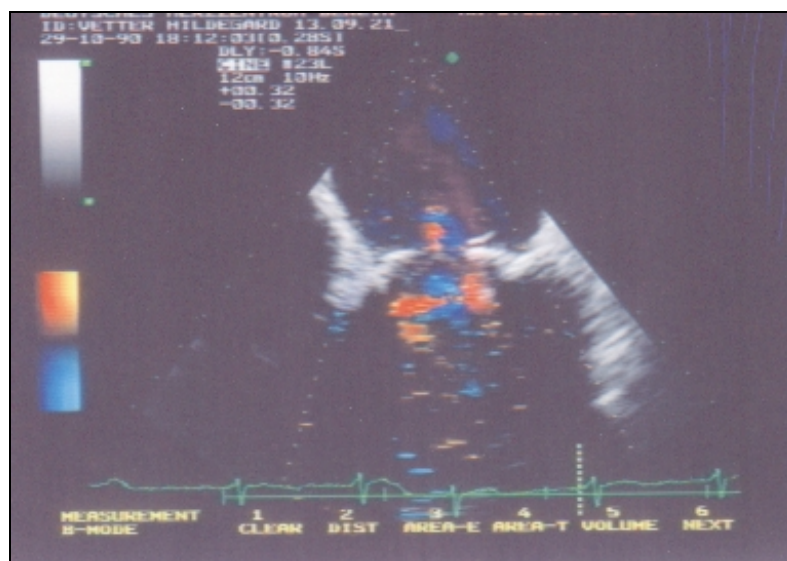


Abb. 32: Photo auf dem an der bläulichen Farbe (obere Strömungsrichtung) ein retrograder Fluß in den linken Vorhof erkennbar ist. Dieses entspricht einer Mitralklappeninsuffizienz Grad I.



## 1.5 Erhebungen zur NYHA-Klassifikation und zur Lebensqualität

Außer der echokardiographischen Untersuchung erfolgte noch für jeden Patienten eine Erhebung der subjektiven Lebensqualität. Dieses geschah anhand eines Fragebogens (siehe Anhang).

Es beinhaltete die Erhebung der NYHA-Klassifikation. Damit wird der klinische Schweregrad der Klappeninsuffizienz nach den Richtlinien der Criteria Committee der *New York Heart Association* klassifiziert (45):

Klasse I:

Herzerkrankung ohne Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit.

Normale körperliche Tätigkeit verursacht keine übermäßige Ermüdbarkeit, Dyspnoe oder Palpitationen.

Klasse II:

Leichte Einschränkung der körperlichen Aktivität. Beschwerdefreiheit in Ruhe.

Normale körperliche Aktivität verursacht Müdigkeit, Palpitationen und Dyspnoe.

Klasse III:

Deutliche Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit. Wohlbefinden in Ruhe.

Weniger als normale körperliche Tätigkeit verursacht Symptome.

Klasse IV:

Beschwerden in Ruhe, bei geringster Steigerung der körperlichen Aktivität erhebliche Symptomatik.

## **1.6 Zielsetzung der Studie**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es festzustellen, ob der Mitralklappenersatz unter Konservierung des vorderen und des hinteren Halteapparates hämodynamische Vorteile hat. Dazu wurden Patienten im Durchschnitt zwei Jahre postoperativ echokardiographisch nachuntersucht. Die Daten der Patienten mit Klappenersatz mit komplett erhaltenem Halteapparat ( $MKE_h$ ) wurden verglichen mit denen von Patienten mit Mitralklappenersatz ohne Konservierung des anterioren Halteapparates ( $MKE_o$ ), mit denen von Patienten mit Mitralklappenrekonstruktion (MKR) und mit denen von gesunden Probanden (KG).

## 2 Patienten

### 2.1 Einleitung

Es gab vier Patientengruppen, deren Verteilung wie folgt aussah:

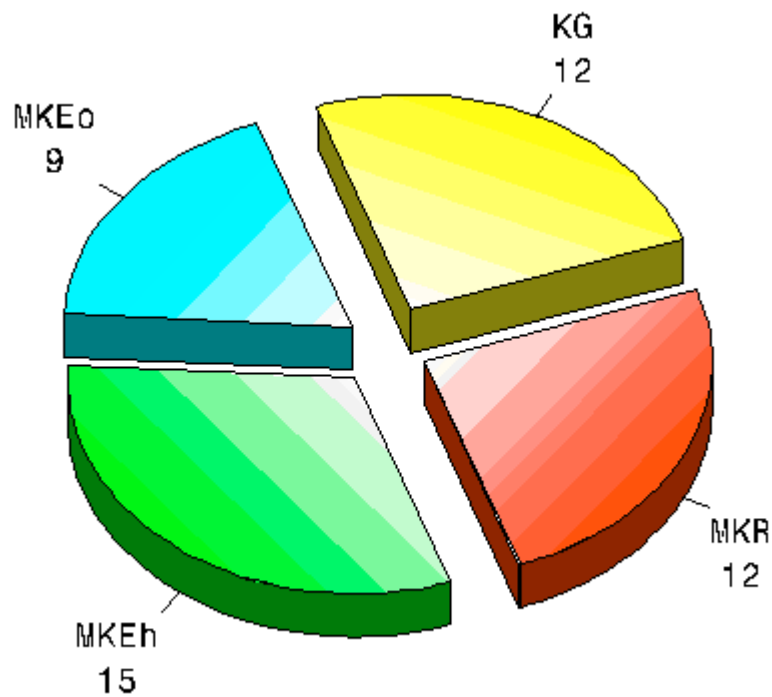


Abb. 33: Diagramm der Verteilung der vier Patientengruppen

#### Legende:

MKEo: Patientengruppe mit Klappenersatz mit Erhalt nur des *posterioren* Halteapparates

MKEh: Patientengruppe mit Klappenersatz mit Erhalt des *kompletten* Halteapparates

MKR: Patientengruppe mit Klappen*rekonstruktion*

KG: Kontrollgruppe

Die drei operierten Patientengruppen wurden prä- und postoperativ echokardiographisch untersucht. Die Meßergebnisse wurden mit den Werten der Kontrollgruppe (12 gesunde Probanden) verglichen.

## 2.2 Kollektivdarstellung

### 2.2.1 Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt des kompletten Halteapparates

Diese Gruppe enthält 15 Patienten, bei denen der komplette Halteapparat beim Mitralklappenersatz konserviert wurde. Sie besteht zu 87% aus Frauen; das Durchschnittsalter beträgt 62 Jahre. Die meisten von ihnen hatten als Vorerkrankung eine degenerative oder eine rheumatische Klappenerkrankung. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich 17 Monate postoperativ statt.

Bei dieser Gruppe betrug die präoperative Ejektionsfraktion durchschnittlich 59%. Eine mechanische Klappe erhielten 60%. Der Klappendurchmesser betrug im Durchschnitt 29 mm.

Abb. 34: Tabelle der Patientendaten der Gruppe mit Klappenersatz und erhaltenem kompletten Halteapparat

Pat	Sex	Alter	Erkrkg	Vitium	Rhyth.	NYHA	EF %	LVEDP	Klappe	Größe	Follow-up
AA	w	79	Chordenabriß	MI IV	Vhfl	4	74	23	Hc	29	21
BK	w	40	rheum.	MS IV/MI II	SR	3	50	44	CM	29	17
BiE	w	64	rheum.	MS IV/ MI I	Pacer	3	53	3	Hc	27	19
BrE	w	63	rheum.+Endoc	MI III	Vhfl	3	50	9	SJM	27	21
FG	m	59	degen.	Mi III	SR	3	65	10	Hc	31	21
GE	w	66	rheum.	MS II/MI IV	Vhfl	4	72	19	CM	27	21
HaR	w	50	rheum.	MS II/MI III	Vhfl	4	60	10	CM	31	18
HoR	w	59	rheum.	MS III/MI II	Vhfl	2	45	14	CM	29	14
LW	m	53	Z.n.Endoc.	MS II/MI III	Vhfl	3	64	12	CM	29	15
MG	w	73	Floppy valve	MI IV	Vhfl	2	81	16	Hc	31	17
RM	w	74	degen.	MS II /MI III	Vhfl	4	65	10	SJM	31	12
SE	w	69	rheum./Degen	MS II/ MI III	Vhfl	3	60	11	Hc	29	10
VH	w	69	rheum.	MI III	Vhfl	4	62	14	Hc	29	17
WF	m	45	Z.n. Endoc.+Pr	MI III	SR	4	40	12	CM	31	21
ZG	w	64	Ischäm	MI III	SR	4	45	10	Hc	27	14

## 2.2.2 Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt nur des posterioren Halteapparates

Diese Gruppe, bei denen nur der posteriore Halteapparat in situ belassen wurde, enthält 9 Patienten. Sie besteht zu 78% aus Frauen; das Durchschnittsalter beträgt 56 Jahre. Die meisten von ihnen hatten als Vorerkrankung eine degenerative oder eine rheumatische Klappenerkrankung. Die Nachuntersuchung fand ebenfalls durchschnittlich 17 Monate postoperativ statt. Bei der Gruppe der Patienten, bei denen nur der posteriore Halteapparat konserviert werden konnte betrug die durchschnittliche Ejektionsfraktion 53%. Eine mechanische Klappe erhielten 44%. Der Klappendurchmesser betrug im Durchschnitt 29 mm.

Abb. 35: Tabelle der Patientendaten der Gruppe mit Klappenersatz und Erhalt nur des posterioren Halteapparates

Pat	Sex	Alter	Erkrkg	Vitium	Rhyth.	NYHA	EF %	LVEDP	Klappe	Größe	Fol-low-up
CI	w	59	Endoc	MI IV	SR	4	60	12	CM	27	8
LA	w	61	rheum.	MS III/MI III	Vhfl	4	54	10	Hc	31	15
LM	w	56	degen.	MS II /MI III	SR	3	47	13	Hc	29	15
ME	w	56	degen.	MS II /MI III	Vhfl	4	60	14	SJM	31	29
ÖI	m	44	Z.n. Endoc.	MS II /MI III	SR	4	40	12	SJM	31	18
RH	w	74	rheum.	MS II /MI III	Vhfl	4	58	18	Hc	29	11
ScE	w	70	degen.	MS II /MI III	Vhfl	3	49	4	Hc	29	15
Syl	w	68	Z.n. Endoc.	MI IV	Vhfl	3	41	7	SJM	31	26
WK	m	75	degen.	MS II /MI III	Vhfl	4	71	12	Hc	31	16

### 2.2.3 Gruppe der Patienten mit Mitralklappenrekonstruktion

Die Gruppe der Patienten, deren Mitralklappe rekonstruiert wurde, enthält 12 Patienten. Sie besteht zu 75% aus Männern; das Durchschnittsalter beträgt 52 Jahre. Die meisten von ihnen hatten als Vorerkrankung eine degenerative Klappenerkrankung. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich 8 Monate postoperativ statt.

Bei dieser Gruppe betrug die präoperative Ejektionsfraktion durchschnittlich 59%. Eine mechanische Klappe erhielten 57%. Bei 42% der Patienten erfolgte eine Gerbode-Plastik; ein Duranring wurde bei zwei Patienten eingesetzt.

Abb. 36: Tabelle der Patientendaten der Gruppe mit Mitralklappenrekonstruktion

Pat	Sex	Alter	Erkrkg	Vitium	Rhyth.	NYHA	EF %	LVEDP	Klappe	Größe	Fol-low-up
AaN	m	35	Z.n. Endoc.	MI III	SR	3	55	10	Paneth		11
DK	w	35	Z.n. Endoc.	MI III	SR	3	60	8	Paneth		9
HR	m	60	degen.	MI IV	Vhfl	4	48	12	Gerbode		10
JD	m	50	Prolaps	MI III	SR	3	66	9	Duran	33	7
KT	w	50	ischäm.	MI III	Vhfl	3	70	12	Gerbode		8
KW	m	61	degen.	MI III	SR	4	57	6	Gerbode		7
OH	m	63	rheum.	MS II/MI II	Vhfl	4	55	8	Kommis		6
ÖN	m	48	degen.	MS II/MI II	Vhfl	3	60	10	Kommis		10
SB	m	51	degen.	MI III	SR	4	70	25	Gerbode		6
ScG	m	64	ischäm.	MI III	SR	3	65	16	Gerbode		11
ShG	w	54	degen.	MS II/MI II	Vhfl	3	45	12	Kommis		5
SH	w	53	Prolaps	MI IV	SR	4	29	40	Duran	31	5

## 2.2.4 Kontrollgruppe

Diese Gruppe enthält junge, gesunde Probanden. Es sind 12 Freiwillige, die sich der Echokardiographie unterzogen. Die Gruppe besteht zu 83% aus Männern; das Durchschnittsalter beträgt 24 Jahre. Sie hatten alle keine Hinweise auf eine Herzerkrankung.

Abb. 37: Tabelle der Patientendaten der Kontrollgruppe

Patient	Sex	Alter	Rhythmus	NYHA	Erkrankung
HEP	m	24	SR	0	keine
KK	w	22	SR	0	keine
TD	m	22	SR	0	keine
TM	m	25	SR	0	keine
HJ	w	21	SR	0	keine
TSc	m	24	SR	0	keine
GM	m	23	SR	0	keine
SvE	m	20	SR	0	keine
MB	m	23	SR	0	keine
TSt	m	24	SR	0	keine
MJ	m	26	SR	0	keine
KUG	m	28	SR	0	keine

## 2.3 Durchgeführte Untersuchungen

### 2.3.1 Echokardiographie

Alle Patienten wurden prä- und postoperativ echokardiographisch untersucht. Hierzu wurden 36 Patienten, die im Raum Berlin wohnten, telefonisch zu Nachuntersuchungen einbestellt. Die Untersuchung fand durchschnittlich ein Jahr postoperativ statt.

Abb. 38: Darstellung der Meßparameter:

<b>Kurze Achse:</b>	<b>Trikuspidalklappe</b>
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	Dp/TK
RV (s/d)	
TE	<b>Mitralklappe:</b>
MÖF-T	Geschw
q-MÖF	$\Delta p$
q-T <sub>pit</sub>	$\emptyset \Delta p$
q-TE	Öffnungsfläche
<b>Lange Achse:</b>	<b>Volumen vom linken Ventrikel</b>
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	
RV (s/d)	
TE	<b>Septum s/d</b>
MÖF-T	<b>Hinterwand s/d</b>
q-MÖF	
q-T <sub>pit</sub>	<b>Papillarmuskeln:</b>
q-TE	posterior: s/d/FS
<b>Herzfrequenz</b>	anterior: s/d/FS
<b>Doppler:</b>	
E-Welle	<b>Pulmonalvenenfluß:</b>
A-Welle	Farbdoppler
q-E	Pulswave-Doppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z
q-A	
E <sub>0</sub> -E'	<b>Klappeninsuffizienz:</b>
A <sub>0</sub> -A'	Aortenklappen, Mitralklappe,
<b>Cardiac output</b>	Trikuspidalklappe
<b>Linkes Atrium</b>	
<b>Aortendurchmesser</b>	



### **2.3.2 Erfassung der subjektiven Lebensqualität**

Es erfolgte außerdem eine Patientenbefragung mit dem Ziel, den Herzinsuffizienzgrad und das subjektive Wohlbefinden zu ermitteln. Hierzu wurde ein spezieller Fragebogen, der als Schwerpunkt die Symptomatik der Mitralklappenerkrankung beinhaltet, erstellt (siehe Anhang). Er umfaßte nicht nur die Einteilung der Luftnot nach der NYHA (New York Heart Association), sondern auch das allgemeine Befinden.

## 2.4 Statistische Methoden

Wegen der geringen Patientenzahlen wurde der Median als statistischer Wert genommen. Auf diese Weise sollte eine Verfälschung des Ergebnisses durch Ausreißer vermieden werden.

Als erster statistischer Test wurde der

### **Kruskal-Wallis-Test**

durchgeführt. Mit ihm wurde festgestellt, ob Aussagen im 5%-Niveau statistisch relevant sind. Für die Signifikanz wurde der

### **Mann-Whitney-U-/ Wilcoxon-Rank-Sum-W-Test**

gewählt, der Ränge verteilt und Unterschiede feststellt. Als signifikant wurden Unterschiede bezeichnet, die im 5%-Niveau lagen.

### 3 Ergebnisse

Die erhobenen echokardiographischen Daten sowie die Erhebung des Herzinsuffizienzgrades und des subjektiven Wohlbefindens sind im folgenden dargestellt. Die Meßdaten wurden gemittelt und verglichen.

#### 3.1 Präoperative Daten

##### 3.1.1 Echokardiographische Ergebnisse

Alle Patienten wurden präoperativ echokardiographiert. Die Meßdaten der vier Patientengruppen wurden verglichen, um eventuell bestehende Unterschiede aufzuzeigen.

##### **Linksventrikulärer enddiastolischer Diameter:**

Es wurde der Median des linksventrikulären enddiastolischen Diameters in der kurzen Herzachse ermittelt und in der folgenden Abbildung dargestellt. Es konnten dabei keine signifikanten Unterschiede in den vier Gruppen festgestellt werden.

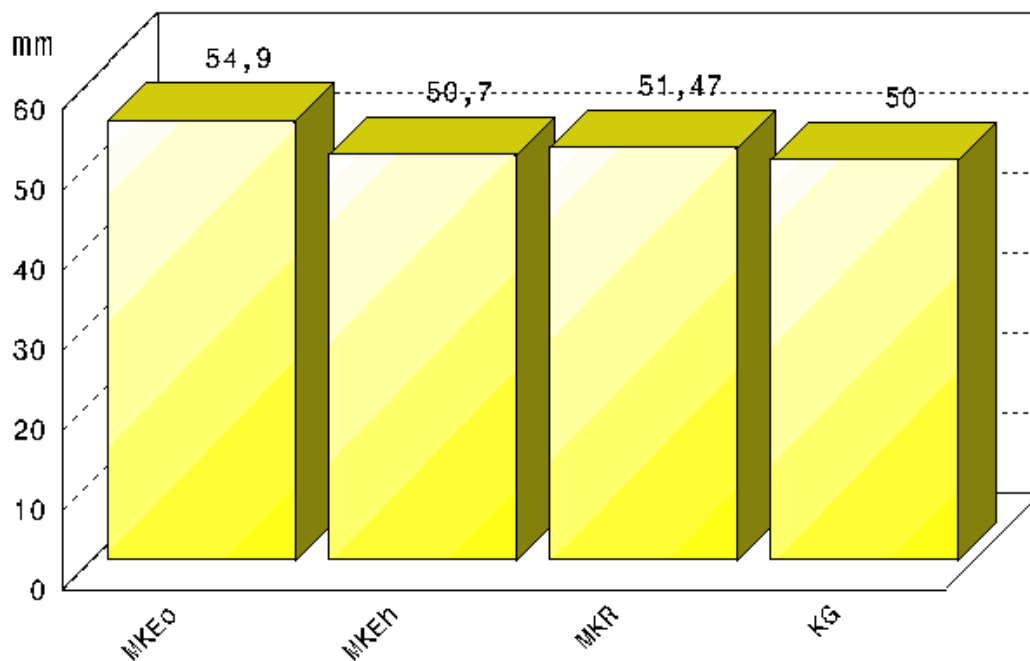


Abb. 39 Diagramm mit dem Median der präoperativen linksventrikulären enddiastolischen Diameter in der kurzen Achse der vier Patientengruppen

Abb. 40 Tabellarische Darstellung der obigen Grafik

	MKEo	MKEh	MKR	KG
LVEDD (mm)	54,9	50,7	51,47	50

### Fractional shortening:

Präoperativ wurde außerdem noch das Fractional shortening in der kurzen Herzachse ermittelt. Die drei operierten Patientengruppen wiesen im Vergleich zur Kontrollgruppe ein signifikant niedrigeres Fractional shortening auf. Unterschiede zwischen den operierten Gruppen bestanden nicht.

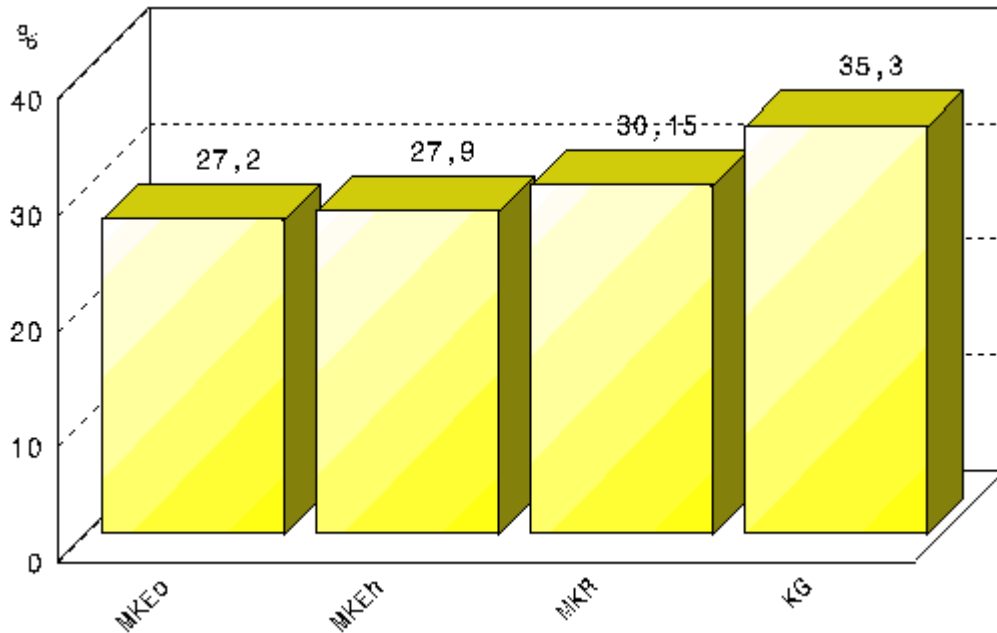


Abb. 41 Diagramm mit dem präoperativen Median vom Fractional shortening der vier Patientengruppen

Abb. 42 Tabellarische Darstellung der obigen Grafik

	MKEo	MKEh	MKR	KG
FS (%)	27,2	27,9	30,15	35,3*

(\* = signifikant)

### 3.1.2 Erhebungen zur NYHA - Klassifikation

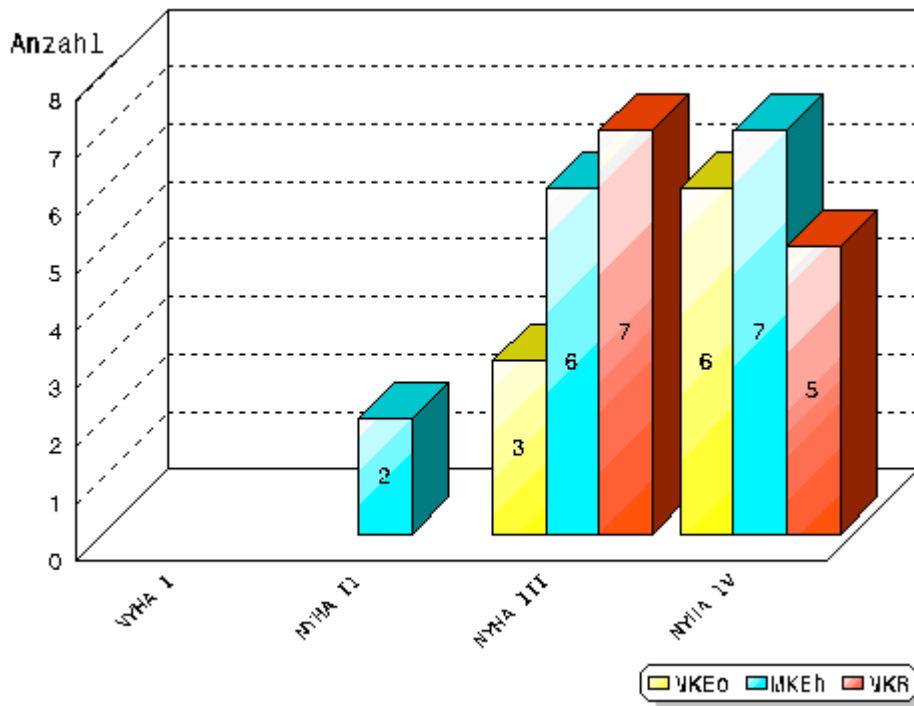


Abb. 43 Diagramm der präoperativen Luftnot bei den drei operierten Patientengruppen

Abb. 44 Tabellarische Darstellung der obigen Grafik

	MKEo	MKEh	MKR
NYHA I	0	0	0
NYHA II	0	2	0
NYHA III	3	6	7
NYHA IV	6	7	5

Präoperativ bestanden bei den drei operierten Patientengruppen keine Unterschiede bezüglich des subjektiven Schweregrades der Klappenschädigung nach NYHA.

### **3.2 Postoperative Daten**

Die postoperative Untersuchung der Patienten beinhaltete eine echokardiographische Untersuchung, eine Befragung bezüglich der NYHA-Klassifikation und der subjektiven Lebensqualität.

### 3.2.1 Echokardiographische Ergebnisse

#### 3.2.1.1 Auflistung der Meßdaten

##### 3.2.1.1.1 Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt des kompletten Halteapparates

Tab. 45: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKE<sub>h</sub>-Gruppe (Teil 1):

Patient	AA	BK	BiE	BrE	FG	GE	HaR
<b>Kurze Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	36/50/54/28	29/39/52/26	34/52/54/35	38/51/50/25	41/64/65/36	34/48/56/29	39/56/57/30
RV (s/d)	34/39	22/27	23/30	20/26	--	22/30	20/26
TE	90	140	90	--	80	112	140
MÖF-T	--	--	--	--	--	--	-20
q-MÖF	--	--	--	--	260	--	
q-T <sub>spitze</sub>	310	400	300	--	--	398	370
q-TE	400	540	390	--	--	510	510
<b>Lange Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	44/53/--/--	58/77/47/25	59/79/48/25	85/63/49/26	86/109/41/21	44/53/--/--	56/72/43/22
TE	100	90	150	--	90	100	110
MÖF-T	--	-40	--	--	40	20	-90
q-MÖF	420	--	--	260	270	740	--
q-T <sub>spitze</sub>	390	380	630		--	540	390
q-TE	490	470	780		--	640	500
<b>Herzfrequenz</b>	110, Vhfl	81, SR	76, SR	90, Vhfl	82, SR	56, SR	75, SR
<b>Doppler:</b>							
E-Welle	1,37	88	1,21	1,1	0,34	1,32	0,9
A-Welle	0,76	82	1,41	--	0,30	--	0,45
q-E	450	540	540	54	--	490	--
q-A	700	680	640	--	--	--	--
E <sub>0</sub> -E'	--	--	--	--	--	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--	--	--	--	--	--
<b>Cardiac output</b>	5,4	5,0	6,4	6,8	6,8	5,2	7,3
Linkes Atrium	42	26	44	63	39	47	45
Aortendurchmesser	22	19	19	24	22	21	23
<b>Trikuspidalklappe:</b>							
Dp/TK	21	19,2	23,6	30,5	20	23	29,2
<b>Mitralklappe:</b>							
Geschw	1,85	1,13	1,69	1,67	1,1	1,69	1,94
Δp	13,7	5,1	11,4	11,2	1,0	11,4	15,1
∅Δp	7,2	3,4	6,1	5,5	--	4,2	7,4
Öffnungsfläche							
Vol. vom linken Ventrikel	110	66	130	124	--	108	154
Septum s/d/FS	12/10/17	10/6/40	11/9/33	11/10/9	8/10/14	17/14/18	11/7/36
Hinterwand s/d/FS	13/10/23	11/10/9	15/9/40	10/9/9	8/10/14	10/9/10	11/7/36
Papillarmuskeln:	sichtb	sichtb	sichtb	sichtb		sichtb	sichtb
posterior: s/d/FS	nm	10/6/40	13/7/46	11/7/36	nm	nm	11/8/27
anterior: s/d/FS	nm	10/7/30	14/10/29	14/12/14	nm	nm	7/7/0
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>							
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,65/0,59/--	0,57/0,57/--	0,26/0,13/-0,33	0,24/0,40/--		0,40/0,13/--	0,27/0,45/--
Klappeninsuffizienz:							
Aorten-/ Mitralklappe-/ Trikuspidalklappe	-/-/1	-/-/-	-/-/1			-/-/1	-/-/1

Tab. 46: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKE<sub>h</sub>-Gruppe (Teil 2):

Patient	HoR	LW	MG	RM	SE	VH	WF
<b>Kurze Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	30/48/68/38	27/43/67/37	40/57/56/30	44/58/47/24	26/46/74/43	36/51/56/29	39/51/47/24
RV (s/d)	23/31	42/57	24/31	17/27	29/25	39/48	21/24
TE	70	70	140	60	170	nm	120
MÖF-T	--	--	--	--	--	--	--
q-MÖF	--	280	--	--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	400	--	250	450	250	400	370
q-TE	470	--	390	510	420	--	490
<b>Lange Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	53/65/38/18	69/88/42/22	55/70/--/21	70/78/22/10	66/75/25/12	68/84/38/19	68/79/29/14
TE	80	80	120	110	170	80	100
MÖF-T	30	--	20	20	-60	--	3
q-MÖF	--	290	--	--	--	410	--
q-T <sub>spitze</sub>	400	--	240	440	190	34	420
q-TE	480	--	360	550	360	114	520
<b>Herzfrequenz</b>	73, SR	86, SR	90, Vhfl	72, Vhfl	65, SR	93, Vhfl	81, Vhfl
<b>Doppler:</b>							
E-Welle	1,34	0,27	1,52	1,37	1,69	1,46	79
A-Welle	0,87	0,32	--	--	--	0,58	--
q-E	440	--	460	470	440	430	490
q-A	740	--	--	--	--	790	--
E <sub>0</sub> -E'	--	--	--	--	--	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--	--	--	--	--	--
<b>Cardiac output</b>	5,51	7,4	5,41	4,5	nm	7,5	6,6
Linkes Atrium	--	24	--	62	nm	34	46
Aortendurchmesser	19	19	20	21	nm	11,6	21
<b>Trikuspidalklappe:</b>							
Dp/TK	12	18	24	18,1	39	46,5	38,4
<b>Mitralklappe:</b>							
Geschw	1,55	1,05	1,7	1,7	2,3	2,39	1,83
Δp	9,6	--	11,6	11,6	21,2	22,8	13,4
∅Δp	3,7	--	4,7	4,8	7,5	11,6	6,4
Öffnungsfläche							
Vol. vom linken Ventrikel	71	--		167	nm	--	103
Septum s/d/FS	9/8/11	7/11/36	13/10/38	10/10/--	16/11/31	11/9/--	11/10/9
Hinterwand s/d/FS	8/8/--	10/11/9	19/11/42	17/14/17	18/18/39	11/9/--	14/12/14
<b>Papillarmuskeln:</b>							
posterior: s/d/FS	8/6/--	nm	11/8/27	13/12/8	8/8/--	14/11/--	8/7/13
anterior: s/d/FS	8/7/--	nm	8/7/13	nm	7/7/--	nm	nm
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>							
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,32/0,34/--	--/--/--	0,28/0,28/--	0,44/0,53/--	0,17/0,17/--	0,16/0,18/--	0,28/0,28/12
<b>Klappeninsuffizienz:</b>							
Aorten-/ Mitralklappe/ Trikuspidalklappe	0,5/-/1	-/-/-	-/-/-	-/-/1		-/-/3	-/-/-



Tab. 47: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKE<sub>h</sub>-Gruppe (Teil 3):

Patient	ZG
<b>Kurze Achse:</b>	
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	52/58/22/10
RV (s/d)	16/28
TE	nm
MÖF-T	--
q-MÖF	--
q-T <sub>spitze</sub>	320
q-TE	nm
<b>Lange Achse:</b>	
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	63/74/30/15
TE	70
MÖF-T	-40
q-MÖF	440
q-T <sub>spitze</sub>	420
q-TE	590
<b>Herzfrequenz</b>	105, SR
<b>Doppler:</b>	
E-Welle	1,58
A-Welle	--
q-E	530
q-A	--
E <sub>0</sub> -E'	--
A <sub>0</sub> -A'	--
<b>Cardiac output</b>	4,3
Linkes Atrium	41
Aortendurchmesser	19
<b>Trikuspidalklappe:</b>	nm
Dp/TK	
<b>Mitralklappe:</b>	
Geschw	2,03
Δp	16,5
ØΔp	8,9
Öffnungsfläche	
Vol. vom linken Ventrikel	167
Septum s/d/FS	10/9/10
Hinterwand s/d/FS	10/9/10
<b>Papillarmuskeln:</b>	sichtb
posterior: s/d/FS	6/7/--
anterior: s/d/FS	nm
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>	
Pulswave-Doppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	--/--/--
<b>Klappeninsuffizienz:</b>	
Aorten-/ Mitralklappe-/ Trikuspidalklappe	-/-/-

### 3.2.1.1.2 Gruppe der Patienten mit Klappenersatz und Erhalt nur des posterioren Halteapparates

Tab. 48: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKE<sub>o</sub>-Gruppe (Teil 1):

Patient	CI	LA	LM	ME	ÖI	RH	ScE
<b>Kurze Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	32/47/60/32	56/62/21/10	29/44/64/34	36/49/52/27	58/63/17/8	36/42/32/14	44/57/45/23
RV (s/d)	23/32	30/27		18/32	22/27	26/31	29/33
TE	90	40		120	60	80	80
MÖF-T	--	--		--	--	--	--
q-MÖF	--	--		--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	320	460		420	230	460	--
q-TE	410	500		540	290	540	--
<b>Lange Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	74/83	91/102/22/ 11	61/68/22/10	60/47/38/19	77/83/16/7	62/80/40/23	78/79/--/--
TE	112	60	90	110	111	111	60
MÖF-T	-50	-20	-40	60	-100	-10	-60
q-MÖF	--	--	480	--	--	--	420
q-T <sub>spitze</sub>	258	440	420	490	340	340	370
q-TE	370	500	510	600	450	450	430
<b>Herzfrequenz</b>	70, SR	87, Vhfl	93/ SR	80, Vhfl	116, Vhfl	76, Vhfl	90, SR
<b>Doppler:</b>							
E-Welle	77	1,26	12	0,95	0,93	0,74	1,27
A-Welle	44	--	70	--	--	--	0,71
q-E	670	480	490	440	410	500	450
q-A	920	--	520	--	--	--	600
E <sub>0</sub> -E'	--	--	--	--	--	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--	--	--	--	--	--
<b>Cardiac output</b>	5,41	4,8	6,4	--	3,41	1,91	6,1
Linkes Atrium	43	56	74	53	59	40	--
Aortendurchmesser	22	22	30	20	20	22	23
<b>Trikuspidalklappe:</b>							
Dp/TK	15	--	21,5	15,8	--	--	38
<b>Mitralklappe:</b>							
Geschw	1,53	1,62	1,36	1,59	1,54	1,76	1,64
Δp	9,4	10,5	7,4	10,1	9,5	12,4	10,8
ØΔp	5,9	5,2	3,0	2,18	4,8	6,4	5,4
Öffnungsfläche							
Vol. vom linken Ventrikel	100	194	--	--	201	79	160
Septum s/d/FS	13/9/31	13/11/15	12/9/25	11/16/31	9/8/11	12/11/8	15/17/12
Hinterwand s/d/FS	15/12/20	14/9/36	10/7/30	13/19/32	10/6/40	15/11/27	9/12/25
<b>Papillarmuskeln:</b>							
posterior: s/d/FS				9/9/0	nm	nm	8/9/11
anterior: s/d/FS				ns	ns	ns	ns
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>							
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,17/0,17/--	0,17/--/--	0,42/0,32/--	0,25/0,21/--	0,19/0,20/--	0,20/0,29/--	0,19/0,21/--
<b>Klappeninsuffizienz:</b>							
Aorten-/ Mitralklappe-/ Trikuspidalklappe	-/-/-	-/-/1	-/-/1	-/-/1	-/-/-	-/-/-	2/-/1

Tab. 49: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKE<sub>o</sub>-Gruppe (Teil 2):

Patient	Syl	WK
<b>Kurze Achse:</b>		
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	50/61/37/18	31/43/54/28
RV (s/d)	33/50	27/37
TE	80	90
MÖF-T	--	--
q-MÖF	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	430	470
q-TE	510	560
<b>Lange Achse:</b>		
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	76/82/7	54/68/41/21
TE	100	100
MÖF-T	70	90
q-MÖF	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	440	390
q-TE	540	490
<b>Herzfrequenz</b>	72, Vhfl	69, Pacer
<b>Doppler:</b>		
E-Welle	1,02	1,28
A-Welle	--	--
q-E	510	530
q-A	--	--
E <sub>0</sub> -E'	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--
<b>Cardiac output</b>	nm	6,1
Linkes Atrium	50	42
Aortendurchmesser	20	2,0
<b>Trikuspidalklappe:</b>		
Dp/TK	--	28,9
<b>Mitralklappe:</b>		
Geschw	1,2	1,52
Δp	5,8	9,2
∅Δp	2,6	3,6
Öffnungsfläche		
Vol. vom linken Ventrikel	187	83
Septum s/d/FS	13/8/38	15/11/27
Hinterwand s/d/FS	10/8/15	12/9/26
<b>Papillarmuskeln:</b>	ns	sb
posterior: s/d/FS	ns	nm
anterior: s/d/FS	ns	nm
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>		
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,48/0,48/--	0,28/0,38/--
<b>Klappeninsuffizienz:</b>		
Aorten-/ Mitralklappe-/ Trikuspidalklappe	-/-/1	1/-/-

### 3.2.1.1.3 Gruppe der Patienten mit Mitralklappenrekonstruktion

Tab. 50: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKR-Gruppe (Teil 1):

Patient	AaN	DK	HR	JD	KT	KW	OH
<b>Kurze Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	28/47/--/40	32/40/41/20	29/44/64/34	50/64/44/22	50/62/40/19	31/52/71/40	33/46/55/28
RV (s/d)	--	18/24	30/34	32/35	36/42	27/36	25/31
TE	160	70	90	70	80	113	100
MÖF-T	--	0	--	10	40	30	10
q-MÖF	--	--	--	--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	490	400	320	510	390	390	410
q-TE	650	470	410	580	--	503	510
<b>Lange Achse:</b>							
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	76/87/--/13	69/88/42/12	64/92/56/30	90/105/29/ 14	96/117/27/ 13	58/72/39/19	53/66/40/20
TE	170	80	40	90	19	110	80
MÖF-T	80	-20	-60	90	10	-40	-20
q-MÖF	--	--	--	--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	440	370	350	410	360	410	380
q-TE	610	450	390	500	--	520	460
<b>Herzfrequenz</b>	90, SR	75, SR	72, SR	62,SR	86, SR	64, SR	92,Vhfl
<b>Doppler:</b>							
E-Welle	73	48	55	33	0,57	49	--
A-Welle	84	42	74	40	0,99	58	--
q-E	470	560	530	--	460	500	--
q-A	500	790	770	--	610	960	--
E <sub>0</sub> -E'	--	--	--	--	--	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--	--	--	--	--	--
<b>Cardiac output</b>							
Linkes Atrium	37	27	32	44	28,4	35	39
Aortendurchmesser	23	--	24	22	27	24	18
<b>Trikuspidalklappe:</b>							
Dp/TK	--	nm	14	nm	nm	nm	28,9
<b>Mitralklappe:</b>							
Geschw	1,39	1,24	0,92	1,32	0,89	0,99	1,78
Δp	7,7	6,2	3,4	7,0	3,2	3,9	12,7
∅Δp	5,7	3,8	3	4,1	2,0	2,1	6,4
Öffnungsfläche	1,7	2,75	1,83	5,3	2,44	3,6	2,20
Vol. vom linken Ventrikel	102	70	88	289	201	130	97
Septum s/d/FS	7/6/14	10/8/20	13/8/38	13/11/35	13/11/15	16/10/83	11/9/18
Hinterwand s/d/FS	11/6/45	13/9/31	13/10/23	15/12/20	17/11/31	18/12/33	15/8/47
<b>Papillarmuskeln:</b>							
posterior: s/d/FS	nm	11/8/27	nm	nm	16/11/31	nm	nm
anterior: s/d/FS	nm	9/6/33	nm	nm	nm	nm	
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>							
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,34/0,45/--	0,83/0,80/--	0,35/0,37/--	0,35/0,40	0,27/0,31/--	0,34/0,31/--	0,16/0,34/ 0,17
<b>Klappeninsuffizienz:</b>							
Aorten-/ Mitralklappen-/ Trikuspidalklappe	-/1/2	-/-/-	-/-/-	-/1/1	-/1/-	-/1/1	-/1/3

Tab. 51: Auflistung der postoperativen Meßdaten der MKR-Gruppe (Teil 2):

Patient	ÖN	SB	ScG	ShG	SH
<b>Kurze Achse:</b>					
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	36/54/62/33	44/63/56/30	38/57/61/33	36/49/52/27	60/75/38/19
RV (s/d)	15/26	31/33	32/39	31/40	-/35
TE	60	90	70	90	110
MÖF-T	--	100	40	-30	20
q-MÖF	--	--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	400	320	340	410	nm
q-TE	460	410	410	500	nm
<b>Lange Achse:</b>					
Linker Ventrikel (s/d/EF/FS)	54/67/60/33	90/108/33/17	80/95/32/16	68/81/32/16	95/106/21/10
TE	100	111	140	nm	40
MÖF-T	--	70	90	--	10
q-MÖF	20	--	--	--	--
q-T <sub>spitze</sub>	340	340	310	nm	320
q-TE	440	451	450	nm	360
<b>Herzfrequenz</b>	62,Vhfl.	86,Sin	101,SR	98,Vhfl.	115,Vhfl.
<b>Doppler:</b>					
E-Welle	1,25	0,57	0,68	--	1,76
A-Welle	--	0,99	1,16	--	--
q-E	580	460	540	--	420
q-A	--	610	450	--	--
E <sub>0</sub> -E'	--	--	--	--	--
A <sub>0</sub> -A'	--	--	--	--	--
<b>Cardiac output</b>	8,5	nm	9,6	--	4,7
Linkes Atrium	41	18,4	35	46	77
Aortendurchmesser	22	27	33	--	22
<b>Trikuspidalklappe:</b>					
Dp/TK	30,7	nm	37	28,1	37,5
<b>Mitralklappe:</b>					
Geschw	1,85	0,89	0,78	1,94	2,02
Δp	15,7	3,2	2,4	15,1	16,3
∅Δp	3,7	2,0	1,1	6,7	8,3
Öffnungsfläche	1,38	2,44	1,16	1,38	3,2
Vol. vom linken Ventrikel	141	201	3,5	113	--
Septum s/d/FS	11/9/18	13/11/15	18/11/39	10/8/20	15/13/13
Hinterwand s/d/FS	8/7/13	16/11/31	12/9/25	14/8/43	13/10/15
<b>Papillarmuskeln:</b>					
posterior: s/d/FS	MKR	16/11/31	7/5/29	10/8/20	sb,nm
anterior: s/d/FS	MKR	sb,nm	7/6/14	sb.	sb,nm
<b>Pulmonalvenenfluß:</b>					
Pulswave-Dpppler x <sub>1</sub> /x <sub>2</sub> /z	0,24/0,28/--	0,27/0,31	0,23/0,23/-	0,15/0,20/--	0,26/0,25/-
<b>Klappeninsuffizienz:</b>					
Aorten-/ Mitralklappe-/ Trikuspidalklappe	-/2/1	-/1/-	-/-/-	0,5/3/-	-/2/2

### 3.2.1.2 Dimensionen der Größe

#### 3.2.1.2.1 Ventrikelgröße

##### 3.2.1.2.1.1 Lange Herzachse

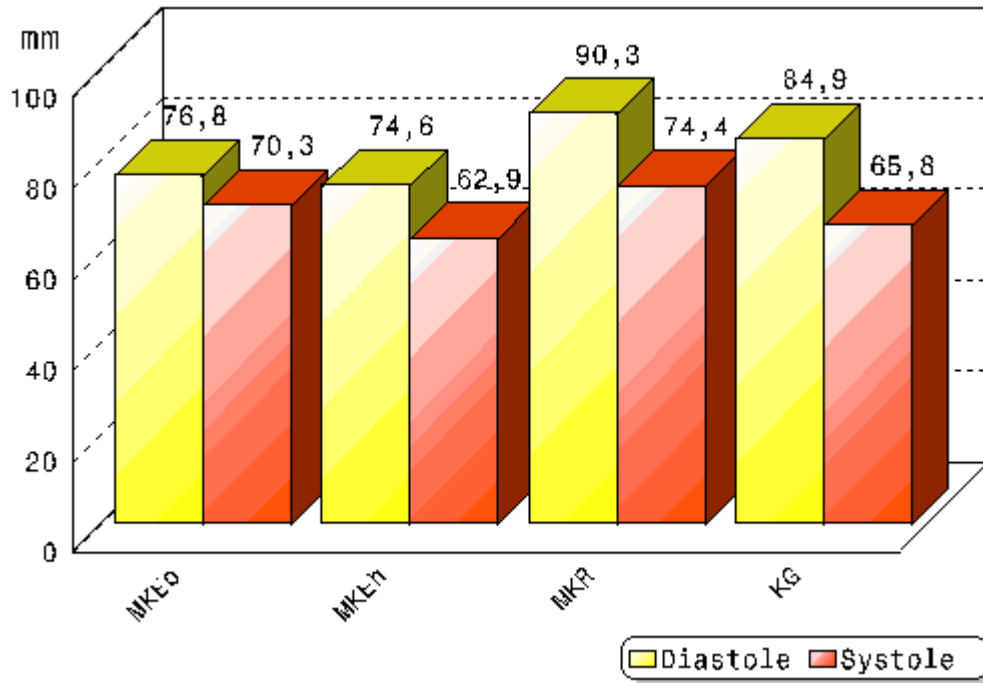


Abb. 52 Diagramm des Medians des linksventrikulären enddiastolischen und endsystolischen Diameters der vier Patientengruppen

Diese Abbildung zeigt bei den vier Patientengruppen den Diameter des linken Ventrikels in der langen Achse. Hier sind der linksventrikuläre enddiastolische Diameter (LVEDD), das heißt die Länge des linken Ventrikels am Ende der Diastole (maximale Dilatation des Ventrikels), und der linksventrikuläre endsystolische Diameter (LVESD), also die Länge des linken Ventrikels am Ende der Systole (maximale Kontraktur des Ventrikels), dargestellt.

Von der maximalen Diastole bis zur maximalen Systole nähert sich die Herzspitze der Mitralklappe um die folgenden Werte (Angaben in Millimeter):

Abb. 53 Tabellarische Darstellung der obigen Grafik mit Subtraktion des systolischen vom diastolischen Diameter um den Kontraktionsausmaß zu ermitteln

	MKE <sub>o</sub>	MKE <sub>h</sub>	MKR	KG
LVEDD (mm)	76,8 ± 11,5	74,6 ± 15,1	90,3 ± 15,0	84,9 ± 9,0
LVESD (mm)	70,3 ± 12,6	62,9 ± 12,5	74,4 ± 14,4	65,8 ± 8,1
ΔLV-Dimension	6,5 ± 4,8 *	11,7 ± 4,5	15,9 ± 4,9	19,1 ± 5,5

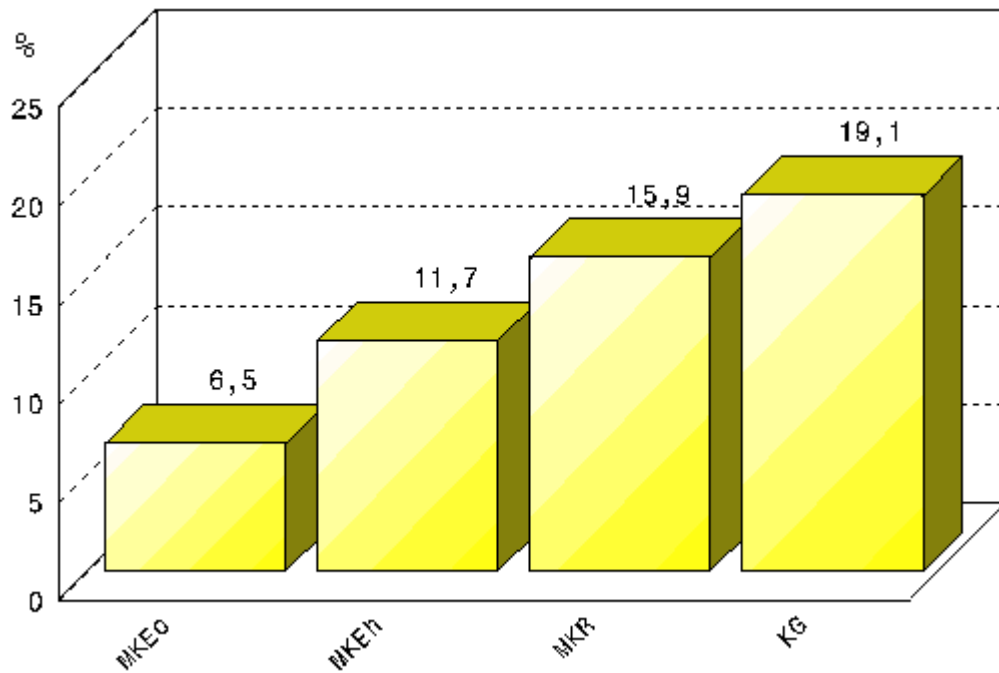


Abb. 54 Diagramm mit grafischer Darstellung des Ausmaßes der Kontraktion

Es ist der Tabelle und der Grafik zu entnehmen, daß sich die Herzspitze bei einem gesunden Ventrikel um circa 19 Millimeter der Mitralklappe nähert (Kontrollgruppe). Bei der MKR-Gruppe und bei der MKEh-Gruppe nähert sich die Herzspitze um circa 11,7 Millimeter. Bei reseziertem aortalen Halteapparat (MKEo-Gruppe) verkürzt sich der linke Ventrikel um lediglich 6,5 Millimeter.

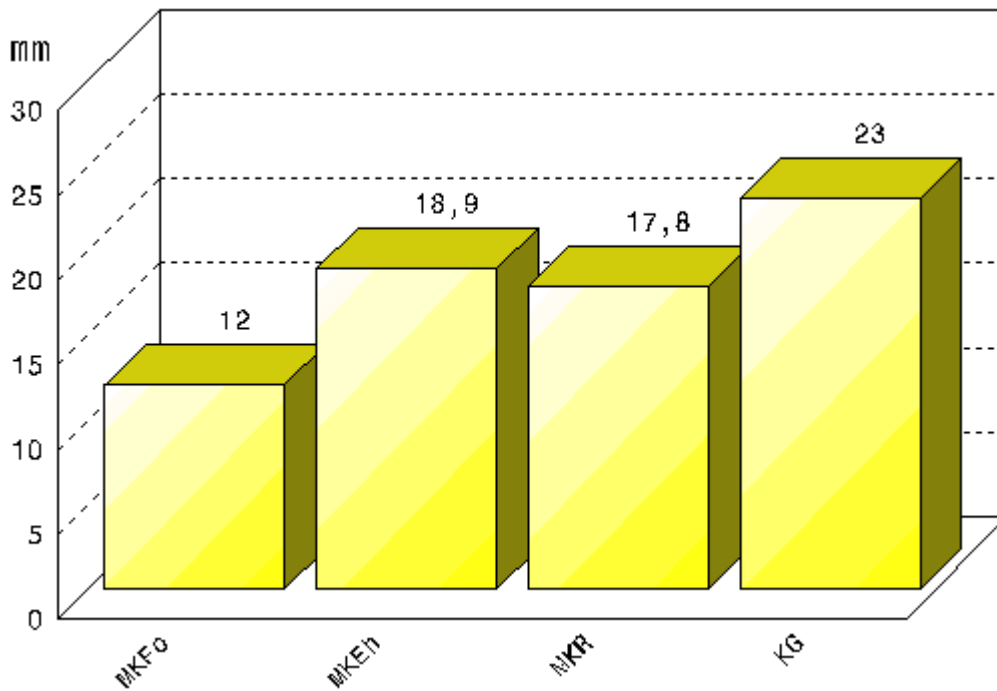


Abb. 55 Diagramm: Fractional shortening

Abb. 56 Tabelle: Fractional shortening

	MKEo	MKEh	MKR	KG
FS (%)	12*	18,9	17,8	23

(\* = signifikant)

In diesen Abbildungen erkennt man das Fractional shortening des linken Ventrikels entlang der langen Herzachse.

- MKEo-Gruppe

Bei den Patienten ohne anterioren Halteapparat ist der linke Ventrikel in Diastole und Systole signifikant länger als bei den Patienten mit komplettem Halteapparat (MKEh-Gruppe). Außerdem ist das Fractional shortening mit 10% signifikant niedriger als bei allen anderen Patienten.

- MKEh-Gruppe

Diese Gruppe wies den kürzesten Ventrikel auf. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ist es in der Systole auf dem 5%-Niveau relevant. Das Fractional shortening unterschied sich dabei nicht wesentlich im Vergleich zu der Kontrollgruppe.

- MKR-Gruppe

Die Patienten mit einer Klappenrekonstruktion haben einen signifikant größeren Ventrikel als die Patienten der MKEo-Gruppe aber dabei ein normales Fractional shortening von 16,5%.



### 3.2.1.2.1.2 Kurze Herzachse

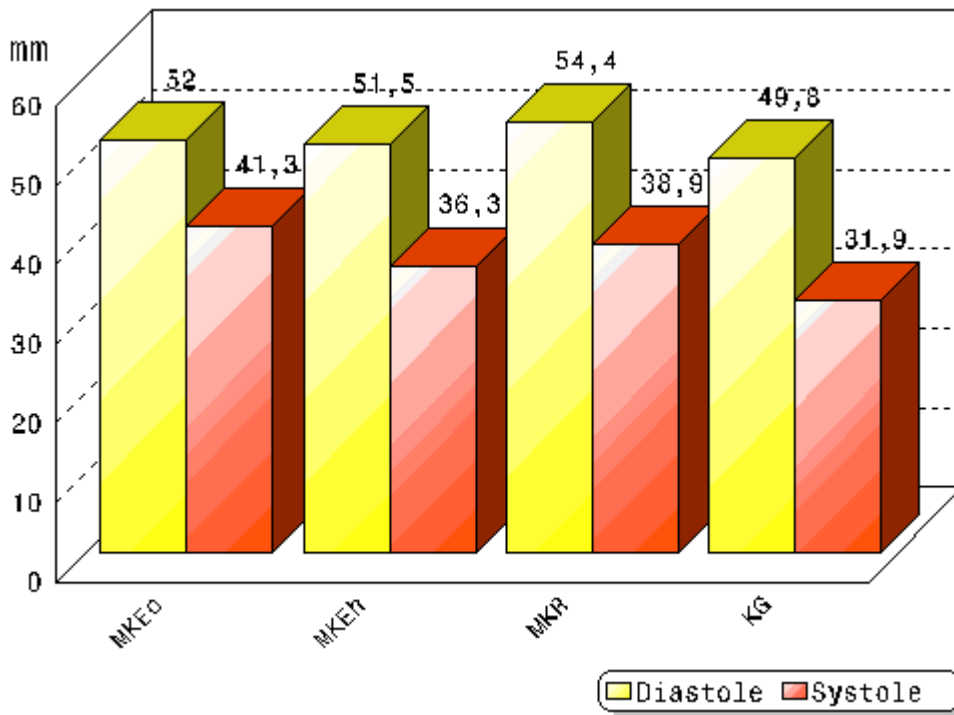


Abb. 57 Diagramm: linker Ventrikel in der kurzen Achse postoperativ bei den vier Patientengruppen

In diesem Diagramm werden bei den vier Patientengruppen die Durchmesser des linken Ventrikels in der kurzen Achse dargestellt. Es werden hier der linksventrikuläre endsystolische Durchmesser (LVESD), also die Breite des linken Ventrikels am Ende der Systole (maximale Kontraktion des Ventrikels) sowie der linksventrikuläre enddiastolische Durchmesser (LVEDD), das heißt die Breite des linken Ventrikels am Ende der Diastole (maximale Dilatation des Ventrikels), aufgeführt.

Von der maximalen Diastole bis zur maximalen Systole ziehen sich die Seitenwände des linken Ventrikels um die folgenden Werte zusammen (Angaben in Millimeter):

Abb. 58 Diagramm: Herzbreite in Systole und Diastole bei den vier Patientengruppen

	MKE <sub>o</sub>	MKE <sub>h</sub>	MKR	KG
LVEDD (mm)	52,0 ± 9,7	51,5 ± 9,2	54,4 ± 9,5	49,8 ± 8,2
LVESD (mm)	41,3 ± 8,9	36,3 ± 8,3	38,9 ± 8,7	31,9 ± 6,3
ΔLV-Dimension	10,7 ± 3,7	15,2 ± 3,5	15,5 ± 3,2	17,9 ± 3,3

Man entnimmt der obenstehenden Tabelle und der folgenden Grafik, daß sich das Ausmaß der Kontraktion in der Herzbreite nicht wesentlich unterscheidet.

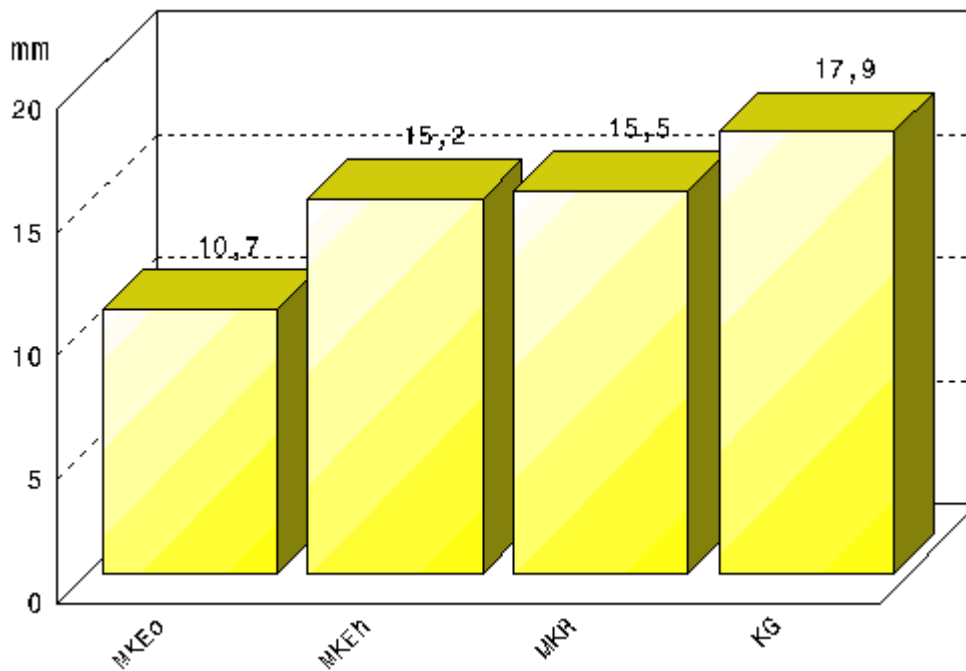


Abb. 59 Diagramm: Linksventrikuläre Kontraktion

Es bestehen keine Unterschiede im Kontraktionsausmaß in der Herzbreite bei den vier Gruppen.

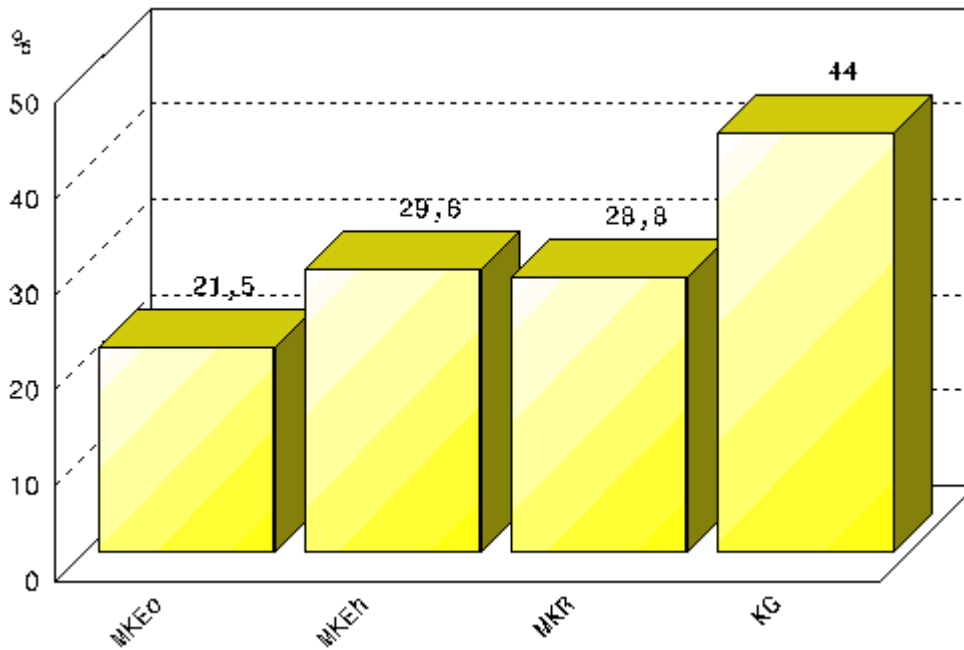


Abb. 60 Diagramm: Fractional shortening

Abb. 61 Diagramm: Fractional shortening

	MKEo	MKEh	MKR	KG
FS (%)	21,5	29,6	28,8	44

Den obenstehenden Grafiken ist das Fractional shortening der kurzen Herzachse zu entnehmen.

- MKEo-Gruppe

Bei dieser Gruppe ist der linke Ventrikel signifikant breiter in der Systole und das Fractional shortening ist signifikant geringer als bei der Kontrollgruppe. Ansonsten bestanden keine Unterschiede.

- MKEh-Gruppe

Ebenso verhält es sich bei den Patienten mit einer Klappenprothese und Halteapparat. Auch ihr Fractional shortening von 28,4 % ist wesentlich niedriger. Der Durchmesser der Herzbreite unterscheidet sich im Vergleich zur Kontrollgruppe nicht.

- MKR-Gruppe

Das Fractional shortening der Patienten mit einer Klappenrekonstruktion ist mit 29,3 % im Vergleich zur Kontrollgruppe (FS=44%) signifikant niedriger.

### 3.2.1.2.2 Papillarmuskeldicken

In der transösophagealen Echokardiographie waren die Papillarmuskeln häufig einsehbar. Um zu beobachten, ob sie im Moment der Systole an Dicke zunehmen, wurde ihr Durchmesser sowohl in Systole als auch in Diastole vermessen. Die Differenz galt als Korrelat für das Ausmaß der papillären Kontraktion.

#### 3.2.1.2.2.1 Posteriorer Papillarmuskel

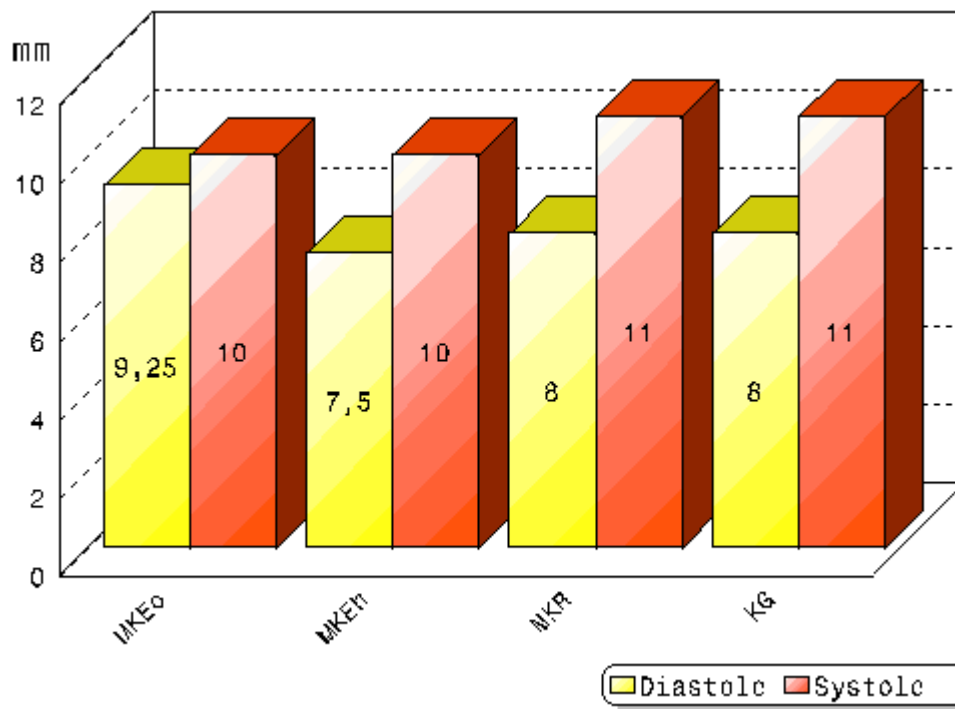


Abb. 62 Diagramm: posteriorer Papillarmuskel

Das Diagramm zeigt die Dicke des hinteren Papillarmuskels in der Diastole und in der Systole. Die Subtraktion der beiden Werte wird als Hinweis für das Ausmaß der systolischen Kontraktion genommen.

Abb. 63 Tabelle: posteriorer Papillarmuskel

	MKE <sub>o</sub>	MKE <sub>h</sub>	MKR	KG
Systole (mm)	10	10	11	11
Diastole (mm)	9,25	7,5	8	8
Differenz (mm)	0,75*	2,5	3	3

(\* = signifikant)

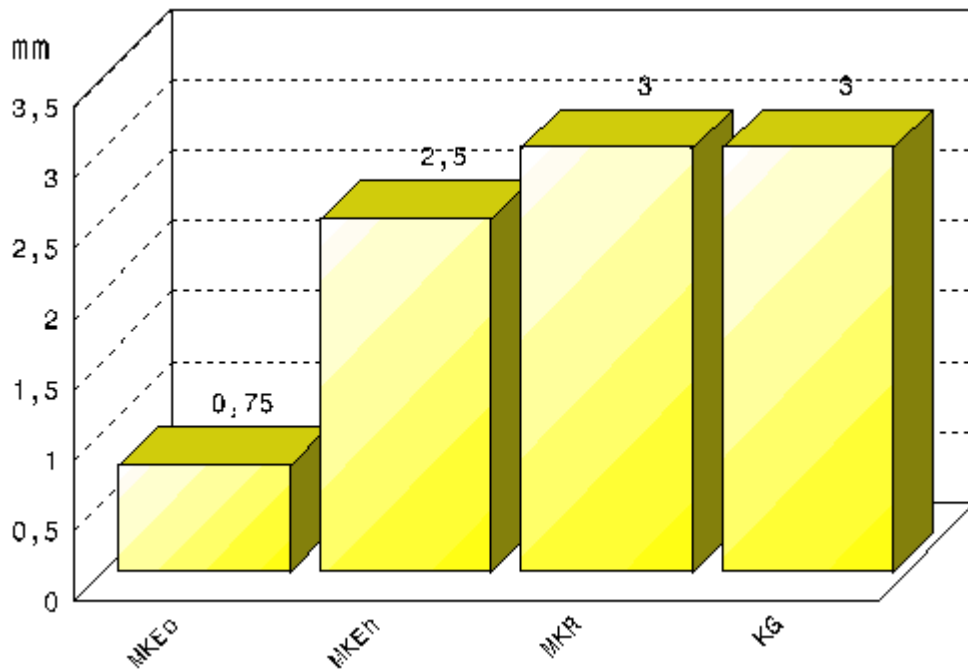


Abb. 64 Diagramm: Differenz der Dicke des posterioren Papillarmuskels

Bei der MKEh-, MKR- und Kontrollgruppe nimmt der Papillarmuskel um circa 3 Millimeter an Dicke zu. Dieser Wert beträgt bei der MKEo-Gruppe lediglich 0,75 Millimeter.

Daraus ist anzunehmen, daß nur mit Erhalt des anterioren Halteapparates der posteriore Papillarmuskel eine physiologische Kontraktion ausführen kann.

### 3.2.1.2.2 Vorderer Papillarmuskel

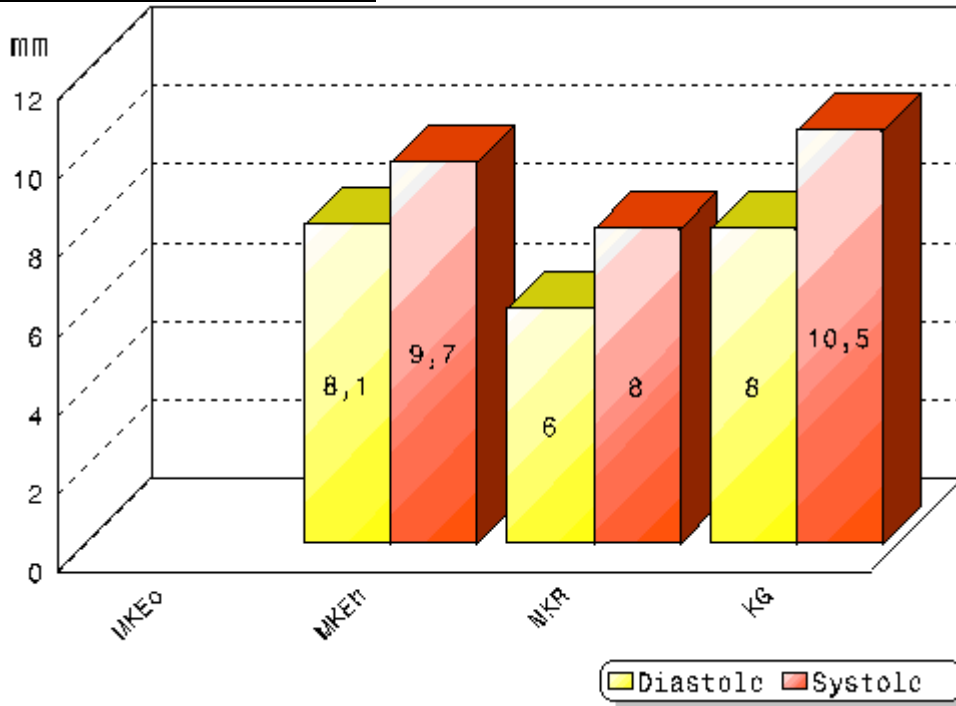


Abb. 65: Diagramm: vorderer Papillarmuskel

In dieser Grafik ist die Dicke des anterioren Papillarmuskels in Diastole und Systole dargestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen nicht. Die Dickenzunahme als Maß für die Kontraktion beträgt circa 2,5 Millimeter. Bei den Patienten der MKEo-Gruppe war der vordere Papillarmuskel echokardiographisch nicht einsehbar; es konnte somit keine Messung erfolgen.

Abb. 66: Tabelle: vorderer Papillarmuskel

	MKE <sub>o</sub>	MKE <sub>h</sub>	MKR	KG
Systole (mm)	n.s.	9,7	8	10,5
Diastole (mm)	n.s.	8,1	6	8
Differenz (mm)	n.s.	1,6	2	2,5

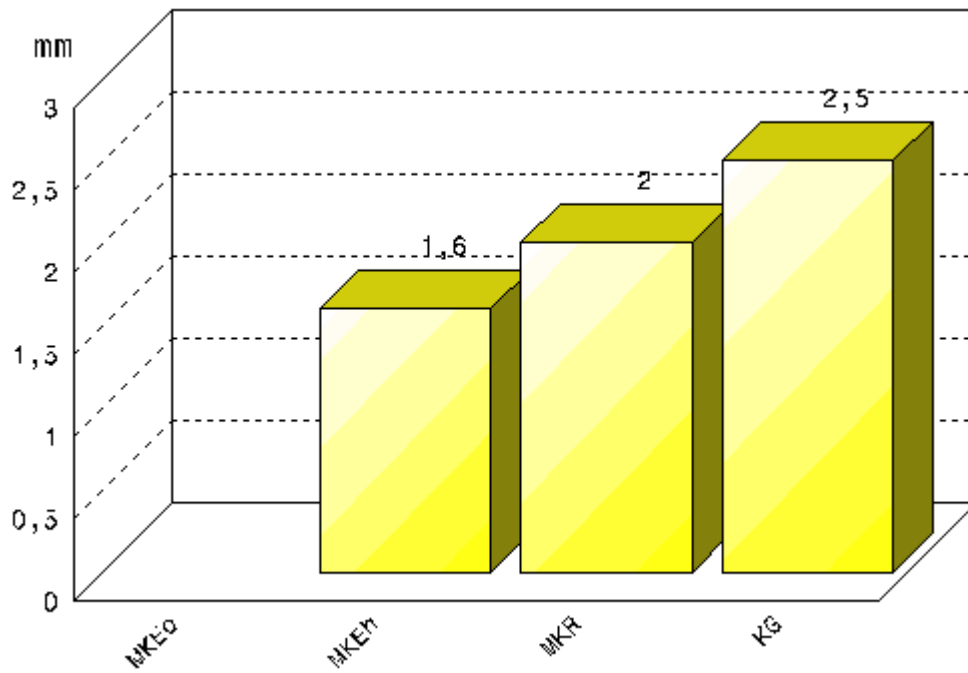


Abb. 67: Anteriorer Papillarmuskel

Dieser Grafik ist die Dickenzunahme des anterioren Papillarmuskels als Maß für eine effektive Kontraktion zu entnehmen.

### 3.2.1.3 Dimensionen der Zeit

Um den Ausgangspunkt der Ventrikelkontraktion zu lokalisieren, wurden Dimensionen der Zeit gemessen. Dabei interessierte insbesondere, ob die Kontraktion von der Herzspitze oder von den Seitenwänden ausgeht.

Es wurde dazu die Zeitdauer ermittelt, die von der Erregungsausbreitung in den Ventrikeln (Q-Welle im EKG) bis zur ersten ventrikulären Kontraktion (die man in der Echokardiographie im M-Mode wahrnimmt) vergeht. Wenn man diese Messung in der langen und in der kurzen Herzachse durchführt und dann die Meßergebnisse voneinander subtrahiert, ist berechenbar, an welcher Stelle sich der Ventrikel zuerst kontrahiert.

In der nun folgenden Tabelle sind die Meßergebnisse dargestellt:

Abb. 68 Tabelle: Zeiten bis zur Kontraktion (Zeitangabe in msec)

Q bis T	MKE <sub>o</sub>	MKE <sub>h</sub>	MKR	KG
Kurze Herzachse	396 ± 88	379 ± 42	399 ± 64	432 ± 69
Lange Herzachse	393 ± 72	360 ± 63	369 ± 41	383 ± 54
ΔZeit Dimension	3 ± 18 *	19 ± 21	30 ± 23	49 ± 15

\*= signifikant

Alle Ventrikel der Patientengruppen kontrahieren sich zuerst an der Ventrikelspitze. Beim Vergleich der Gruppen untereinander können signifikante Unterschiede festgestellt werden.



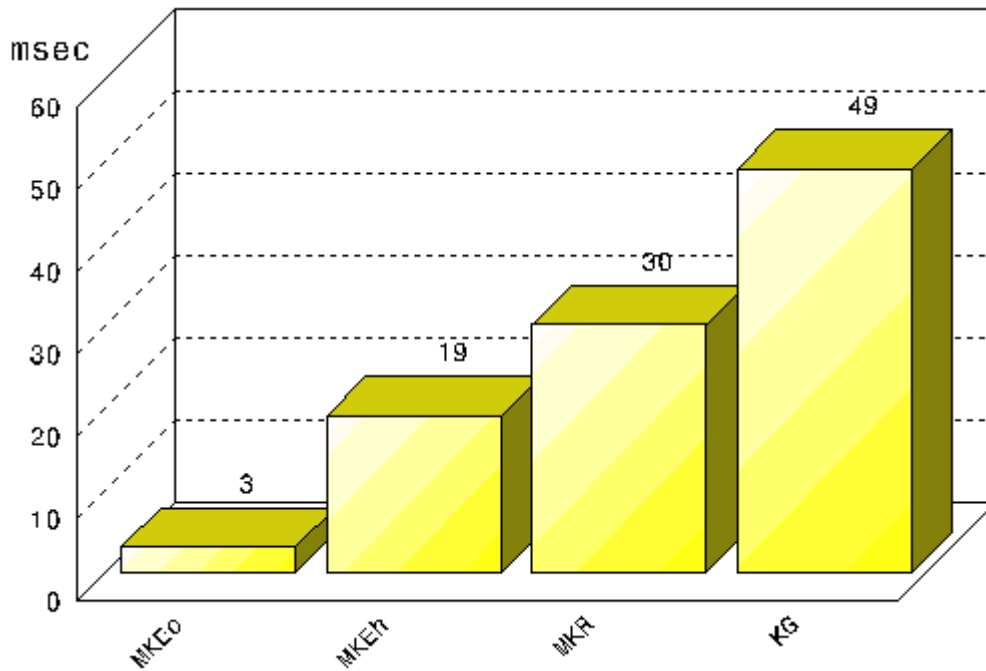


Abb. 69 Diagramm: Zeitdifferenz der Kontraktion an Ventrikelspitze und Ventrikelwand

- MKEo-Gruppe

Die Ventrikelkontraktion beginnt bei diesen Patienten 3 Millisekunden früher an der Herzspitze als an den Ventrikelseitenwänden. Im Vergleich zu den anderen Patienten ist dieser Wert signifikant niedriger.

- MKEh-Gruppe

Bei den Patienten mit Klappenprothese und anteriorem Halteapparat beginnt die Kontraktion in der Ventrikelspitze 19 Millisekunden vor den Seitenwänden.

- MKR-Gruppe

Die Kontraktion an der Herzspitze setzt bei diesen Patienten 30 Millisekunden früher ein. Bei der Kontrollgruppe ist der Wert mit 49 Millisekunden noch größer.

Man erkennt somit, daß mit Erhalt des anterioren Halteapparates sich der zeitliche Kontraktionsablauf des Ventrikels nicht mehr signifikant von der Kontrollgruppe mit gesunden Probanden unterscheidet und daß es umgekehrt nach Resektion des anterioren Halteapparates zu einem unphysiologischen Kontraktionsablauf kommt.

### 3.2.2 Erhebungen zur NYHA-Klassifikation und zur Lebensqualität

#### 3.2.2.1 NYHA-Klasse

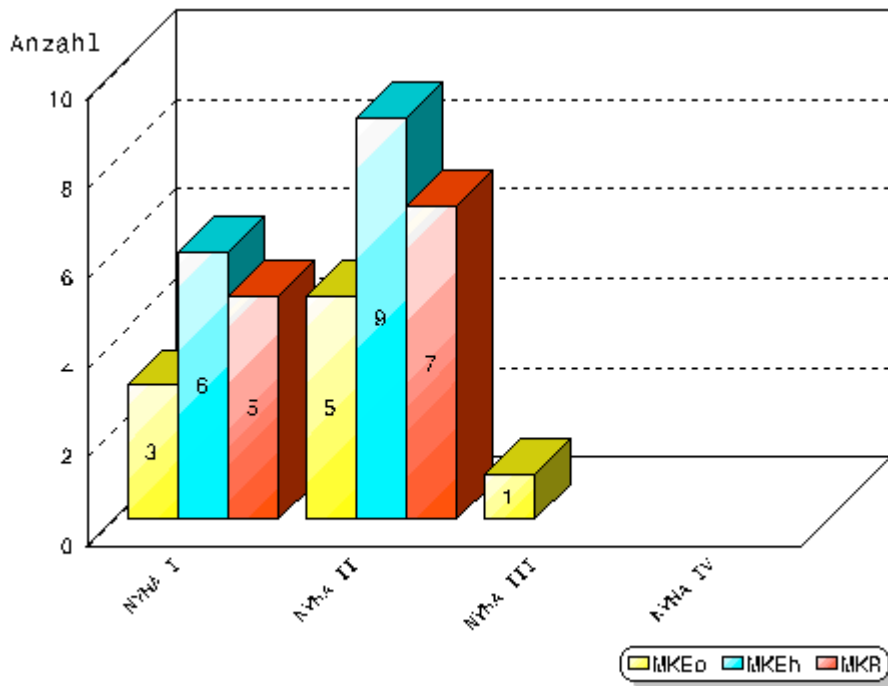


Abb. 70 Diagramm: Luftnot postoperativ bei den drei operierten Patientengruppen

Abb. 71 Tabelle: Luftnot postoperativ bei den drei operierten Patientengruppen

	MKEo	MKEh	MKR
NYHA I	3	6	5
NYHA II	5	9	7
NYHA III	1	0	0
NYHA IV	0	0	0

Der subjektive Schweregrad der Klappeninsuffizienz lag präoperativ bei allen Patienten zwischen Grad II und IV. Postoperativ besteht der Schweregrad zwischen Grad I und II. Es gibt zwischen den einzelnen Patientengruppen keine Unterschiede.

### 3.2.2.2 Subjektive Lebensqualität

In Bezugnahme auf die Lebensqualität wurde bei den Patienten mit einer Klappenprothese über die ständige Antikoagulation geklagt. Zum Teil schienen die Patienten mit einem zu geringen Quick-Wert eingestellt zu sein (diverse Hämatome an Stamm und Extremitäten). Die Patienten, die eine Bioprothese erhalten hatten, fühlten sich in einem guten Allgemeinzustand, beklagten aber die Unsicherheit, daß die Klappe irgendwann unter Umständen erneuert werden müßte. Über die beste subjektive Lebensqualität berichteten die Patienten, deren Mitralklappe rekonstruiert worden war. Unterschiede zwischen den Patienten mit und ohne anterioren Halteapparat gab es nicht.

## 4 Diskussion

„...every effort should be made to preserve the supporting structures of the patient's valve when mitral valve replacement is performed.“ (Cohn (7)).

Die ausgedehnte Wirkung des subvalvulären Apparates auf die Hämodynamik des Ventrikels wurde durch die niedrigere postoperative Sterberate verbunden mit einer besseren ventrikulären Funktion bei Patienten nach Mitralklappenrekonstruktion im Vergleich zum Mitralklappenersatz schon früh vermutet (23, 25). In dieser Arbeit fanden sich Ergebnisse, die dieses bestätigen konnten.

Bei einem gesunden Ventrikel findet im Rahmen der systolischen Kontraktion eine Verkürzung zwischen Mitralklappe und Herzspitze um circa 15 - 20 Millimeter statt. Dieser Wert wurde bei gesunden Probanden, Patienten mit Zustand nach Mitralklappenrekonstruktion oder Zustand nach Klappenersatz mit komplettem Erhalt des subvalvulären Apparates ermittelt. Bei Ersatz der Mitralklappe mit Resektion des anterioren Halteapparates, wurde eine Verkürzung um lediglich 8,8 Millimeter gemessen.

Auf die Bedeutung der Integrität der Papillarmuskel mit Chorden und Ventrikel haben Wiggers (59) und Rushmer (47) erstmalig hingewiesen. Rushmer beschrieb in seinem Artikel aus dem Jahre 1956 cinefluographische Versuche bei Hundeherzen. Bei 34 Hunden legte er radiologisch sichtbare Quecksilberbänder in und um das Herz an und maß Spannungsveränderungen während der Kontraktion. Mit dieser Technik machte er eine Entdeckung: Er stellte fest, daß dieses „... provided evidence that the motility of the valve cusps is restrained by tension exerted through the chordae tendineae...“ Er erklärte außerdem, daß „... early contraction of the papillary muscles may play an important role...“. Der mitrale Halteapparat mit Papillarmuskeln soll über die gespannten Chorden eine wichtige Rolle spielen, in dem es zum Beginn der Systole zu einer Verkürzung in der langen Herzachse kam, während der Umfang in der kurzen Achse zunahm. Somit schloß er auf eine konzentrische Kontraktion.

Um dieses zu bestätigen wurden in dieser Untersuchung hier mittels Echokardiographie Kontraktionszeiten ermittelt. Es konnte festgestellt werden, daß sich bei Erhalt des anterioren Halteapparates der Ventrikel zuerst apikal und nach 30-50 Millisekunden von den Seitenwänden her kontrahiert. Bei Resektion des anterioren Halteapparates war die Kontraktion an Herzspitze und Seitenwänden nahezu zeitgleich. Bedingt durch die anatomische Struktur des linken Ventrikels kann dieses dann nicht zu einer konzentrischen, sondern nur zu einer „tubulären“ Kontraktion führen. Dieses erklärt die wesentlichen hämodynamischen Nachteile mit einer erhöhten postoperativen Letalität und einem erhöhten postoperativen Katecholaminbedarf nach Resektion des subvalvulären Apparates bei prothetischem Klappenersatz.

Als Vorreiter der halteapparatkonservierenden Mitralkirurgie führte sie Lillehei (34) im Jahre 1964 durch. Bei 14 Patienten setzte er eine Starr-Edwards-Kugelprothese ein und nähte den

posterioren Halteapparat in den hinteren Mitralanulus ein. Somit wurde der Bluteinstrom nicht behindert und die Klappe konnte wie gewohnt arbeiten. Er beobachtete eine um 14% geringere postoperative Letalität, die er mit einer ungestört physiologischen Geometrie des Ventrikels erklärte. Anhand dieser Ergebnisse empfahl er die halteapparatkonservierende Mitralchirurgie bei Versorgung mit einer Starr-Edwards-Prothese.

Wenn der mitrale Halteapparat fehlt, sind die Veränderungen der Geometrie des linken Ventrikels ausgedehnt. Die Kontraktion ist an der Herzspitze nicht nur geringer, sondern die gesamte ventrikuläre Kontraktion wird schwächer. Diesen Effekt haben Hansen und Cahill (22) bestätigt. Sie berichteten, daß die systolische Leistung des Ventrikels beeinträchtigt wird. Im Tierversuch vermaßen sie den intraventrikulären Druckverlauf vor und nach der Resektion des mitralen Halteapparates. Der Druckverlauf verschlechterte sich um 47% (11,97 zu 6,38 mmHg).

Auf die Veränderung der linksventrikulären Geometrie ging Bonchek (2) ein. Er untersuchte 18 Patienten. Zehn von ihnen hatten eine Mitralklappenrekonstruktion und acht Patienten hatten eine künstliche Klappe mit kompletter Resektion des Halteapparates erhalten. Prä- und postoperativ erfolgte eine Herzkatheteruntersuchung. Er stellte fest, daß der enddiastolische und endsystolische Volumenindex bei den Patienten ohne Halteapparat bei gleichbleibender Ejektionsfraktion signifikant größer war. Daraus schloß er, daß der Halteapparat „prevent postoperative left ventricular dilation and moderate the increase in wall stress...“.

Vor Bonchek hatte David (11) eine ähnliche Studie durchgeführt. Er führte ebenfalls prä- und postoperative Herzkatheteruntersuchungen durch. Untersucht wurden drei Patientengruppen. Die erste Gruppe bestand aus Patienten deren Mitralklappe rekonstruiert worden war, die zweite aus Patienten mit künstlicher Herzklappe und mitralem Halteapparat und die dritte aus Patienten mit Mitralklappenersatz ohne Halteapparat. Präoperativ gab es keine signifikanten Unterschiede. Postoperativ fand er allerdings bei den Patienten mit künstlicher Herzklappe und ohne Halteapparat ein wesentlich höheres enddiastolisches und endsystolisches Ventrikelvolumen bei gleichzeitig niedrigerer Ejektionsfraktion und höherem enddiastolischem Druck. Diese Ergebnisse waren auf dem 5% Niveau signifikant.

Hetzer wies darauf schon früher hin. In seiner im Jahre 1983 (25) erschienenen Veröffentlichung beschrieb er anhand einer Beobachtung von 46 Patienten eine geringere postoperative Komplikationsrate bei Patienten mit Konservierung des posterioren Mitralsegels bei prothetischem Klappenersatz. Bei ihnen verkürzte sich nicht nur die Dauer der Abhängigkeit von positiv inotropen Substanzen, sondern auch die postoperative Beatmungszeit.

Diese Befunde konnten durch die Meßergebnisse an den Papillarmuskeln bestätigt werden. In der transösophagealen Echokardiographie, in tiefster Position, konnte eine Formveränderung der Papillarmuskeln in der kurzen Achse beobachtet werden. Die Dickenzunahme wurde als Korrelat für die systolische Kontraktion gesehen. Der posteriore Papillarmuskel nahm bei den

gesunden Probanden um 3 Millimeter an Dicke zu. Dieser Wert entspricht dem der klappenrekonstruierten und dem der prothetisch versorgten Patienten mit anteriorem Halteapparat. Demgegenüber kontrahiert sich der posteriore Papillarmuskel bei Resektion des anterioren Halteapparates bedeutend weniger. Dieses wird an der geringen Dickenzunahme von lediglich 0,75 Millimeter deutlich. Somit ist eine physiologische Kontraktion des posterioren Papillarmuskels nur bei Erhalt des anterioren Halteapparates gewährleistet. Hetzer zeigte im Jahre 1991 (28), daß es in der frühen Systole zu einer Kontraktion der Papillarmuskeln kommt, wodurch die Atrioventrikularebene stabilisiert wird. Die Ventrikelaktion wird auf die Aorta gerichtet. Wenn der subvalvuläre Apparat fehlt, kann die Mitralebene nicht stabilisiert werden, sie „...wirkt wie ein Aneurysma“.

Der anteriore Halteapparat hat somit positive Auswirkungen auf die linksventrikuläre Hämodynamik und bewirkt eine niedrigere postoperative Sterberate. Da diese Technik noch nicht sehr lange durchgeführt wird, konnte bisher noch kein positiver Einfluß auf die Langzeitüberlebensrate nachgewiesen werden. Kaul (31) hat allerdings einen positiven Einfluß beim alleinigen Erhalt des posterioren Halteapparates beim Mitralklappenersatz auf die 10-Jahresüberlebensrate feststellen können. 70% der Patienten lebten noch nach 10 Jahren bei verbliebenem posterioren Halteapparat. Demgegenüber lebten nur noch 46% der Patienten, bei denen der Halteapparat komplett reseziert worden war.

Rankin (40) untersuchte die 2-Jahresüberlebensrate der Patienten, bei denen bei ischämischer Mitralklappeninsuffizienz entweder die Klappe rekonstruiert oder unter kompletter Resektion des Halteapparates die Klappe ersetzt worden war. Während nach zwei Jahren noch 80% der Patienten mit rekonstruierter Klappe lebten, waren in der anderen Gruppe nur noch 58% am Leben.

Horstkotte (30) führte eine Studie an 100 Patienten durch. Die eine Hälfte der Patienten hatte einen mechanischen Mitralklappenersatz mit Erhalt des posterioren und die andere Hälfte ohne Erhalt des Halteapparates bekommen. Er führte nach über 20 Jahren postoperativ eine Rechtsherzkatheteruntersuchung durch. Hierbei stellte er bei den Patienten, deren posteriorer Halteapparat belassen worden war, niedrigere pulmonalarterielle Drücke, ein höheres Cardiac Index, eine höhere körperliche Belastbarkeit und eine geringere Anzahl an Komplikationen fest.

Gegenüberstellend muß erwähnt werden, daß die in dieser Arbeit untersuchten Gruppen mit jeweils unter 15 Patienten ein kleines Kollektiv darstellen. Desweiteren waren die Gruppen inhomogen. Die Patienten wiesen verschiedene Erkrankungen an der Mitralklappe auf; es gab sowohl degenerative, endokarditische als auch rheumatische Veränderungen mit den entsprechenden Vernarbungen an den subvalvulären Strukturen.

Es gibt auch Studien, in denen versucht wurde nachzuweisen, daß die Konservierung des subvalvulären Halteapparates keine hämodynamischen Vorteile haben soll.

So vermaß Björk (1) das Ventrikelvolumen. Er untersuchte prä- und postoperativ Patienten, die eine Starr-Edwards-Prothese mit Resektion der Papillarmuskeln erhalten hatten. Als Untersuchungsverfahren wählte er die Angiographie. Diese Untersuchungen erfolgten ein und zwei Jahre postoperativ. Beim Vergleich der prä- und postoperativen Daten stellte er keine Formveränderungen fest. Daraus schloß er, daß eine normale ventrikuläre Arbeit auch nach Resektion des Halteapparates gewährleistet ist. Eine vergleichende Patientengruppe, deren mitraler Halteapparat bei der Implantation der Starr-Edwards-Prothese belassen wurde, fehlte allerdings.

Rastelli und seine Kollegen (41) wollten in Tierversuchen die geringen Auswirkungen der Resektion des subvalvulären Mitralapparates beim Klappenersatz beweisen. Sie operierten 27 Hunde. Alle erhielten eine Starr-Edwards Prothese. Bei 12 Tieren wurde der komplette Mitralapparat reseziert, bei fünf verblieb der hintere Papillarmuskel mit Chorden und bei zehn Hunden wurde der vordere und hintere Halteapparat in den Mitralring miteingenäht. Intraoperativ eingelegte Polivinylkatheter in den linken Vorhof und Ventrikel, sowie in die Carotiden und Jugularvenen erlaubten postoperative Untersuchungen. Diese wiesen keine Unterschiede bei den einzelnen Gruppen auf. Somit erklärte der Autor, daß „The presence or absence of chordae tendineae was irrelevant to cardiac performance“. Auch wenn weder signifikante Druck- noch Volumenänderungen beobachtet wurden, so muß hingewiesen werden, daß diese Untersuchung keine Beurteilung der Hämodynamik des Ventrikels gestattete.

In dieser Arbeit konnte gezeigt werden, daß der anteriore mitrale Halteapparat drei wesentliche Aufgaben erfüllt:

- Er steigert die systolische Verkürzung des linken Ventrikels um 100% in der langen Achse.
- Er nimmt Einfluß auf die ventrikuläre Erregungsleitung, in der Hinsicht, daß sich der Ventrikel zuerst von apikal und dann von den Seitenwänden her kontrahiert.
- Er führt eine aktive Kontraktion aus, die den konzentrischen Kontraktionsablauf aktiv unterstützt.

Dieses hat zur Konsequenz, daß der frühpostoperative Katecholaminbedarf und die postoperative Letalität niedrig gehalten werden. In zahlreichen Studien konnten Vorteile des Erhaltes des subvalvulären Apparates gezeigt werden. Nach Entwicklung der Kippscheibenprothese sistierte dieses Operationsverfahren. Erst als die Doppelflügelklappe zur Anwendung kam, wies Hetzer erneut auf die Aufgabe des Halteapparates hin. Auch wenn bisher noch keine Daten zur Langzeitüberlebensrate vorliegen, sollte diese Operationstechnik immer erfolgen, soweit der präoperativ geschädigte Halteapparat dies erlaubt, da im Vergleich zu den genannten Vorteilen in keiner Studie Nachteile bei Erhalt des kompletten Halteapparates überzeugend dargelegt werden konnten.

## 5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es festzustellen, ob der Mitralklappenersatz unter Konservierung des vorderen und des hinteren Halteapparates hämodynamische Vorteile hat. Um dieses darzulegen, wurden Patienten im Durchschnitt ein Jahr postoperativ echokardiographisch nachuntersucht. Die Daten wurden verglichen mit den Werten gesunder Probanden und denen von Patienten mit Zustand nach Mitralklappenrekonstruktion oder Zustand nach Klappenersatz mit Resektion des vorderen subvalvulären Apparates.

Anhand der Ergebnisse wurde festgestellt, daß der anteriore Halteapparat die Kontraktion des linken Ventrikels wie folgt fördert:

- Er steigert die systolische Verkürzung des linken Ventrikels um 100% in der langen Achse.
- Er nimmt Einfluß auf die ventrikuläre Erregungsleitung, in der Gestalt, daß sich der Ventrikel zuerst von apikal und dann von den Seitenwänden her kontrahiert.
- Er führt eine aktive Kontraktion aus, die den konzentrischen Kontraktionsablauf aktiv unterstützt.

Die halteapparatkonservierende Mitralchirurgie bei Implantation einer Mitralprothese mit Erhalt des vorderen und des hinteren Halteapparates präsentiert postoperative Ergebnisse, die denen der Patienten, deren Mitralklappe rekonstruiert wurde, ebenbürtig sind.

Beim Mitralklappenersatz sollte somit immer, sofern die Papillarmuskeln und Chordae intakt sind und keine Klappenrekonstruktion in Frage kommt, der komplette Halteapparat konserviert werden.



## 6 Literaturverzeichnis

1. Björk VO  
Left ventricular function after resection of the papillary muscles in patients with total mitral valve replacement  
J Thorac Cardiovasc Surg, 48 635-9 /1964
2. Bonchek LI; Olinger GN; Siegel R; Tresch DD; Keelan MH  
Left ventricular performance after mitral reconstruction for mitral regurgitation  
J Thorac Cardiovasc surg, 88 (1) 122-27 /1984 Jul
3. Brauer L  
Die Kariolyse und ihre Indikationen  
Arch Klin Chir, 71 258 /1903
4. Burr HB, Krayenbühl C, Sutton MSJ, Panteh M  
The mitral plication suture  
J Thorac Cardiovasc Surg, 73 589 /1977
5. Carpentier A; Chauvaud S; Fabiani JN; Deloche A; Relland J; Lessana A; d'Allaines CI; Blondeau P; Piwnica A; Dubost Ch  
Reconstructive surgery of mitral valve incompetence: ten years appraisal  
J Thorac Cardiovasc Surg, 79 (3) 338-48 /1980 Mar
6. Castello R; Pearson AC; Lenzen P; Labovitz AJ  
Evaluation of pulmonary venous flow by transeophageal echocardiography in subjects with a normal heart: Comparison with transthoracic echocardiography  
J Am Coll Cardiol, 18 564-565 /1990
7. Cohn LH; Reis RL; Morrow AG  
Left ventricular function after mitral valve repair  
J Am Coll Cardiol, 16 1575-1578 /1990
8. Cutler EC; Levine SA  
Cardiotomy and valvulotomy for mitral stenosis: observations and clinical notes concerning an operated case with recovery  
Boston Med Surg J, 188 1023 /1923
9. Dahm M; Iversen S; Schmid FX; Drexler M; Erbel R; Oelert H  
Intraoperative evaluation of reconstruction of the atrioventricular valves by transeophageal echocardiography  
Thorac Cardiovasc surg, 35 140-141 /1987
10. David TE  
Mitral valve replacement with preservation of chordae tendineae: rational and technical considerations  
Ann Thorac Surg, 41 (6) 680-2 /1986
11. David TE; Uden DE; Strauss HD  
The importance of the mitral apparatus in left ventricular function after correction of mitral regurgitation  
Circulation, 74 (2) 116-120 /1986
12. Duran CG; Pomar JL; Revuelta JM; Gallo I; Poveda J; Ochoteco A; Ubago JL; Chon LH  
Conservative operation for mitral insufficiency: critical analysis supported by postoperative hemodynamic studies of 72 patients  
J Thorac Cardiovasc Surg, 79 (3) 326-37 /1980 Mar

13. Edler I  
 Ultrasoundcardiography  
 Acta Med Scand, Suppl 370 /1961
14. Edler I, Hertz CH  
 The early work of ultrasound in medicine at the University of Lund  
 J Clin Ultrasound, 5(5) 352-6 /1977 Oct
15. Feigenbaum H  
 Diagnostic ultrasound  
 Ann Intern Med, 65 (1) 185-9 /1966 Jul
16. Feigenbaum H, Waldhausen J.A., Hyde L.P.  
 Ultrasound diagnosis of pericardial effusion  
 JAMA, 191 711 /1965
17. Feikes HL; Daugharthy JB; Perry JE; Bell JH; Hieb RE; Johnson GH  
 Preservation of all chordae tendineae and papillary muscle during mitral valve replacement with a tilting disc valve  
 J Cardiac Surgery, 5 81-85 /1990
18. Firestone FA  
 Supersonic Reflectoscope, an Instrument for Inspecting the Interior of Solid Parts by Means of Sound Waves  
 J. Acoustic Soc. America, 17 287-299 /1945
19. Gams E; Heimisch W; Hagl S; Schad H; Höfter M; Muscholl M; Mandler; Sebening F  
 Die Bedeutung des subvalvulären Halteapparates (SVA) für die Funktion des linken Ventrikels (LV) beim Mitralklappenersatz (MKE): ein neues experimentelles Modell  
 Jahrestagung 1986, Bad Nauheim
20. Gibbon JH, Miller BJ et al.  
 Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery  
 Minn Med, 37 171 /1954
21. Gramiak R, Shah PM, Kraner DH  
 Ultrasound cardiography: contrast studies in anatomy and function  
 Radiology, 92(5) 939-48 /1969 Apr
22. Hansen DE; Cahill PD et al.  
 Relative contributions of the anterior and posterior mitral chordae tendineae of canine global left ventricular systolic function.  
 J Thorac Cardiovasc Surg, 93 45 (38) /1959
23. Harpole DH; Rankin JS et al.  
 Effects of standard mitral valve replacement on left ventricular function  
 Ann Thorac Surg, 49 (6) 866-73 /1990 Jun
24. Hausmann H; Siniawski H; Hotz H; Hofmeister J; Chavez T; Schmidt G; Hetzer R  
 Mitral valve reconstruction and mitral valve replacement for ischemic mitral insufficiency  
 J Card Surg, 12 8-14 /1997 Jan
25. Hetzer R; Bougioukas G; Franz M; Borst HG  
 Mitral valve replacement with preservation of papillary muscles and chordae tendineae - revival of seemingly forgotten concept  
 Thorac Cardiovasc Surgeon, 31 291-296 /1983

26. Hetzer R, Drews T; Siniawski H; Komoda T; Hofmeister J; Weng Y  
 Preservation of papillary muscles and chordae during  
 Mitral valve replacement: Possibilities and limitations  
 J Heart valve disease, 4 (suppl II) 115-123 /1995
27. Hetzer R, Warnecke H  
 Mitral reconstruction  
 Z Kardiol, 74 Suppl 6 7-14 /1985
28. Hetzer R  
 Chirurgie der Atrioventrikularklappen  
 In: Borst HG; Klinner W; Oelert H, Herzchirurgie  
 Springer-Verlag  
 Berlin Heidelberg New York 398-432 /1991
29. Hetzer R, Drews T  
 Mitral Valve Replacement  
 in: Franco KL, Verrier ED  
 Advanced Therapy in Cardiac Surgery  
 B.C. Decker, Ch 25 232-244/1999
30. Horstkotte D, Schulte HD, Bircks W, Strauer BE  
 The Effect of Chordal Preservation on Late Outcome After Mitral Valve Replacement: A Randomized Study  
 J Heart Valve Dis, 2 150-8 /1993
31. Kaul TK, Ramsdale DR, Meek D, Mercer JL  
 Mitral valve replacement in patients with severe mitral regurgitation and impaired left ventricular function  
 Int J Cardiol, 35 169-179 /1992
32. Kay JH, Magidson O, Meihaus JE, Lewis R, Egerton WS, Zubiato P, Lefevre T  
 Mitral insufficiency and mitral stenosis: Surgical treatment using the heart-lung-machine.  
 Calif Med, 95 382 /1961
33. Kronzon I; Mercurio P; Winer HE; Colvin S  
 Echokardiographie evaluation of Carpentier mitral Valvuloplasty  
 Am Heart J, 106 (2) 362-8 /1983 Aug
34. Lillehei CW; Morris MD; Levy MJ; Bonnabeau RC  
 Mitral valve replacement with preservation of papillary muscles and chordae tendineae  
 J Thorac Cardiovasc Surg, 532-543 /1964 Apr
35. Meisner H., Mayr N., Schmidt-Habelmann P., Struck E., Sebening F.  
 Die Chirurgie der erworbenen Herzklappenfehler  
 perimed-Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen, 111-15/ 1981
36. Miki, Kusuhara  
 Mitral valve replacement with preservation of the chordae tendineae and papillary muscles  
 Ann Thorac Surg, 45 28 /1988
37. Netter FH  
 Farbrantlanten der Medizin: Band 1: Herz  
 Georg Thieme Verlag Stuttgart / New York 1990
38. Peck C, Zit. Bei Meade RH  
 A history of thoracic surgery  
 Charles C Thomas, Springfield/IL, p 418 /1961

39. Ramsdell EG  
Stab wounds of the heart  
Ann Surg, 99 141 /1934
40. Rankin JS, Feneley MP, Hickey MSTJ  
A clinical comparison of mitral valve repair versus replacement in ischemic mitral regurgitation  
J Thorac Cardiovasc Surg, 95 166-177 /1988
41. Rastelli GC; Tsakiris AG; Frye RL; Kirklin JW  
Exercise tolerance and hemodynamic studies after replacement of canine mitral valve with and without preservation of chordae tendineae  
Circulation, 35 (Pt2) 134-8 /1967
42. Rehn L  
Über penetrierende Herzwunden und Herznaht  
Verh Dtsch Ges Chir, 26 151 /1897
43. Rehn L  
Über perikardiale Verwachsungen  
Med Klein, 16 999 /1920
44. Ricketts  
Injuries of the heart  
NY Med J, 77 /1993
45. Riecker G; Lüderitz B et al.  
Chronische Herzinsuffizienz  
Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 557-624 /1982
46. Rose EA; Mehmet CO  
Preservation of anterior leaflet chordae tendineae during mitral valve replacement  
Ann thorac surg, 57 768-9 /1994
47. Rushmer R  
Initial phase of ventricular systole: Asynchronous contraction  
Circulation Research, 337-342 /1956 Apr
48. Rushmer R  
Mouvements of the mitral valve  
Circulation Research, 4 337 /1956
49. Salamoni A  
Suture of heart wounds  
Centralbl Chir, 23 1224 /1896
50. Sauerbruch F  
Die Chirurgie der Brustorgane  
Springer, Berlin, 2 298 /1925
51. Schmitt W, Braun H, Kinner H  
Ultraschall-, phono-, und elektrokardiographische Untersuchungsergebnisse bei Patienten mit Mitralfehlern  
Z Kreislaufforsch, 56 (9) 939-49 /1967 Sep
52. Schmieden V  
Resectio pericardii wegen schrumpfender Pericarditis adhaesiva  
Med Klein, 16 29 /1921

53. Shore DF; Wong P; Paneth M  
Valve repair versus replacement in the surgical management of ruptured chordae: A post-operative echocardiographic assessment of mitral valve function  
J Cardiovasc Surg, 23 (5) 378-82 /1982 Sep-Oct
54. Shore DF; Wong P; Paneth M  
Results of mitral valvuloplasty with a suture plication technique  
J Thorac Cardiovasc Surg, 79 (3) 349-57 /1980 Mar
55. Souttar HS  
Surgical treatment of mitral stenosis  
Br Med J, 2 603 /1925
56. Starr A, Edwards MD  
Mitral replacement.  
Clinical experience with a ball valve prosthesis  
Am Surg, 5 726 /1961
57. Straub U, Feindt P et al.  
Mitral valve replacement with preservation of the subvalvular structures where possible: an echocardiographic and clinical comparison with cases where preservation was not possible  
Thorac Cardiovasc Surgeon, 42 2-8 /1994
58. Tandler J  
Anatomie des Herzens  
in: Bardeleben, Kv  
Handbuch der Anatomie des Menschen in 8 Bdn.  
Jena: G. Fischer, Bd 3,1, 84-90/ 1913
59. Wiggers CJ, Katz CN  
Contour of the ventricular volume curves under different conditions  
Am J Physio, 58 439 /1921
60. Wooler GH, Nixon PGF, Gimshaw VA, Watson DA  
Experience with the repair of the mitral valve in mitral incompetence  
Thorax, 17 49 /1962

## 7 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

- MKEo: Gruppe der Patienten mit Mitralklappenersatz **ohne** anterioren Halteapparat  
MKEh: Gruppe der Patienten mit Mitralklappenersatz mit anteriorem **Halteapparat**  
MKR: Gruppe der Patienten mit Mitralklappen**rekonstruktion**  
KG: **Kontrollgruppe**
- LVEDD: Linksventrikulärer enddiastolischer Diameter  
LVESD: Linksventrikulärer endsystolischer Diameter  
FS: Fractional shortening

## 8 Lebenslauf

Thorsten Norbert Herbert Drews

Geboren am 25. September 1967 in Berlin-Dahlem

Eltern:                      Justizoberamtsrätin Ingeborg Drews  
                                    Rechtsanwalt Norbert Drews

Schulischer Werdegang:

1974-1978                      Grundschulen Königin-Luise-Stiftung  
                                    und Erich-Kästner-Schule in Berlin-Dahlem  
1978-1986                      Französisches Gymnasium ("Collège Francais")  
                                    Abschluß mit dem 12. Schuljahr mit dem Abitur  
                                    (deutsches und französisches "Baccalauréat")

Studium der Medizin:

1986                              Université d'Amiens, Frankreich  
                                    im gleichen Jahr Wechsel an die Freie Universität Berlin  
April 1989                      Ärztliche Vorprüfung  
Sept. + Okt. 1989              Famulatur von zwei Monaten im Kreiskrankenhaus DAX bei Biaritz  
                                    (Frankreich)  
Sept. 1990                      1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
1991                              Famulaturen von je einem Monat in der Orthopädie in einer Praxis und  
                                    im Städtischen Krankenhaus Neukölln  
Sept. 1992                      2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
Okt. 1992 - Jan. 1993      Praktisches Jahr in der Orthopädie (Oskar-Helene-Heim)  
Jan. - Mai 1993                Praktisches Jahr in der Inneren Medizin (Klinikum Steglitz)  
Mai. - Sept. 1993              Praktisches Jahr in der Chirurgie (Klinikum Steglitz)  
24. Nov. 1993                3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
15. Dez. 1993 -                Arzt im Praktikum in der Abteilung für Chirurgie an der  
15. Juni 1995                Medizinischen Universität zu Lübeck  
seit 1. Juli 1995                Assistenzarzt im Deutschen Herzzentrum Berlin

## 9 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med R. Hetzer für die Überlassung des Themas, für die Betreuung und die Möglichkeit, am Deutschen Herzzentrum Berlin als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig zu sein.

Ferner bedanke ich mich bei Herrn Oberarzt Dr. H. Warnecke, der mir jederzeit mit Rat und Tat zur Verfügung stand.

Herrn Oberarzt Dr. J. Hofmeister danke ich ebenfalls für die fachlichen und zeitaufwendigen Korrekturen.

Zum Abschluß der Arbeit führte schließlich die Durchsicht von Herrn Oberarzt Dr. H. Hausmann, wofür ich mich herzlich bedanke.

Dankbar bin ich Herrn Dr. Siniawski, der arbeitsintensiv mit mir die echokardiographischen Untersuchungen durchführte und mir manchen hilfreichen Rat erteilte.



## **10 Versicherung**

Ich erkläre, daß ich die der Medizinischen Hochschule zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel:

### **Halteapparatkonservierende Mitralchirurgie**

#### **- Studie über 48 Patienten -**

am Deutschen Herzzentrum Berlin unter der Leitung von Prof. Dr. med. Roland Hetzer, unter der Betreuung von Oberarzt Dr. Henning Warnecke, Oberarzt Dr. Joseph Hofmeister und Oberarzt Dr. Harald Hausmann sowie unter der Unterstützung von Herrn Dr. Henryk Siniawski durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch diese oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

## 11 Erhebungsbögen

### BEFRAGUNGSBOGEN

Name:  
Datum:  
Vorname:  
Geb.-Datum:  
Gewicht (kg):  
Körpergröße (cm):

1. Hat sich Ihr Gesundheitszustand **nach** der Herzoperation gebessert?

Ja <>  
Nein <>

Der Gesundheitszustand hat sich nicht gebessert,...

a) ...weil folgende Erkrankungssymptome **geblieben** sind:

<> - Schwächegefühl, Mattheit  
<> - Luftnot:  
<> - bei schwerer körperlicher Arbeit  
<> - beim Treppensteigen  
<> - bei leichter Bewegung  
<> - in Ruhe  
<> - mehrmals nachts auf die Toilette muß  
<> - Schmerzen (bei körperlicher Belastung)  
wo traten die Schmerzen auf?

.....

b) ...weil folgende, neue Erkrankungssymptome **hinzugekommen** sind:

<> - Schwächegefühl, Mattheit  
<> - Luftnot:  
    <> - bei schwerer körperlicher Arbeit  
    <> - beim Treppensteigen  
    <> - bei leichter Bewegung  
    <> - in Ruhe  
<> - Durchblutungsstörungen ("kalte Füße", "blaue Zehen/Finger", etc.)  
<> - Blutungsneigung ("blaue Flecke")  
<> - Sensibilitätsstörungen (gefühllose Zehen, Finger, etc.)  
<> - mehrmals nachts auf die Toilette muß  
<> - Schmerzen **bei** körperlicher Belastung  
wo traten die Schmerzen auf?

.....

<> - Schmerzen **ohne** körperlicher Belastung  
wo traten die Schmerzen auf?

.....

2. Nennen Sie bitte Ihren für das Herz zuständigen Arzt:

- Name:
- Adresse:
- Telefon:
- wie oft waren Sie seit der Operation bei ihm?

3. Werden Ihre Blutwerte von Ihrem Arzt regelmäßig kontrolliert?

- ja <>
- nein <>

4. Haben Sie nach Ihrer Herzoperation MARCUMAR eingenommen?

- nein <>
- ja <> - wie lange? <> - noch jetzt
  - <> - Monate
  - <> - Tage

5. Haben Sie **vor** Ihrer Herzoperation über Luftnot geklagt?

- nein <>
- ja <>
- Wenn ja, dann...
  - <> - ...bei schwerer körperlicher Arbeit
  - <> - ...beim Treppensteigen
  - <> - ...bei leichter Bewegung
  - <> - ...in Ruhe

6. Bewältigen Sie **seit** Ihrer Herzoperation Streß besser als vorher?

- <> - besser
- <> - unverändert
- <> - eher schlechter

U N T E R S U C H U N G S B O G E N

<b>Wert:</b>	<b>Gruppe:</b>	Alter bei OP:
Luftvor:	Luftpost:	Luft

	Kurze Axe			Lange Axe		
	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum	Datum
	I	II	III	I	II	III
1. LV s/d EF/FS	—					
2. RV sd						
3. TE						
4. MÖF-T						
5. q-MÖF						
6. q-T Sp						
7. q-TE						

Anmerkungen:

	Datum	Datum	Datum
8. Hf Sin/AV			
Doppler: 9. E/A/%			
10. q-E			
11. q-A			
12. E <sub>0</sub> -E'			
13. A <sub>0</sub> -A'			
14. CO			
15. LA			
16. AoD			
17. Dp/TK			
18. MK: Geschw Dp 0 Dp ÖffnFl			
19. LV(Vo)			
20. SD s/d FS			
21. Hw s/d FS			
22. pap.M. post.: s/d/FS			
ant.: s/d/FS			
23. PulF.: I.Fdop:			
II.PWD: 1) x <sub>1</sub>			
2) x <sub>2</sub>			
3) z			
AI/MI/TI			