

**Aus dem Deutschen Herzzentrum Berlin**

**DISSERTATION**

**Operative Therapie enorm dilatierter linker Vorhöfe nach  
Hetzer:  
Ein Vergleich echokardiographischer, spirometrischer  
und radiologischer Ergebnisse**

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

**vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité  
der Humboldt-Universität zu Berlin**

**von  
Michael Hofmann  
aus Halle/Saale**

Gutachter:     1. Prof. Dr. med. Dr. h. c. mult. Roland Hetzer.  
                  2. Prof. Dr. med. Bruno Reichart.  
                  3. Prof. Dr. Christian Witt

Datum der Promotion: 21.11.2008

**Diese Arbeit ist  
meinen Eltern  
gewidmet.**

## POSTOPERATIVE VERBESSERUNGEN IM ANSCHLUSS AN EINE VERKLEINERUNGSPLASTIK BEI ENORM DILATIERTEN LINKEN VORHOF

**Einleitung:** Die Verkleinerungsplastik bei enorm dilatierten linken Vorhof kann den postoperativen Verlauf verbessern. Die Vorteile sind aber nicht klar dargelegt. Diese prospektive Studie analysierte den Einfluß der Verkleinerungsplastik nach Hetzer.

**Methoden:** 74 aufeinanderfolgende Patienten (Alter Medianwert: 66+/-12 Jahre) mit dilatiertem linken Atrium [LA] (Diameter > 65 Milimeter) und einer Mitralklappenerkrankung unterzogen sich einer Vorhofverkleinerungsplastik in Kombination mit einer Mitralklappenoperation (Verkleinerungsgruppe n=45) oder einer Mitralklappenoperation ohne Verkleinerungsplastik (Nicht-Verkleinerungsgruppe n=29). Wir verglichen präoperativ und postoperativ die Ergebnisse beider Gruppen: NYHA-Stadium, echokardiographische Parameter (LA-Diameter, LA-Index [Verhältnis des LA-Diamters zu Körperoberfläche], Ejektionsfraktion, respiratorische Funktion (Vitalkapazität [VC], 1-Sekunden-Kapazität [FEV1]), radiologische Parameter (Herz-Thorax-Verhältnis, Bifurkationswinkel, Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea). Die Nachuntersuchungen fanden 6-24 Monate (Median 17+/-14,3 Monate) postoperativ statt.

**Ergebnisse:** Postoperativ verbesserte sich die pulmonale Funktion signifikant in der Verkleinerungsgruppe (VC: p=0.045, FEV1: p=0.03) im Gegensatz zur Nicht-Verkleinerungsgruppe (VC: p=0.42, FEV1: p=0.17). Es zeigte sich ebenso eine signifikante Verkleinerung des LA-Diameters nur in der Verkleinerungsgruppe (Verkleinerungsgruppe: [präop. vs. postop.] Medianwert 82.5±39mm vs. 59±13mm, p=0.0001; Nicht-Verkleinerungsgruppe: Medianwert 59±11mm vs. 55±18mm, p=0.54). Die Resultate veranschaulichen zudem deutlichere Verbesserungen der radiologischen Parameter in der Verkleinerungsgruppe ([präop. vs. postop.] Herz-Thorax-Verhältnis p=0.001; Bifurkationswinkel p=0.002, Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea p=0.012, Winkel zwischen linken Hauptbronchus und Horizontalen p=0.002). Die Nicht-Verkleinerungsgruppe zeigt Verbesserungen allein bei dem Herz-Thorax-Verhältnis (p=0.004 und bei dem Bifurkationswinkel (p=0.005). Die NYHA-Stadien verbessern sich postoperativ ohne signifikante Differenz zwischen beiden Gruppen (p=0.066).

**Schlußfolgerung:** Die linksatriale Verkleinerungsplastik verbessert postoperativ signifikant die pulmonale Funktion und die radiologischen Parameter.

**Schlagwörter:** Herzchirurgie, linker Vorhof, herzchirurgische Prozeduren, Mitralklappe, Lungenfunktionstests

## POSTOPERATIVE IMPROVEMENTS FOLLOWING REDUCTION PLASTY OF A GIANT LEFT ATRIUM

**Objectives:** Reduction plasty of the giant left atrium might improve postoperative course but its benefits have not been clearly defined. This prospective study analyzed the influence of reduction plasty of giant left atrium.

**Methods:** Seventy-four consecutive patients (median age 66+/-12years) with a dilated left atrium [LA] (diameter>65 mm) and organic mitral valve disease underwent LA-reduction combined with mitral valve surgery ([reduction group] n=45) or mitral valve surgery without LA-reduction plasty ([non-reduction group] n=29). We compared preoperative and postoperative results of the two groups: NYHA-class, echocardiographic parameters (LA-diameter, LA-Index [ratio of the LA-diameter to body-surface-area], EF), pulmonary functions (VC, FEV1), chest-X-ray parameters (cardiothoracic ratio, carinal angle, ratio of the left main bronchus to trachea). Follow-up was 6-24 months (median 17+/-14,3 months).

**Results:** Postoperatively, the pulmonary functions improved only in the LA-reduction group (VC: p=0.045, FEV1: p=0.03) but not in the non-reduction group (VC: p=0.42, FEV1: p=0.17). Also, LA-diameter was significantly reduced only in the reduction group (reduction group, [preop. vs. postop.] median 82.5±39mm vs. 59±13mm, p=0.0001; non-reduction group, median 59±11mm vs. 55±18mm, p=0.54). The reduction group demonstrated more postoperative improvements of the chest-X-ray parameters ([preop. vs. postop.] cardiothoracic ratio p=0.001; carinal angle p=0.002, ratio of the left main bronchus to trachea p=0.012, angle of left main bronchus to horizontal p=0.002). The non-reduction group showed only improvements in cardiothoracic ratio p=0.004 and carinal angle p=0.005). NYHA-class improved postoperatively but without a difference between the groups (p=0.066).

**Conclusions:** Left atrial reduction plasty significantly improves postoperative pulmonary functions and improves chest-X-ray parameters.

**Keywords:** heart surgery, left atrium, cardiac surgical procedures, mitral valve, respiratory function tests

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Seite</b>
I. Abbildungsverzeichnis	9
II. Abkürzungsverzeichnis	11
III. Tabellenverzeichnis	12
1. Einleitung	14
1.1. Definition des enorm dilatierten linken Vorhofes	14
1.1.1. Inzidenz des enorm dilatierten linken Vorhofes	15
1.1.2. Ätiologie des enorm dilatierten linken Vorhofes	16
1.1.3. Entstehung eines enorm dilatierten linken Vorhofes	16
1.1.4. Der enorm dilatierte linke Vorhof und Vorhofflimmern	17
1.1.5. Die asymmetrische Vergrößerung enorm dilatierter linker Vorhöfe	18
1.1.6. Pathophysiologische Konsequenzen eines enorm dilatierten linken Vorhofes	19
1.1.7. Klinik des enorm dilatierten linken Vorhofes	20
1.2. Operative Verkleinerungsplastiken: Entwicklung und Ansprüche	21
1.3. Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer	28
1.4. Operative Behandlung des Vorhofflimmerns	28
2. Ziele dieser Arbeit	30
3. Patienten und Methoden	31
3.1. Patienten	31
3.1.1. Kriterien zur Diagnose „Enorm dilatierter linker Vorhof“	31
3.1.2. Indikation zur Vorhofverkleinerungsplastik	32
3.1.3. Vergleichsgruppen	32
3.1.4. Übersicht über die Patientenverteilung	34
3.1.5. Kollektivdarstellung	35
3.1.5.1. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik	35
3.1.5.2. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik	36
3.1.5.3. Patienten mit Durchführung einer linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	37
3.2. Operative Methoden	39
3.2.1. Operationstechnik der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer	39

3.2.2. Operationstechnik der linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	42
3.2.3. Anästhesiologische Betreuung der Patienten	44
3.3. Untersuchungstechniken	45
3.3.1. Radiologische Untersuchungen	45
3.3.1.1. Technische Voraussetzungen	45
3.3.1.2. Radiologische Untersuchungskriterien	45
3.3.2. Echokardiographische Untersuchung	50
3.3.2.1. Technische Voraussetzungen	50
3.3.2.2. Vorbereitung	50
3.3.2.3. Ablauf	51
3.3.2.4. Protokoll der echokardiographischen Untersuchung	52
3.3.3. Lungenfunktionsprüfung	53
3.3.3.1. Technische Voraussetzungen	53
3.3.3.2. Protokoll der Lungenfunktionsprüfung	53
3.3.4. Erhebungen zur NYHA-Klassifikation	54
3.3.5. Definition des Low-cardiac-output-Syndroms	55
3.3.6. Nachuntersuchung	55
3.4. Statistische Auswertung	56
4. Ergebnisse	57
4.1. Präoperative Daten der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof bzw. linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	57
4.1.1. Patientendaten/ Diagnosen/ Klinik	57
4.1.2. Echokardiographische Parameter	61
4.1.3. Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfungen	64
4.1.4. Auswertung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen in 2 Ebenen	67
4.1.5. Operationsdaten/ postoperative Daten	71
4.2. Vergleich der Gruppengesamtheiten mit den nachuntersuchten Patienten	74
4.2.1. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik	74
4.2.2. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik	74
4.2.3. Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	74

4.3.	Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse innerhalb der Patientengruppen	75
4.3.1.	Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	75
4.3.2.	Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	79
4.3.3.	Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	80
4.4.	Vergleich der Untersuchungsergebnisse innerhalb der nachuntersuchten Patientengruppen	81
4.5.	Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse	90
4.6.	Ausgewählte Kasuistiken	91
5.	Diskussion	94
6.	Schlussfolgerungen	101
7.	Zusammenfassung	102
8.	Literaturverzeichnis	104
9.	Anlagen	
	Anlage 1: Übersicht über die präoperativen Daten der Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik, ohne Vorhofverkleinerungsplastik mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	113
	Anlage 2: Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	120
	Anlage 3: Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	123
	Anlage 4: Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	126
	Anlage 5: Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der nachuntersuchten Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik, ohne Vorhofverkleinerungsplastik und linksatrialer Maze-/ Hochfrequenz-Ablation-Prozedur	129

(Danksagung, Erklärung an Eides statt, Lebenslauf)

## I. Abbildungsverzeichnis

	<b>Seite</b>
Abb.1: Raffung des linken Vorhofes nach Johnson (aus: Johnson et al, Surgery 1967; 61: 118-21)	23
Abb.2: Verkleinerung nach Kawazoe (aus: Kawazoe et al, Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 1983; 85: 885-892)	24
Abb.3: Verkleinerung nach Isomura (aus: Isomura et al, Journal of Cardiac Surgery 1993; 8: 365-370)	25
Abb.4: Vorhofverkleinerung nach Lessana (aus: Lessana et al, The Annals of Thoracic Surgery 1999; 67: 1164-5)	26
Abb.5: Verkleinerungsplastik nach Sinatra (aus: Sinatra et al, European Journal of Cardio-thoracic Surgery 2001; 20: 412-14)	27
Abb.6: Verkleinerungsplastik nach Dzemeshkevich (aus: Dzemeshkevich et al, Journal of Cardiovascular Surgery 2001; 42: 505-8)	27-28
Abb.7: Verteilung der drei Patientengruppen	34
Abb.8: Operationsschritte der Vorhofverkleinerungsplastik	40
Abb.9: Operationsschritte der linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur (Berlin Modification) – (aus: Pasic et al, The Annals of Thoracic Surgery 2001; 72: 1484-91)	43
Abb.10: schematische Darstellung des Herz-Thorax-Verhältnisses	45
Abb.11: schematische Darstellung des Bifurkationswinkels	46
Abb.12: schematische Darstellung des Winkels zwischen dem linken Hauptbronchus und der Horizontalen	47
Abb.13: schematische Darstellung der Breite des linken Vorhofes	47
Abb.14: schematische Darstellung des Verhältnisses zwischen linkem Hauptbronchus und Trachea	48
Abb.15: linksatriale Vergrößerung und Verdrängung des rechten Oberlappens (2) und linken Hauptbronchus (3) – (links: normale Verhältnisse, rechts: bei linksatrialer Vergrößerung) – Trachea (1)	49
Abb.16: Darstellung des Alters (Medianwerte)	57
Abb.17: Anteil der Patienten mit Trikuspidalklappenitium (TV) an der Gesamtheit	58
Abb.18: Anteil der Patienten mit Z.n. Mitralklappenoperation	59
Abb.19: Häufigkeit des präoperativen Lungenödems	60

Abb.20:	Vergleich der präoperativen LA 1-Diameter	61
Abb.21:	Zusammenhang zwischen LA1-Index und der Dauer des Bestehens einer Arrhythmia absoluta	62
Abb.22:	präoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion	63
Abb.23:	präoperative inspiratorische Vitalkapazität (VC IN)	64
Abb.24:	präoperative funktionelle Vitalkapazität (FVC)	65
Abb.25:	präoperative 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1)	66
Abb.26:	präoperatives Herz-Thorax-Verhältnis	67
Abb.27:	präoperativer Bifurkationswinkel	68
Abb.28:	präoperativer Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen	69
Abb.29:	präoperatives Double-density-Zeichen	69
Abb.30:	präoperatives Verhältnis der Breite des linken Hauptbronchus zur Breite der Trachea	70
Abb.31:	Einfluss der Trikuspidalklappenoperation (TKR) auf die Aortenklammzeit bei Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof mit bzw. ohne Vorhofverkleinerungsplastik	71
Abb.32:	Beatmungszeiten bis zur Extubation	73
Abb.33:	prä- und postoperatives Herz-Thorax-Verhältnis in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik	76
Abb.34:	prä- und postoperative inspiratorische Vitalkapazität in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik	77
Abb.35:	prä- und postoperative 1-Sekunden-Kapazität in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik	77
Abb.36:	Verteilung der NYHA-Klassen prä- und postoperativ bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	78
Abb.37:	Verteilung der NYHA-Klassen prä- und postoperativ bei Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	79
Abb.38:	LA-Index prä- und postoperativ bei Patienten mit und ohne Vorhofverkleinerungsplastik	81
Abb.39:	prä- und postoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion	83
Abb.40:	postoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion	84
Abb.41:	Anzahl der Re-Mitralklappeneingriffe bei Patienten mit bzw. ohne linksatriale Reduktion	85
Abb.42:	postoperatives Herz-Thorax-Verhältnis	87

Abb.43:	postoperativer Bifurkationswinkel	88
Abb.44:	Beatmungszeiten bis zur Extubation	89
Abb.45:	CT-Thorax: links – präoperativ, der linke Vorhof reicht bis an die rechte Thoraxwand; rechts – postoperativ	91
Abb.46:	Röntgen-Thorax: links – präoperativ (deutliches Double-density-Zeichen); rechts – postoperativ	92
Abb.47:	Röntgen-Thorax: links – präoperativ mit randbildendem linkem Vorhof und extremer Aufspreizung der Abgangswinkel beider Hauptbronchien; rechts – postoperativ, deutlich kleinere Herzbreite	93

## II. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
KÖF	Körperoberfläche
ml	Milliliter
mm	Millimeter
NYHA	New York Heart Association
Tab.	Tabelle

### III. Tabellenverzeichnis

	<b>Seite</b>
Tab.1: Übersicht über Vorhofverkleinerungs- und Vorhofreduktionsplastiken	23
Tab.2: Patientendaten der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik	35
Tab.3: Patientendaten der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik	36
Tab.4: Patientendaten der Gruppe mit Durchführung einer linksatrialer Maze-/Hochfrequenz-Ablation-Prozedur	37
Tab.5: Vergleich des Alters	58
Tab.6: Vergleich der Dauer des präoperativen Bestehens einer Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern	59
Tab.7: Vergleich des präoperativen linksatrialen Diameters LA 1	61
Tab.8: Vergleich der präoperativen linksventrikulären Ejektionsfraktion	63
Tab.9: Vergleich der präoperativen inspiratorischen Vitalkapazität (VC IN) (Ist/ Soll %)	63
Tab.10: Vergleich der präoperativen funktionellen Vitalkapazität (FVC) (Ist/ Soll %)	65
Tab.11: Vergleich der präoperativen 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1) (Ist/ Soll %)	66
Tab.12: Vergleich des präoperativen Herz-Thorax-Verhältnisses	67
Tab.13: Vergleich des präoperativen Bifurkationswinkels	68
Tab.14: Vergleich des präoperativen Winkels des linken Hauptbronchus zur Horizontalen	68
Tab.15: Vergleich des präoperativen Double-density-Zeichens	70
Tab.16: Vergleich des linken Hauptbronchus-Trachea-Verhältnisses	70
Tab.17: Univariate Analyse unabhängiger Variablen und Einfluss auf die Aortenklemmzeit – Auswertung der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof	72
Tab.18: Vergleich der Entwöhnungszeiten vom Respirator	72
Tab.19: Vergleich der linksatrialen Diameter	75
Tab.20: Vergleich des Herz-Thorax-Verhältnisses	76
Tab.21: Vergleich der inspiratorischen Vitalkapazität	77

Tab.22:	Vergleich der 1-Sekunden-Kapazität	78
Tab.23:	Vergleich prä- und postoperative linksatriale Diameter bei Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur	80
Tab.24:	Vergleich der postoperativen linksatrialen Diameter	82
Tab.25:	Vergleich der postoperativen linksventrikulären Ejektionsfraktion	83
Tab.26:	Vergleich der postoperativen Herz-Thorax-Verhältnisse	86
Tab.27:	Vergleich der postoperativen Bifurkationswinkel	87
Tab.28:	Vergleich der Zeiten der Entwöhnung vom Respirator	88
Tab.29:	Darstellung von signifikanten postoperativen Verbesserungen in den untersuchten Gruppen im Vergleich mit den präoperativen Ausgangswerten	90

# 1. Einleitung

## 1.1. Definition des enorm dilatierten linken Vorhofes

Ein linker Vorhof wird als enorm dilatiert betrachtet, wenn die linksatrialen Diameter größer als 65 mm oder das Füllungsvolumen größer als 250 ml sind. Die Vergrößerung führt zu einer Kompression der umliegenden Strukturen mit Beeinflussung der Organfunktion.

Im Jahr 1901 beschrieben Owen und Fenton erstmals das Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes in Verbindung mit einem Mitralklappenfehler, bei einer Patientin nach rheumatischem Fieber (52). Seither bemühen sich Pathologen, Radiologen, Kardiologen und Chirurgen um eine genaue Beschreibung dieses Krankheitsbildes. Bislang existiert allerdings noch keine einheitliche Definition (47, 51, 56, 61). Zudem ist die mit dem Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes verbundene Pathophysiologie nicht vollständig verstanden.

Die Versuche, einen enorm dilatierten linken Vorhof zu definieren, richteten sich nach den zur Verfügung stehenden diagnostischen Methoden. Radiologische Verfahren und die Herzkatheteruntersuchung erlauben eine Aussage über das Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofs. Nach Einführung und Etablierung der echokardiographischen und computer-tomographischen Untersuchungsmethoden standen Verfahren zur Verfügung, die zudem eine exakte Größenbestimmung des linken Vorhofes ermöglichen.

Das Volumen des linken Vorhofes, normalerweise etwa 140 ml (25), bildet die Grundlage der Definition von Owen und Fenton als auch von Minkowski (48, 52). Letzterer beschrieb einen historischen Fall eines linken Vorhofes, dessen Volumen schätzungsweise drei Liter betrug (48). DeSanctis und Mitarbeiter benutzten als wichtigstes Untersuchungsverfahren die Thoraxröntgenaufnahme (9). Der Nachweis einer Berührung der rechten Thoraxwand durch den linken Vorhof, erfüllte das diagnostische Kriterium eines enorm dilatierten linken Vorhofes. Zusätzlich wurde mittels der Thoraxröntgenaufnahme eine Evaluation des linksatrialen Volumens versucht. Für Piccoli und Kollegen lag ein enorm dilatierter linker Vorhof dann vor, wenn die Thoraxröntgenaufnahme ein Herz-Thorax-Verhältnis ergab das größer als 0,7 war (58). Hinzu kamen angiographische und echokardiographische Untersuchungsmethoden, mit deren Hilfe man eine deutliche Vergrößerung des linken Vorhofes zeigen konnte. Bereits 1974 bezeichneten Kronzon und Mitarbeiter die

echokardiographische Untersuchung als die Methode der Wahl unter den nichtinvasiven Untersuchungsmethoden und stellten zudem eine gute Korrelation zwischen echokardiographischen und angiographischen Untersuchungsergebnissen fest (37). Zu den bisher erwähnten Kriterien wählten Di Eusanio und Kollegen ein zusätzliches Merkmal. Der intraoperative Nachweis einer linksatrialen Vergrößerung von mehr als acht Zentimetern in der anteroposterioren Ausdehnung, ergänzte die bisher vorgeschlagenen Charakteristika eines enorm dilatierten linken Vorhofes (10).

Beppu und Mitarbeiter definierten den linken Vorhof als enorm vergrößert, wenn die linksatriale Dimension mehr als 65 mm in der echokardiographischen Untersuchung beträgt, es in der B-Mode-Echokardiographie zum Nachweis eines einwärts gerichteten Segmentes der posterobasalen Wand des linken Ventrikels kommt und dieses Segment zugleich eine Größe von mehr als 30mm aufweist (3). Dieser Definition schlossen sich in der Folge weitere Autoren an (33, 47, 74).

Zusätzlich schlugen Kawazoe und Kollegen vor, die Diagnose einer deutlichen linksatrialen Vergrößerung vom Vorliegen entsprechender pathophysiologischer Konsequenzen abhängig zu machen (33). Sie ordneten dem Krankheitsbild eines enorm dilatierten linken Vorhofes das Vorhandensein von hämodynamischer Störungen und respiratorischer Dysfunktionen, infolge bronchopulmonaler Kompression zu (33).

### 1.1.1. Inzidenz des enorm dilatierten linken Vorhofes

Entsprechend den variierenden Definitionen, wird die Inzidenz eines enorm dilatierten linken Vorhofes in der Literatur ebenfalls unterschiedlich angegeben.

So wird das Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes in Verbindung mit einem operationswürdigen Mitralklappenvitium mit 1 bis 18,5 % angegeben (2, 10, 34, 36, 60). Diese große Variabilität der Inzidenz hängt von den verschiedenen Definitionen des Krankheitsbildes, von der Indikationsstellung zu einer Mitralklappenoperation, von den verwendeten Untersuchungsmethoden und von der Anzahl der an der Untersuchung beteiligten Patienten ab.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass bei Patienten mit einer enormen Vergrößerung des linken Vorhofes der Anteil der weiblichen Patienten überwiegt (3).

### 1.1.2. Ätiologie des enorm dilatierten linken Vorhofes

Bei der Erstbeschreibung eines enorm dilatierten linken Vorhofes durch Owen und Fenton, lag diesem eine Mitralklappenerkrankung infolge eines rheumatischen Fiebers zugrunde (52). Diese Beobachtung wiederholte sich in zahlreichen Untersuchungen bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof. Daher wird die rheumatische Mitralklappenerkrankung als Hauptursache der extremen Dilatation des linken Vorhofes angesehen (3, 9, 10, 14, 26, 27, 29, 37, 36, 57, 64, 68). Für DeSanctis und Mitarbeiter ist die enorme Dilatation des linken Vorhofes sogar eine der frühesten Manifestationen einer rheumatischen Mitralklappenerkrankung (9). Die Frage, ob allerdings eine Mitralklappeninsuffizienz oder -stenose das prädominierende Mitralklappenvitium darstellt, bleibt unbeantwortet. Unabhängig von der Größe des Patientenkollektivs und der Definition eines enorm dilatierten linken Vorhofes, zeigten verschiedene Studien unterschiedliche Ergebnisse (9, 14, 18, 34, 35, 36, 60 61).

Kent und Kollegen ziehen zusätzlich entzündliche und degenerative Prozesse, beschränkt auf die Vorhofmuskulatur, in Betracht (34). Rogers und Mitarbeiter berichten von Fällen einer chronischen konstriktiven Perikarditis mit Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes (64). Hougen und Kollegen unterscheiden zusätzlich angeborene Erweiterungen des linken Vorhofes von den Erworbenen.

Ätiologisch sind bei den erworbenen Dilatationen rheumatische Mitralklappenerkrankungen, Tuberkulose und Myokarditiden als mögliche Ursachen zu berücksichtigen (26). Daneben gibt es Fälle einer angeborenen aneurysmatischen Erweiterung, die in keinem Zusammenhang zu einer Mitralklappenerkrankung stehen (22).

### 1.1.3. Entstehung eines enorm dilatierten linken Vorhofes

Die Entstehung eines enorm dilatierten linken Vorhofes ist nicht im Detail geklärt. Experimentelle Modelle konnten diesen Befund nicht vollständig reproduzieren.

DeSanctis und Mitarbeiter kamen zu dem Schluss, dass es nach Ablauf des rheumatischen Fiebers zum frühen Einsetzen von Vorhofflimmern kommt (9). Die rheumatische Karditis, welche die Vorhofmuskulatur in die entzündlichen Prozesse mit einbezieht, wird für das Vorhofflimmern verantwortlich gemacht (36). Zusätzlich führen die entzündlichen Veränderungen an der Herzklappe zum Auftreten einer Mitralklappeninsuffizienz, die von einigen Autoren als das prädominierende Vitium angesehen wird (9, 36, 60). Neben den Entzündungsprozessen entsteht durch die Regurgitation konsekutiv eine hämodynamische

Belastung der geschädigten linksatrialen Muskulatur. Daraus kann im weiteren Verlauf eine enorme Vergrößerung des linken Vorhofes resultieren (9, 11, 12, 36, 60). Eine logarithmische Beziehung zwischen der linksatrialen Größe und dem Bestehen der Mitralklappeninsuffizienz wurde von Pizzarello und Kollegen demonstriert (59).

Im Gegensatz dazu, sehen andere Autoren die Mitralklappenstenose als vorherrschendes Vitium an (18, 35). Allerdings fanden Keren und Kollegen keine Korrelation der linksatrialen Vergrößerung zu der Mitralklappenöffnungsfläche, dem transvalvulären Druckgradienten oder dem linksatrialen Druck (35).

Als eine erhöhte Compliance betrachten Isomura und Mitarbeiter die extreme Dilatation des linken Atriums, die durch ein chronisches Mitralklappenitium verursacht wird. Das als Compliance beschriebene Fehlen einer überhöhten v-Welle, trotz eines deutlich erhöhten Regurgitationsvolumens, spiegelt die kompensatorische Rolle der enorm dilatierten linken Vorhöfe wieder. Diese kompensatorische Rolle besteht in der Verhinderung der Weiterleitung linksatrialer Druckanstiege, mit Reduktion der pulmonalen Stauung und Verbesserung der Kreislauffunktion bei Mitralklappenitien. (29). Eine Meinung, die auch schon Johnson und Kollegen vertraten und später von Sinitra und Mitarbeitern erneut aufgegriffen wurde. Sie beobachteten bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof einen geringer ausgeprägten pulmonalen Hypertonus, als bei Patienten mit normal großen linken Vorhöfen und Mitralklappenitium (30, 71).

Harmjanz und Kollegen erklärten den ungewöhnlichen Anstieg der Compliance mit dem Zeitfaktor. Das rheumatische Fieber liegt oft sehr lange zurück, und die Beschwerden treten meist erst nach über 10 Jahren auf (19).

#### 1.1.4. Der enorm dilatierte linke Vorhof und Vorhofflimmern

Diese ersten Erklärungsansätze bei Patienten mit Vorhofflimmern und einem enorm dilatierten linken Vorhof nach rheumatischem Fieber (rheumatisches Fieber → rheumatische Karditis → Vorhofflimmern → linksatriale Vergrößerung), wurden durch andere Autoren überarbeitet (21, 61, 67, 74). Ihrer Meinung nach kommt es durch ein Mitralklappenitium und durch die degenerative Veränderung des linksatrialen Myokards, nach Ablauf des rheumatischen Fiebers, zu einer hämodynamischen Belastung der Vorhofmuskulatur, mit einer allenfalls geringgradigen Dilatation. Diese Vorhofdilatation führt aber zu einer Ausdünnung und Fibrosierung, mit teilweiser Kalzifikation der Vorhofmuskulatur. Infolge

dessen können Störungen der elektrischen Aktivität und Kontraktilität auftreten. Durch die Entstehung von Wiedereintritts-Mechanismen bilden sich die Erregungsleitungen inhomogen aus. Erst dadurch kommt es zum Auftreten von Vorhofflimmern, welches die atriale Dilatation dann aber deutlich verstärken kann (21, 67, 74). Folglich besteht eine enge Korrelation zwischen dem Vorliegen von Vorhofflimmern und der linksatrialen Größe. Henry und Mitarbeiter stellten in einem Patientenkollektiv mit rheumatischer Mitralklappenerkrankung fest, dass bei einem linksatrialen Diameter größer als 45 mm 89% der Patienten Vorhofflimmern zeigen (21). Di Eusanio und Kollegen diagnostizierten ein Vorhofflimmern bei 70% der Patienten, mit einem enorm dilatierten linken Vorhof (10). Außerdem konnte ein weiterer Zusammenhang gezeigt werden. Die linksatriale Größe ist direkt abhängig von der Dauer des Bestehens des Vorhofflimmerns (61, 21).

Dieses Vorhofflimmern bei enorm dilatierten Vorhöfen, welches bedingt ist durch strukturelle Veränderungen des linksatrialen Gewebes, ist zudem erfahrungsgemäß refraktär gegenüber einer elektrischen Kardioversion (74).

#### 1.1.5. Die asymmetrische Vergrößerung enorm dilatierter linker Vorhöfe

Einen Aspekt bei der Untersuchung der Vorhofdilatation beleuchteten Patton und Kollegen, welche die linksatriale Bewegung während der einzelnen Herzaktionsphasen echokardiographisch untersuchten. Sie stellten fest, dass der posterosuperiore Teil der linksatrialen Wand, wahrscheinlich über die Fixation durch die Pulmonalvenen, adynam ist. Nur der posteroinferiore Teil bewegt sich während der Systole und reflektiert dadurch die systolische Füllung des linken Vorhofes über die Pulmonalvenen. Die Folge ist eine exzentrische linksatriale Ausdehnung. Kommt es nun durch rheumatisches Fieber oder Papillarmuskeldysfunktion zur Entstehung einer Mitralklappeninsuffizienz, erfolgt auch eine unterschiedliche Belastung einzelner Wandabschnitte des linken Vorhofes. Dies ist nach Patton eine mögliche Erklärung für das Vorliegen asymmetrisch dilatierter linker Vorhöfe (57). Ein wesentlicher Punkt, auf den auch andere Autoren zum Beispiel hinsichtlich der Definition oder Beschreibung eines enorm dilatierten linken Vorhofes aufmerksam gemacht haben (3, 38, 39, 56). Als Konsequenz dieser asymmetrischen linksatrialen Vergrößerung, kann es bei einigen Patienten zu einer Verlagerung des interatrialen Septums kommen. Dies führt laut Minagoe und Kollegen zu einer Beeinflussung des Blutrückflusses im Mündungsbereich der unteren Hohlvene zum rechten Vorhof (47) und ruft Symptome der Rechtsherzbelastung hervor.

### 1.1.6. Pathophysiologische Konsequenzen eines enorm dilatierten linken Vorhofes

Ein enorm dilatierter linker Vorhof führt zu zahlreichen pathophysiologischen Veränderungen. Zwei Konsequenzen, welche mit diesem Krankheitsbild verbunden werden, sind:

1. respiratorische Dysfunktionen und
2. hämodynamische Störungen.

Die respiratorischen Dysfunktionen werden durch die Spreizung der Hauptbronchien, eine Kompression des linken Hauptbronchus und/oder des rechten Lungenmittel- und Unterlappens, mit der Entstehung von Kompressionsatelektasen, verursacht (3, 9, 29, 33, 36, 39, 52, 64, 71, 74). Daraus resultiert eine restriktive Ventilationsstörung, mit obstruktiver Beteiligung (29). Die häufig beobachtete Vergrößerung des linken Vorhofes nach rechts, verbunden mit der Kompression des rechten Lungenmittel- bzw. Unterlappens, scheint nach DeSanctis und Kollegen darin begründet, dass die Wirbelsäule und die anderen Herzhöhlen eine Vergrößerung in andere Richtungen behindern (9).

Zudem werden die respiratorischen Dysfunktionen durch das Vorliegen einer pulmonalen Hypertonie verstärkt (64, 33, 3). Serra und Mitarbeiter berichten von einer zusätzlichen Kompression der linken Pulmonalarterie, welche eine pulmonale Hypertonie noch deutlich verstärken kann (69).

Hämodynamische Störungen sind zum einen Folge einer Kompression des posterobasalen Teils der Hinterwand des linken Ventrikels (29, 33, 69, 74) und zum anderen die Folge von Arrhythmien. Die Kompression des posterobasalen Teils der Hinterwand des linken Ventrikels, mit Verschiebung in Richtung des interventrikulären Septums, führt zu einer paradoxen Bewegung. Im Ergebnis ist die Mitralklappenöffnung beeinträchtigt und der Bluteinstrom in den linken Ventrikel wird gestört. Dies ist mitverantwortlich für das Eintreten einer Herzinsuffizienz mit einem erniedrigtem Herzminutenvolumen (low output failure) (13, 33, 74). Durch den Wegfall der atrialen Füllung wird dies noch verstärkt (61). Fibrosierungen und Kalzifikationen führen im Verlauf zu der Entstehung von Vorhofflimmern und zu einer membranösen Umwandlung der linksatrialen Wand. Konsekutiv kommt es zu einem Verlust der Vorhofkontraktilität (48, 67, 74).

Eine Untersuchung der Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof bei Mitralklappenitium, zeigt häufig ein gleichzeitiges Vorliegen einer Trikuspidalklappeninsuffizienz (9, 10, 17, 29, 40, 48, 47, 60, 70) und entsprechend die Ausbildung einer rechtsventrikulären

Stauungssymptomatik (29). Bei einer isolierten Vergrößerung des linken Vorhofes, kommt es durch die Verlagerung des interatrialen Septums zu einer Kompression des rechten Vorhofes mit der Simulation einer Trikuspidalklappeninsuffizienz (58, 10), bei der intraoperativ kein Interventionsbedarf besteht (10). Ein Interventionsbedarf liegt in 50% der Fälle mit Trikuspidalklappeninsuffizienz vor, wenn gleichzeitig eine rechtsatriale Dilatation besteht (10). Eine andere Ursache, welche das Auftreten einer funktionellen Trikuspidalklappeninsuffizienz erklärt, ist die pulmonale Hypertonie (11). Zu Symptomen eines Rechtsherzversagens, ohne Vorliegen einer Trikuspidalklappeninsuffizienz, kann es durch die Verlagerung des interatrialen Septums bei asymmetrischer Vergrößerung des linken Vorhofes kommen, welche zu einer Obstruktion der Mündung der unteren Hohlvene in den rechten Vorhof führen kann (47).

#### 1.1.7. Klinik des enorm dilatierten linken Vorhofes

Eine allmähliche Vergrößerung des linken Vorhofes nach überstandener rheumatischer Fieber, kann über einen sehr langen Zeitraum asymptomatisch sein. Bei stationärer Aufnahme zeigt sich bei Patienten mit Mitralklappenitium und enorm dilatiertem linkem Vorhof dann aber eine deutlich verminderte körperliche Belastbarkeit, mit stark ausgeprägter kardialer Kachexie (9, 11, 14, 17, 36, 37, 60, 64). Klassifiziert entsprechend der Stadieneinteilung bei Herzinsuffizienz der New-York-Heart-Association (63), liegt bei den Patienten zu diesem Zeitpunkt ein Stadium III oder IV vor (10, 40).

Die Kompression der Lunge und des linken Hauptbronchus und das Auftreten von Pleuraergüssen und pulmonaler Hypertonie, welche durch die Kompression der Lungenarterie gesteigert werden kann, führen zu der Ausbildung einer kombinierten Ventilationsstörung mit überwiegender Restriktion (17, 29), aber auch Obstruktion. Der Patient kann an einer Dyspnoe-Symptomatik (14, 18, 33, 36, 39, 52, 68, 69), kardialer Bronchitis (64) und Hämoptysis (9) leiden. Kompressionsatelektasen sind die Ursache für das gehäufte Auftreten von Pneumonien (64).

Durch die enorme Dilatation, mit zum Teil riesigen Füllungsvolumina und dem Fehlen von geordneten linksatrialen Bewegungen (Vorhofflimmern/ strukturelle Veränderungen), wird die Entstehung von linksatrialen Thromben begünstigt. Das Risiko für thromboembolische Ereignisse, ist bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof deutlich erhöht (10, 18, 23, 29, 58, 64, 67, 71, 74).

Liegt zusätzlich eine strukturelle Schädigung der Trikuspidalklappe oder eine funktionelle Trikuspidalklappeninsuffizienz vor, zeigt der Patient Zeichen einer rechtsventrikulären Stauung, mit Vorliegen von peripheren Ödemen (64), Hepatomegalie und Aszites (29). Eine Hepatomegalie wird aber auch bei Patienten mit einer Obstruktion der Mündung der unteren Hohlvene in den rechten Vorhof bei asymmetrischer Vergrößerung des linken Vorhofes und Verlagerung des interatrialen Septums beobachtet (47).

## 1.2. Operative Verkleinerungsplastiken: Entwicklung und Ansprüche

Seit einigen Jahrzehnten existieren Vorschläge zur operativen Verkleinerung des linken Vorhofes, welche bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof mit einer Mitralklappenoperation kombiniert werden können (Tab.1: Übersicht über Vorhofverkleinerungs- und Vorhofreduktionsplastiken). Gemeinsames Ziel dieser Operationsmethoden ist die Beseitigung der respiratorischen Beeinträchtigungen und die Verbesserung der hämodynamischen Situation.

Obwohl man anfangs eine unnötige Verlängerung der extrakorporalen Kreislaufzirkulation vermeiden wollte (2, 60), finden Vorhofverkleinerungsplastiken in den letzten zwei Jahrzehnten immer mehr Befürworter. Auch deshalb, weil es durch die Verbesserung der kardialen Protektionsmöglichkeiten gelungen ist, eine kurzzeitige Verlängerung der extrakorporalen Kreislaufzirkulation ohne entscheidenden Einfluss auf den postoperativen Verlauf und die Prognose zu tolerieren (33).

Mit der Entwicklung der Vorhofverkleinerungsplastiken wurde auch eine Reihe von Fragen verbunden. Die chirurgische Methode der Vorhofverkleinerung sollte dabei folgenden Ansprüchen genügen:

1. Die Verkleinerungsplastik sollte möglichst einfach durchführbar sein.
2. Das chirurgische Vorgehen zur Verkleinerung des linken Vorhofes sollte die extrakorporalen Kreislaufzirkulation nicht signifikant verlängern.
3. Die chirurgische Methode sollte das Risiko für eine postoperative Nachblutung nicht erhöhen.
4. Durch die vorgeschlagene Methode sollte der Vorhof signifikant verkleinert werden.

Des Weiteren sollen Kurz- und Langzeitergebnisse der chirurgischen Vorhofverkleinerung erfasst werden. Diese Ergebnisse sollen folgende Fragen beantworten können:

1. Kann die Beatmungszeit verkürzt werden?
2. Zeigen sich bei Patienten nach einer Vorhofverkleinerungsplastik Unterschiede im Auftreten eines Low-cardiac-output-Syndroms in Relation zu einer Vergleichsgruppe?
3. Lässt sich nach Vorhofverkleinerung eine Abnahme der pulmonalen Restriktion beobachten?
4. Kann für die Patienten eine Verbesserung des klinischen Zustandes (nach den Richtlinien der New York Heart Association) erreicht werden?

Tabelle 1: Übersicht über Vorhofverkleinerungs- und Vorhofreduktionsplastiken

Autor / Publikation	Methode / Technik	Operationsmethode / Bemerkung
Johnson / Johnson et al, Surgery 61: 118-121, 1967 (30) (siehe Abbildung 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raffung des linken Vorhofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raffung zwischen den Ostien der Pulmonalvenen</li> <li>Raffung im Bereich des linken Herzhohrs einschließlich des Herzohres</li> <li>Raffung auf der rechten Seite unterhalb der Pulmonalvenenostien</li> <li>Exzision eines Teils der Vorhofwand an der Inzisionsstelle</li> </ul>

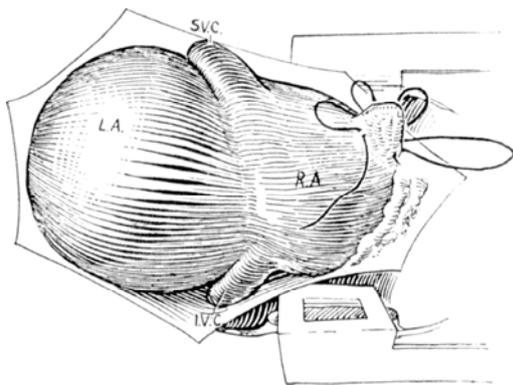


Abb. 1. Enorm dilatierter linker Vorhof

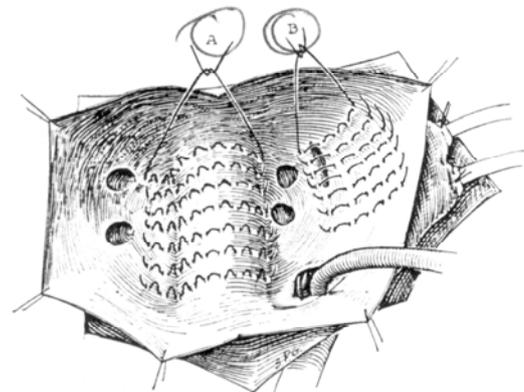


Abb. 2. Geöffneter linker Vorhof

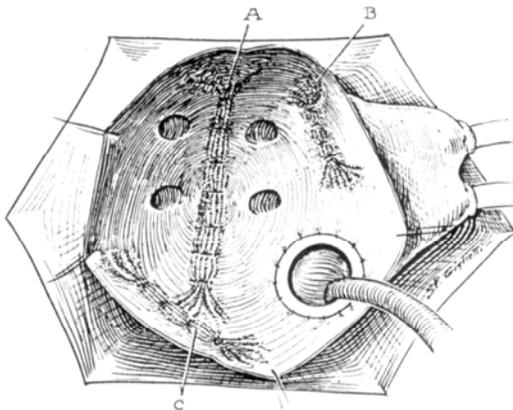


Abb. 3. Raffungsnaht in der Vorhofwand

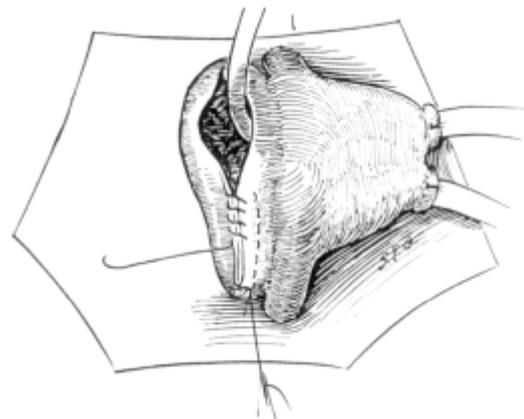


Abb. 4. Weitere Exzision des linken Vorhofs

Abb. 1: Raffung des linken Vorhofs nach Johnson (aus: Johnson et al, Surgery 1967; 61: 118-21)

Le Roux und Gotsman / Le Roux and Gotsman, Thorax 25: 190-198, 1970 (39)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorhofreduktion durch Resektion eines Teils des linken Vorhofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exzision eines elliptischen Stückes</li> <li>Inzision vor den rechten Pulmonalvenen, nach kaudal, medial und kranial zwischen die Öffnungen der Pulmonalvenen</li> </ul>
--	---	---

<p>Kawazoe / Kawazoe et al, J. Thorac Cardiovasc Surg 85: 885-892, <b>1983</b> (33) (siehe Abbildung 2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para-annuläre Raffung bei Kompression der linken Ventrikelwand</li> <li>• Superior-half Raffung bei Kompression des linken Hauptbronchus</li> <li>• Kombination beider oben genannten Techniken bei Kompression der linken Ventrikelwand und des linken Hauptbronchus</li> <li>• rechtsseitige Raffung bei Kompression der rechten Unter- und Mittellappen</li> <li>• Kombination aller Techniken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raffung der posteroinferioren Wand des linken Vorhofes zwischen den Ostien der rechten unteren Pulmonalvene und dem Mitralklappenring in einer halbmondförmigen Art</li> <li>- Hufeisenförmige Raffung vom kaudalen Ende des linken Herzohrs bis zur kranialen Seite des Vorhofes/ immer mit paraannulärer Raffung kombiniert</li> <li>- ca. 10 mm vom Ostium der rechten Pulmonalvene wird ein Teil in spindelförmiger Art reseziert; die rechte Seite des Vorhofs wird nachgeschnitten</li> </ul>
---	---	--

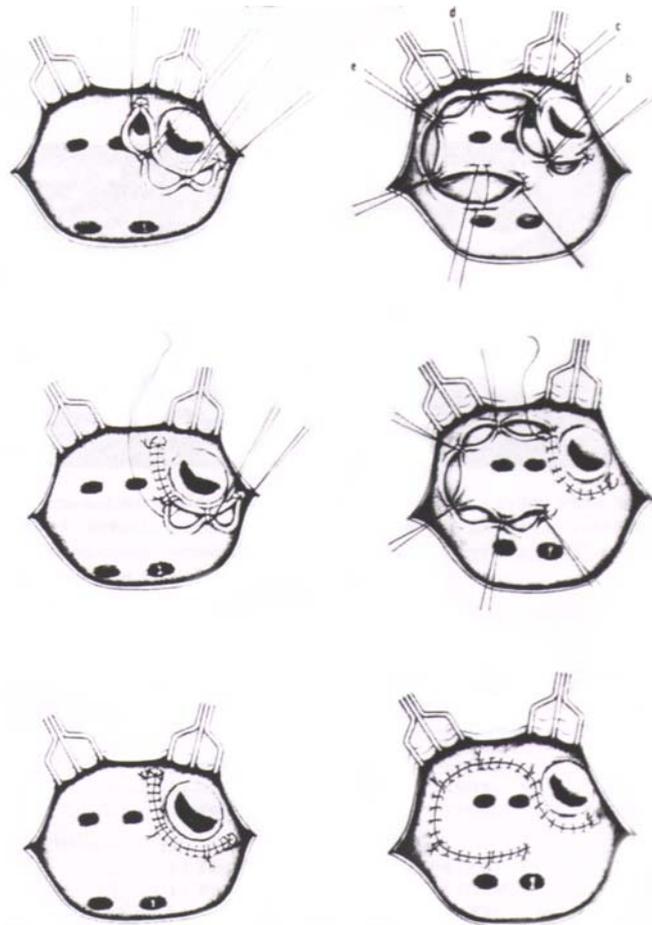


Abb.: Operationsmethode. Abbildung auf der linken Seite zeigen die para-annuläre Raffung. Verschiedene Einzelnähte und fortlaufende Nähte im Wechsel. Abbildung auf der rechten Seite demonstriert die superior-half Raffung im Anschluss an die para-annuläre Raffung.

Abb. 2: Verkleinerung nach Kawazoe (aus: Kawazoe et al, Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 1983; 85: 885-892)

<p>Piccoli / Piccoli et al, J Cardiovasc Surg 25: 328-336, <b>1984</b> (58)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhofreduktion durch Exzision eines Teils des linken Vorhofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entfernung eines Teils zwischen den rechten Pulmonalvenen und der interatrialen Rinne</li> <li>- Großzügiges Fassen bei Verschluss der Atriotomie</li> </ul>
<p>Serra / Serra et al, Ann Thorac Surg 43: 329-331, <b>1987</b> (69)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion des linken Vorhofes durch Entfernung eines großen Teils des linken Vorhofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schnittführung beginnend bei der linken Pulmonalarterie bis zur Basis des linken Herzhohrs, dann nach unten, seitwärts und hinten mit der Exzision eines Keils der Vorhofwand des Sinus obliquus zwischen den rechten und linken Pulmonalvenen</li> </ul>
<p>Isomura / Isomura et al, J Card Surg 8: 365-370, <b>1993</b> (29) (siehe Abbildung 3)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhofverkleinerung durch linksatriale Raffung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raffung: ca. 3-5 cm zwischen der Pulmonalvenenmündung und der Mitralklappe</li> </ul>

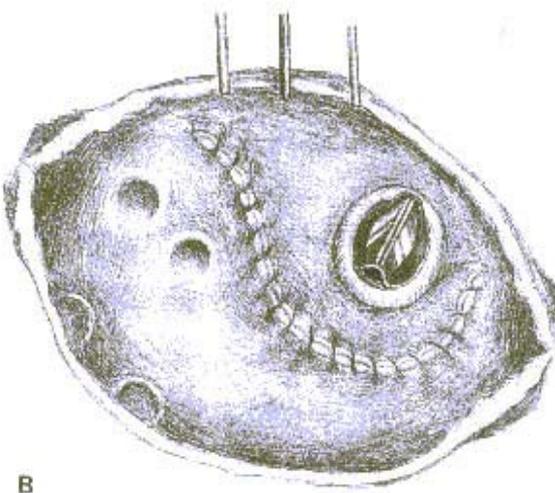
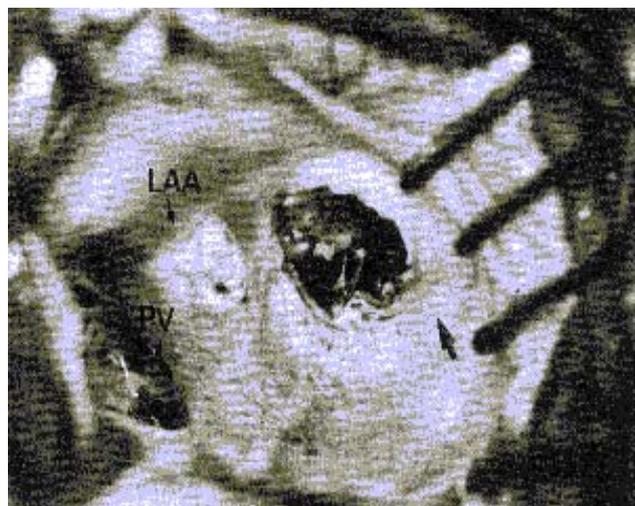
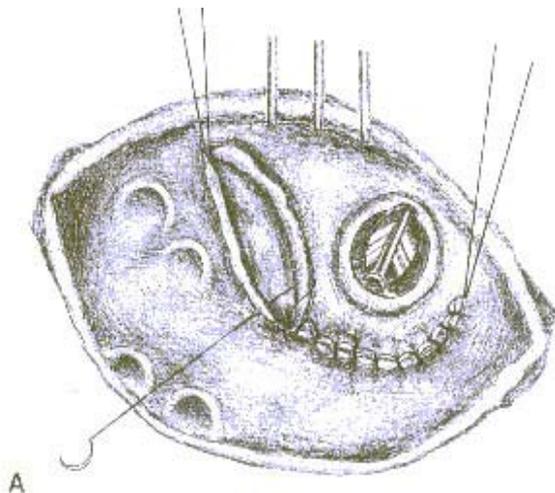


Abb. 3: Verkleinerung nach Isomura (aus: Isomura et al, Journal of Cardiac Surgery 1993; 8: 365-370)

<p>Hetzer, <b>1995</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhofverkleinerungsplastik enorm dilatierter linker Vorhöfe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- U-förmige Raffung der Hinterwand des linken Vorhofes zwischen den Pulmonalvenenmündungen</li> <li>- Okklusion des linken Herzohres</li> <li>- Raffung des Septums an der transseptalen Inzisionsstelle</li> </ul>
<p>Lessana / Lessana et al, Ann Thorac Surg 67: 1164-5, <b>1999</b> (40) (siehe Abbildung 4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhofreduktionsplastik durch partielle Autotransplantation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resektion eines vertikalen Streifens des linken Vorhofes</li> </ul>

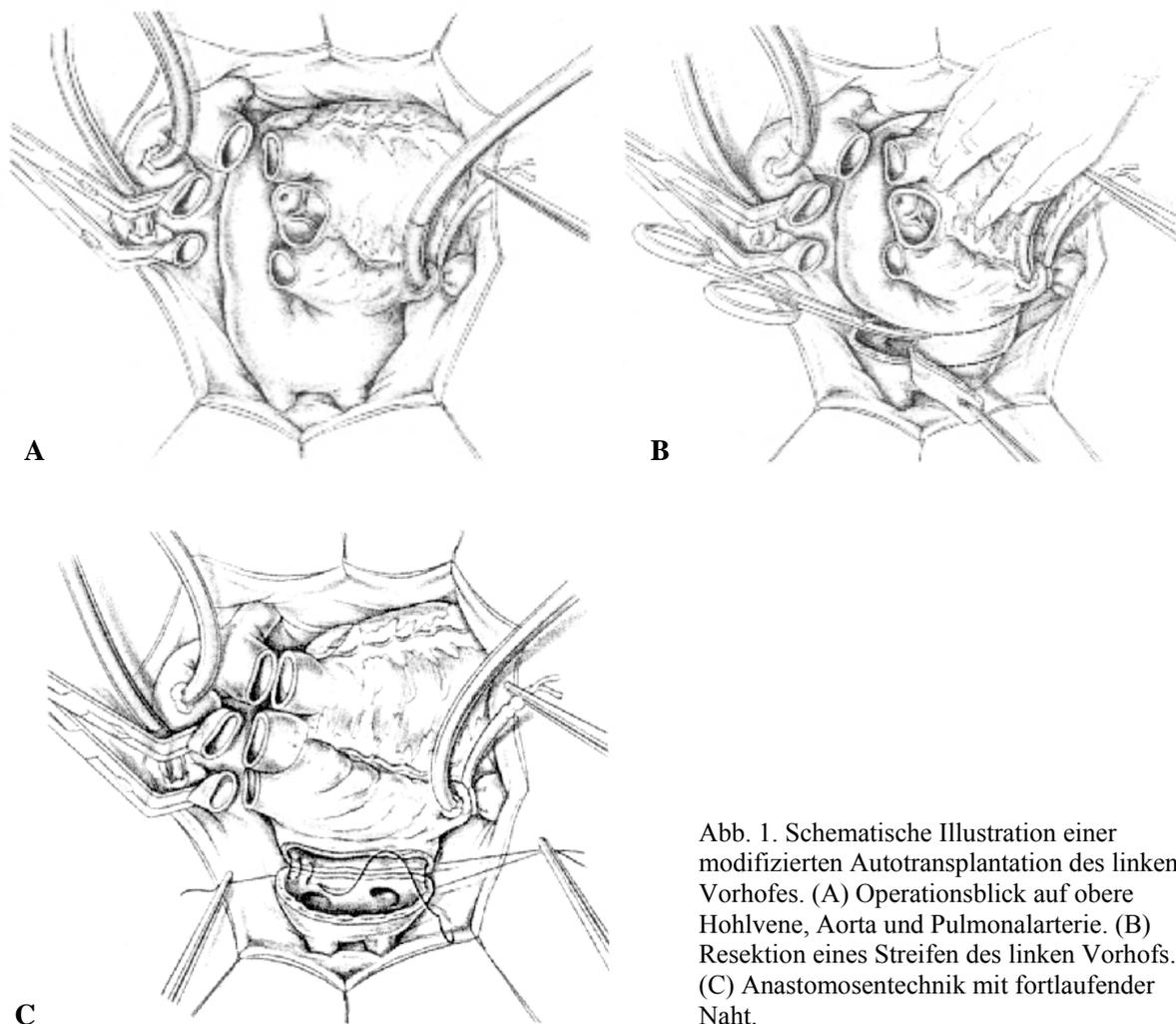
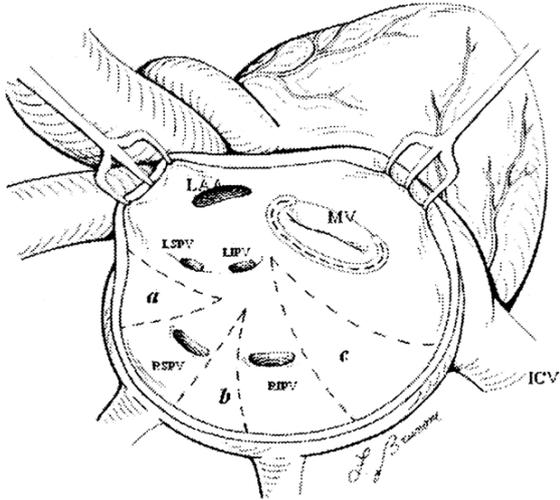


Abb. 1. Schematische Illustration einer modifizierten Autotransplantation des linken Vorhofes. (A) Operationsblick auf obere Hohlvene, Aorta und Pulmonalarterie. (B) Resektion eines Streifen des linken Vorhofes. (C) Anastomosentechnik mit fortlaufender Naht.

Abb.: 4: Vorhofverkleinerung nach Lessana (aus: Lessana et al, The Annals of Thoracic Surgery 1999; 67: 1164-5)

<p>Sinatra / Sinatra et al, Eur J of Cardiothorac Surg 20(2): 412-4, <b>2001</b> (71) (mit Abbildung 5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhofreduktion durch Exzision von 3 Teilen des linken Vorhofes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eröffnung des linken Atriums parallel zum interatrialen Septum</li> <li>- Entfernung keilförmiger Vorhofteile zwischen den Pulmonalvenenmündungen:</li> </ul>
---	---	--

		<p>a) zwischen links-superiörender und rechts-superiörender Pulmonalvene</p> <p>b) zwischen rechts-superiörender und rechts-inferiörender Pulmonalvene</p> <p>c) zwischen rechts-inferiörender Pulmonalvene und Mitralklappenannulus</p>
--	--	--



Schematische Darstellung der triangulären Atriektomie (a-c) zur Reduktion eines enorm dilatierten linken Vorhofes. AO, Aorta; PA, Pulmonalarterie; MV, Mitralklappe; LAA, linkes Herzohr; ICV, untere Hohlvene; RSPV, rechte obere Pulmonalvene; RIPV, rechte untere Pulmonalvene

Abb. 5: Verkleinerungsplastik nach Sinatra (aus: Sinatra et al, European Journal of Cardiothoracic Surgery 2001; 20: 412-14)

<p>Dzemeshevich / Dzemeshevich et al, J. of Cardiovascular Surg 42: 505-8, 2001 (11) (siehe Abbildung 6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mercedes-Plastik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 raffende Naht zwischen den Pulmonalvenen verlaufend</li> <li>- 2 Nähte, mehr lateral der Mündung der Pulmonalvenen beginnend</li> <li>- 3 Nähte, die sich in der Mitte der Hinterwand des linken Vorhofes treffen</li> </ul>
--	--	---

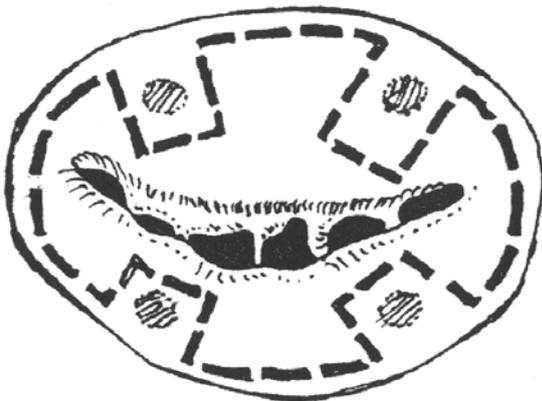


Abb. 1. – Die gestrichelte Linie der Mitralklappen-Segel, mit Erhalt von vier Chordae zum vorderen und hinteren Segel der Mitralklappe.

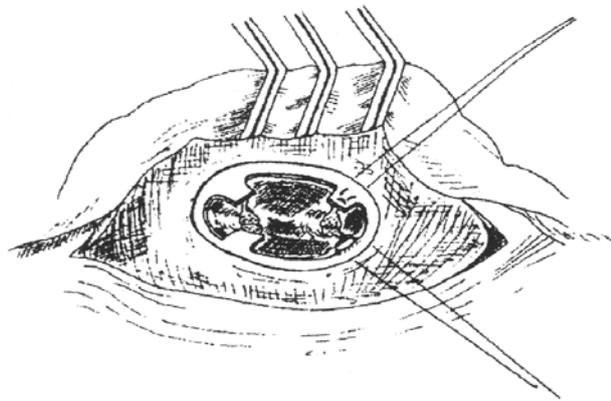


Abb. 2. – Die Stelle der Chordae sind fixiert am vorderen und hinteren Halbbogen des fibrotischen Mitralklappenringes.

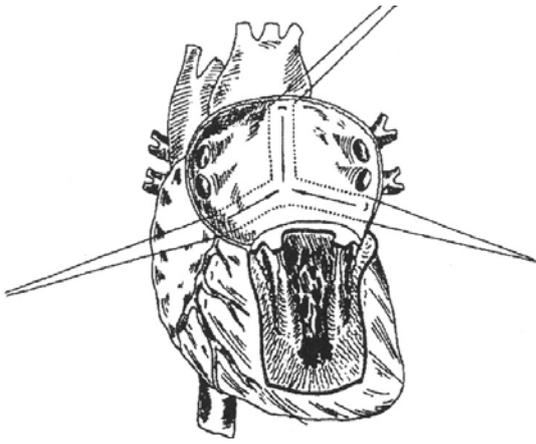


Fig. 3. – “Mercedes” – Plastik der linken Vorhof-Hinterwand..

Abb. 6: Verkleinerungsplastik nach Dzemeshevich (aus: Dzemeshevich et al, Journal of Cardiovascular Surgery 2001; 42: 505-8)

### 1.3. Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer

Seit Juli 1995 wird im Deutschen Herzzentrum Berlin eine Vorhofverkleinerungsplastik bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof angewandt, die vom Ärztlichen Direktor des Deutschen Herzzentrums Berlin, Prof. Dr. med. Dr. h.c. Hetzer, vorgeschlagen worden ist. Sie findet Anwendung bei allen Patienten, bei denen eine operative Korrektur eines Mitralklappenitiums durchgeführt werden soll und bei denen die präoperative Diagnostik eine enorme Vergrößerung des linken Vorhofes ergab.

Die Verkleinerung des linken Vorhofes wird dabei durch eine Raffung der Vorhofwand an festgelegten Stellen erreicht und besteht aus folgenden Schritten:

1. Raffung der freien Hinterwand des linken Vorhofes,
2. Raffung des interatrialen Septums und
3. Okklusion des linken Herzohres.

Wichtig ist dabei das Geschick und die Erfahrung des Operateurs, der zunächst die Qualität des Vorhofsgewebes beurteilen muss und danach entscheidet, ob eine Vorhofverkleinerungsplastik durchführbar ist.

### 1.4. Operative Behandlung des Vorhofflimmerns

Nach Vorstellung des „Maze“-Operationsverfahrens durch Cox und Mitarbeiter, stand erstmals eine effektive Operationsmethode zur chirurgischen Therapie des chronischen Vorhofflimmerns zur Verfügung (5-8). Dieses operative Verfahren, welches in der Folge modifiziert

wurde, zeigte allerdings trotz überzeugender Resultate (7, 44, 54, 55, 72) ein erhöhtes Risiko für Nachblutungen und eine Verlängerung der Operationszeit (32, 72). Auch die Komplexität der Methode, machte ihren Einsatz von Können und Erfahrung des Operators abhängig. Allerdings konnte gezeigt werden, dass bei Patienten mit einem Mitralklappenitium und einer geringfügigen Vergrößerung des linken Vorhofes, durch das „Maze“-Verfahren in Kombination mit der chirurgischen Therapie des Mitralklappenitiums, eine Reduktion des linken Atriums erzielt werden kann (55, 72). Die hauptsächlichen Gründe werden dabei in der Wiederherstellung eines Sinusrhythmus, in der chirurgische Technik und in der Beseitigung des Mitralklappenitiums gesehen (55). Die erzielten Resultate waren mit denen nach einer elektrischen Kardioversion des Vorhofflimmerns vergleichbar (16). Bei Patienten, die eine enorme Vergrößerung des linken Atriums aufweisen, zeigt die Durchführung eines solchen operativen Vorgehens allerdings wenig Erfolg. Zwar ließ sich ein regulärer Rhythmus wiederherstellen, aber eine effektive atriale Kontraktion konnte in den meisten Fällen nicht nachgewiesen werden (74).

Durch die Einführung der Radiofrequenz-Ablation auf der Basis des „Maze“-Operationsverfahrens, konnte die Methode vereinfacht werden (45, 46). Durch weiterführende Entwicklungen und essentielle Modifikationen, steht damit heute bei allen Patienten mit chronischem Vorhofflimmern eine einfach anwendbare Operationsmethode zur Verfügung. Sie zeigt bei sehr guten Ergebnissen keine signifikante Verlängerung der Operationszeit oder ein erhöhtes Risiko für Nachblutung (56).

## 2. Ziele dieser Arbeit

Mit der Annahme, dass eine Vorhofverkleinerungsplastik bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof die umgebenden Strukturen dekomprimiert, wurde folgende Hypothese aufgestellt:

Eine Vorhofverkleinerung verbessert die klinische, hämodynamische und respiratorische Situation des Patienten.

Es wurden folgende Ziele und Fragen formuliert:

1. Primäres Ziel:

Die Vorhofverkleinerung führt zu einer deutlichen Dekompression der umliegenden Strukturen, mit Verbesserung der klinischen und respiratorischen Funktionen.

2. Sekundäre Ziele und Fragen:

Lassen sich durch die Operation die linksatrialen Diameter ausreichend verkleinern?

Können die Patienten bereits im unmittelbar postoperativen Verlauf von der Dekompression profitieren?

Kann das Auftreten von postoperativen Komplikationen (Low-cardiac-output-Syndroms und Pneumonie) oder die Dauer der Beatmungszeit positiv beeinflusst werden?

Kann diese Operationsmethode als Standardverfahren in das Operationsprogramm integriert werden?

Die Verläufe der Patienten sollen im Rahmen einer prospektiven Studie ausgewertet werden. Dazu dienen die Ergebnisse der radiologischen, spirometrischen und echokardiographischen Untersuchungsmethoden sowie die klinische Untersuchung der Patienten. Außerdem wird die unmittelbar postoperative Phase hinsichtlich Nachblutungskomplikationen, Beatmungszeiten, Anzahl des Auftretens einer Pneumonie und eines Low-cardiac-output-Syndroms analysiert. Zusätzlich werden die echokardiographischen, radiologischen und spirometrischen Langzeitergebnisse nach Vorhofverkleinerung untersucht.

### **3. Patienten und Methoden**

#### **3.1. Patienten**

Es wurden alle Patienten (n = 92) mit der Diagnose eines enorm dilatierten linken Vorhofes ermittelt, die im Zeitraum von Oktober 1995 bis Juli 2003 im Deutschen Herzzentrum Berlin untersucht wurden. Bei 74 Patienten wurde eine operative Korrektur des Mitralklappenitiums durchgeführt. Diese Patienten stellen die Zielgruppe dieser Studie dar.

##### 3.1.1. Kriterien zur Diagnose „Enorm dilatiertes linker Vorhof“

Die Untersuchungsmethode der Wahl zur Bestimmung eines enorm dilatierten linken Vorhofes stellt die Echokardiographie dar. Um eine asymmetrische Vergrößerung des linken Vorhofs zu berücksichtigen, erfolgt die Bestimmung von drei linksatrialen Diametern (54):

1. der Abstand zwischen den rechts- und linksseitigen Pulmonalvenenmündungen,
2. die maximale Ausdehnung zwischen dem Mitralklappenannulus und dem Dach des linken Atriums und
3. die Höhe des linken Atriums.

Zeigt sich bei den Messungen ein Diameter größer als 65 mm oder beträgt das geschätzte Volumen des linken Atriums mehr als 250 ml, wird der linke Vorhof als enorm dilatiert bezeichnet. Die echokardiographische Untersuchung stellt zudem das Hauptverfahren dar. Die dabei ermittelten Werte sind die Hauptkriterien.

Ergänzend werden für die Diagnosesicherung radiologische, spirometrische und klinische Untersuchungen herangezogen (siehe Kapitel: Untersuchungstechniken, Seite 45). Zudem werden bei allen Patienten die präoperativen Daten durch eine Rechtsherz- und Linksherzkatheteruntersuchung vervollständigt.

Diese Kriterien werden von den Patienten der Gruppe mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik erfüllt (Gruppe 1, n=45).

### 3.1.2. Indikation zur Vorhofverkleinerungsplastik

Die Indikation zur Vorhofverkleinerung besteht bei allen Patienten, mit der präoperativ gestellten Diagnose eines enorm dilatierten linken Vorhofes, in Verbindung mit einem Mitralklappenvitium. Die Patienten sollten klinische Zeichen zeigen, welche sich als Konsequenz der Vergrößerung des linken Vorhofes ergeben. Zu diesen klinischen Symptomen gehören progrediente Belastungsdyspnoe bei restriktiver Lungenfunktionsstörung, rezidivierende pulmonale Infekte durch die Kompression umliegender Lungenabschnitte, Hämoptysis oder kardiale Bronchitis.

Entscheidend ist zudem der intraoperative Aspekt. Das atriale Gewebe muss gut von den umliegenden Strukturen mobilisierbar sein. Es dürfen keine Verkalkungen oder Fibrosierungen vorliegen, welche eine Raffung verhindern.

### 3.1.3. Vergleichsgruppen

Um die Indikation zur operativen Verkleinerung des linken Vorhofes nach der vorgeschlagenen Methode nach Hetzer zu prüfen, wurden von den Patienten (n = 74) mit enorm dilatiertem linkem Vorhof alle Patienten (n = 29) mit Operation ihres Mitralklappenvitiums und ohne Vorhofverkleinerungsplastik, zu einer Vergleichsgruppe zusammengefasst. Eine zweite Vergleichsgruppe besteht aus Patienten (n = 49), bei welchen eine Mitralklappenoperation und eine linksatriale Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur durchgeführt wurde.

#### Vergleichsgruppen:

##### 1. Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Es handelt sich um Patienten (n = 29), bei denen ebenfalls ein Mitralklappenvitium in Verbindung mit einer enormen Vergrößerung des linken Vorhofes diagnostiziert wurde. Auf eine operative Vorhofverkleinerung des linken Vorhofes wurde verzichtet. Es fand bei diesen Patienten nur eine Mitralklappenoperation statt. Die präoperative Diagnostik, der intraoperative Ablauf (mit Ausnahme der Vorhofverkleinerungsplastik) sowie die postoperative Behandlung und Nachbetreuung, unterscheiden sich

prinzipiell nicht von der Patientengruppe mit der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer.

## 2. „Maze“-Gruppe

In dieser Gruppe werden alle Patienten (n = 49) mit einem operationswürdigen Mitralklappenvitium und chronischem Vorhofflimmern zusammengefasst, bei denen eine Mitralklappenoperation (Mitralklappenrekonstruktion bzw. -ersatz) in Kombination mit einer Operationsmethode zur Behandlung des chronischen Vorhofflimmerns durchgeführt wurde. Im Deutschen Herzzentrum Berlin wird Patienten mit einem chronischen Vorhofflimmern die linksatriale Maze-/Hochfrequenz-Ablation-Prozedur vorgeschlagen.

### 3.1.4. Übersicht über die Patientenverteilung

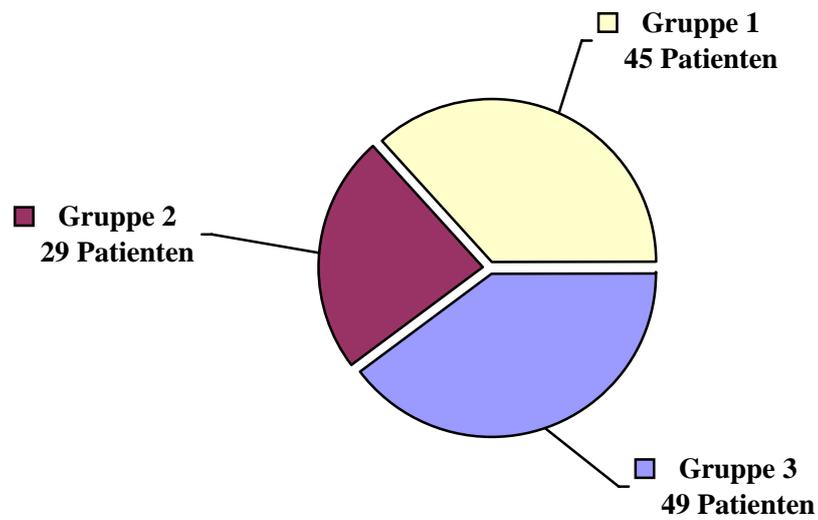


Abb. 7: Verteilung der drei Patientengruppen

#### Legende:

- Gruppe 1: Patientengruppe mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik, n = 45
- Gruppe 2: Patientengruppe mit einem enorm dilatierten linken Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik, n = 29
- Gruppe 3: Patientengruppe mit linksatrialer Maze-/Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur, n = 49

### 3.1.5. Kollektivdarstellung

#### 3.1.5.1. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik

Diese Gruppe enthält 45 Patienten und besteht zu 69% aus Frauen (n = 31). Das Durchschnittsalter beträgt  $63 \pm 11,9$  Jahre (32-80 Jahre).

Die Operationsindikation bestand aufgrund eines hochgradigen Mitralklappenvitiums mit ausgeprägter klinischer Symptomatik. Ursache war in 26 Fällen (58%) eine rheumatische, in 9 Fällen (20%) eine nichtrheumatisch-degenerative Mitralklappenerkrankung und in 5 Fällen (11%) eine Mitralklappenendokarditis. In jeweils 2 Fällen (4%) lagen eine Klappenprothesendegeneration und ein Mitralklappenprolaps vor. Ein Patient (1%) zeigte als Ursache für die Mitralklappeninsuffizienz einen Chordaabriss.

Bei diesem Patientenkollektiv ist neben der operativen Korrektur des Mitralklappenvitiums auch eine Vorhofverkleinerungsplastik durchgeführt worden. Zusätzlich erfolgte in 24 Fällen (53%) die Korrektur eines Trikuspidalklappenvitiums (Trikuspidalklappenrekonstruktion). In zwei Fällen war ein mechanischer Aortenklappenersatz (4 %) notwendig.

Tabelle 2: Patientendaten der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik

	Vorhofverkleinerung	Vorhofverkleinerung (nachuntersuchte Patienten)
Anzahl	45	19
nachuntersuchte Patienten	19 (42%)	19
Alter (Jahre)	32 - 80	45 - 79
Median ( $\pm$ Standardabweichung)	$63 \pm 11,9$	$65 \pm 10,4$
Frauen : Männer	31(69%) : 14 (31%)	12 (63%) : 7 (37%)
Z.n. rheumatischem Fieber	26 (58%)	12 (63%)
Z.n. Endokarditis	5 (11%)	2 (11%)
nicht-rheumatisch-degeneratives Klappen-vitium	9 (20%)	3 (16%)
Klappenprothesendegeneration	2 (4%)	-
Mitralklappenprolaps	2 (4%)	2 (20%)
Chordaabriss	1 (2%)	-
<b>Operationsdaten</b>		
* Mitralklappenoperation		
Rekonstruktion	4 (9%)	1 (5%)
Ersatz: biologisch / mechanisch	11 (24%) / 29 (64%)	7 (37%) / 11 (58%)

	Vorhofverkleinerung	Vorhofverkleinerung (nachuntersuchte Patienten)
* zusätzliche Vorhofverkleinerung rechts	7 (16%)	4 (21%)
* Re-Operation	16 (36%)	9 (47 %)
* Trikuspidalklappenoperation	24 (53%)	10 (53 %)
Rekonstruktion / biologischer Ersatz	23 (51%) / 1 (2%)	10 (53%) / -
* Aortenklappenersatz (mechanisch)	2 (4%)	1 (5%)

### 3.1.5.2. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Diese Gruppe, bei der keine Vorhofverkleinerungsplastik durchgeführt wurde, enthält 29 Patienten. Das Kollektiv beinhaltet 22 Frauen (76 %), das Durchschnittsalter beträgt  $66 \pm 12,3$  Jahre (21–87 Jahre). Die Hauptdiagnose bestand in einer zumeist rheumatisch (bei 15 Patienten gesichert) oder degenerativ veränderten Mitralklappe. Es erfolgte bei allen Patienten eine operative Korrektur des Mitralklappenitiums (Ersatz). Eine Trikuspidalklappenoperation (Rekonstruktion) wurde bei 4 Patienten (14 %) durchgeführt.

Tabelle 3: Patientendaten der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik

	keine Vorhofverkleinerung	keine Vorhofverkleinerung (nachuntersuchte Patienten)
Anzahl	29	11
nachuntersuchte Patienten	11 (38%)	11
Alter (Jahre)	21 - 87	55 - 82
Median ( $\pm$ Standardabweichung)	$66 \pm 12,3$	$66 \pm 7,9$
Frauen : Männer	22 (76%) : 7 (24%)	11 : 0
Z.n. rheumatischem Fieber	15 (58%)	8 (73%)
Ischämisches Klappenitium	3 (10%)	1 (9%)
nicht-rheumatisch-degeneratives Klappenitium	4 (14%)	2 (18%)
Klappenprothesendegeneration	2 (7%)	-
Mitralklappenprolaps	1 (3%)	-
Chordaabriss	2 (7%)	-
Ringdilatation	2 (7%)	-
<b>Operationsdaten</b>		
* Mitralklappenoperation		
Rekonstruktion	2 (7%)	1 (9%)
Ersatz: biologisch / mechanisch	12 (41%) / 15 (52%)	5 (46%) / 5 (46%)

	keine Vorhofverkleinerung	keine Vorhofverkleinerung (nachuntersuchte Patienten)
* zusätzliche Vorhofverkleinerung rechts	1 (3%)	1 (9%)
* Re-Operation	6 (21%)	0
* Trikuspidalklappenrekonstruktion	4 (14%)	4 (36%)

### 3.1.5.3. Patienten mit Durchführung einer linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

Die Gruppe, deren Vorhofflimmern mittels linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur behandelt wurde, enthält 49 Patienten. Sie besteht zu 73% aus Frauen (n = 36). Das Durchschnittsalter beträgt  $65 \pm 11,8$  Jahre (21–78 Jahre). Auch in dieser Gruppe lagen vor allem rheumatische (n = 21 [43%]) und degenerative Mitralklappenerkrankungen vor, die eine operative Korrektur des Mitralklappenitiums notwendig machten. In zwei Fällen wurde eine linksatriale Verkleinerung durchgeführt, welche aus einer Raffung des linksatrialen Septums und einem Verschluss des linken Herzohres bestand. Diese Form der Verkleinerung entsprach nicht der hier untersuchten Vorhofverkleinerungsplastik.

Tabelle 4: Patientendaten der Gruppe mit Durchführung einer linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

	Maze-Prozedur	Maze-Prozedur (nachuntersuchte Patienten)
Anzahl	49	16
nachuntersuchte Patienten	16 (33%)	16
Alter (Jahre)	21 - 78	54 - 78
Median ( $\pm$ Standardabweichung)	$65 \pm 11,8$	$65 \pm 6,1$
Frauen : Männer	36 (73%) : 13 (27%)	13 (81%) : 3 (19%)
Z.n. rheumatischem Fieber	21 (43%)	9 (56%)
Z.n. Endokarditis	6 (12%)	1 (6%)
nicht-rheumatisch-degeneratives Klappenitium	6 (12%)	3 (19%)
Mitralklappenprolaps	6 (12%)	1 (6%)
Chordaabriss	5 (10%)	1 (6%)
Ringdilatation	2 (4%)	-
Klappenprothesendegeneration	2 (4%)	1 (6%)
Ischämisches Klappenitium	1 (2%)	-

	<b>Maze-Prozedur</b>	<b>Maze-Prozedur (nachuntersuchte Patienten)</b>
<b>Operationsdaten</b>		
* Mitralklappenoperation		
Rekonstruktion	9 (18%)	5 (31%)
Ersatz: biologisch / mechanisch	15 (39%) / 25 (51%)	3 (19%) / 8 (50%)
* Re-Operation	8 (16 %)	3 (19 %)
* Trikuspidalklappenoperation	4 (8 %)	3 (19 %)

## 3.2. Operative Methoden

### 3.2.1. Operationstechnik der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer

Die Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer findet Anwendung bei allen Patienten, bei denen die Indikation zur operativen Korrektur eines Mitralklappenitiums gestellt wird und bei denen die präoperative Untersuchung das Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes zeigt. Da die Durchführung auch von der Beschaffenheit des Vorhofgewebes abhängig ist, wird die letzte Entscheidung erst unmittelbar intraoperativ vom Operateur selbst getroffen.

Das chirurgische Vorgehen ist dabei wie folgt:

Der intubierte und narkotisierte Patient befindet sich in Rückenlage. Nach Durchführung einer medianen Längssternotomie mittels einer oszillierenden Säge, vorsichtiger Präparation des oberen vorderen Mediastinums und Y-förmiger Inzision des Perikards mit Hochnähen der Perikardränder sowie parallel durchgeführter Blutstillung, erfolgt der Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine. Dazu werden Tabaksbeutelnähte im Bereich der Aorta ascendens und der rechten oberen und unteren Hohlvene zur selektiven Kanülierung der beiden Venae cavae vorbereitet. Zudem werden die obere und untere Hohlvene mit Tourniquets umschlungen. Es erfolgt nach der Vollheparinisierung des Patienten die Kanülierung und der Übergang an die extrakorporale Zirkulation, mit systemischer Hypothermie von 30° Celsius Körperkerntemperatur. Anschließend wird die Aorta ascendens nach Induktion von Kammerflimmern geklemmt und über die Aortenwurzel wird eine procainhaltige kristalloide Kardioplegie-Lösung (Kardioplegin®, Köhler Chemie) gegeben, der die Gabe von kalter, hyperosmolarer und ebenfalls procainhaltiger Hydroxyethylenstärkelösung (Kardioplegische Perfusionslösung, Fresenius AG) folgt. Die Gabe der Hydroxyethylenstärkelösung wird alle 15-20 min wiederholt. Die Protektion des Herzens wird durch eine kontinuierliche und ausgiebige Eiswasserkühlung komplettiert.

Nach Übergang an den totalen extrakorporalen Umgehungskreislauf und einer hockey-schlägerförmigen Inzision des rechten Vorhofes, erfolgt über einen transseptalen Zugang die Eröffnung des linken Atriums und die Einstellung der Mitralklappe. Diese biatriale Eröffnung, bietet den Vorteil der Inspektion der Trikuspidalklappe und die Beurteilung ihrer Morphologie und Funktion. Alternativ besteht die Möglichkeit des linksatrialen

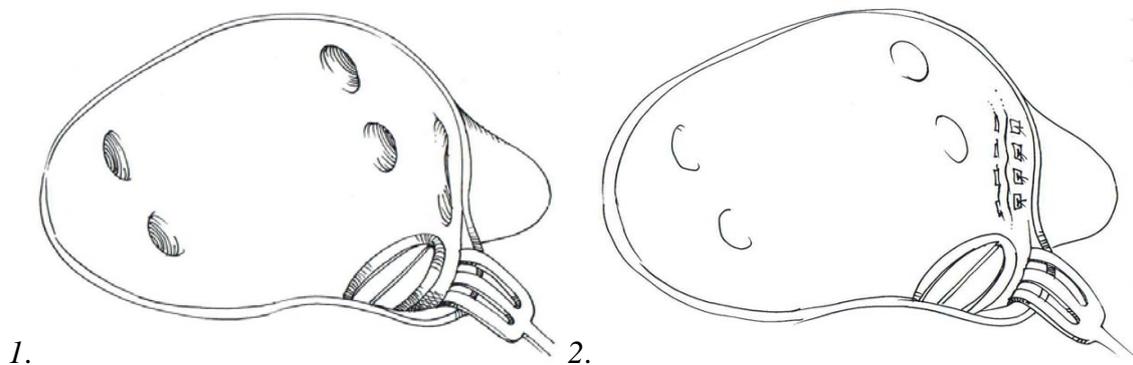
Zugangsweges über den Sulcus interatriale, wenn eine Inspektion der Trikuspidalklappe nicht notwendig ist.

Es wird außerdem das gesamte Herz und besonders die Vorhofhinterwand ausgiebig mobilisiert.

Es schließt sich nun eine Mitralklappenoperation an. Nach Inspektion der Mitralklappe und der Chordaepfeiler folgt die Entscheidung des Operators zur jeweiligen Technik der Mitralklappenrekonstruktion. Die Implantation einer biologischen oder mechanischen Mitralklappenprothese ist in den Fällen notwendig, in denen eine Rekonstruktion der Mitralklappe nicht möglich erscheint. Erfolgt der Ersatz der Mitralklappe, wird versucht den gesamten Mitralklappenhalteapparat zu belassen (15, 23).

Es werden nun die Maßnahmen zur linksatrialen Vorhofverkleinerung durchgeführt (siehe Abb.8):

1. Mit drei doppelt armierten teflonfilzunterlegten U-Nähten wird zunächst das linke Herzohr von innen okkludiert (siehe Abb. 8, Bilder 1-3)
2. Dann wird die freie Hinterwand des linken Vorhofes, zwischen den Mündungsstellen der linken und rechten Pulmonalvenen, mittels U-Nähten in doppelter Nahtreihe (ebenfalls doppelt armiert und großzügig mit Teflonfilzen unterlegt) von kranial nach kaudal gerafft (siehe Abb. 8, Bilder 4-6).
3. Als letzter Teilschritt wird das Vorhofseptum, im Bereich der Septuminzision, mit einer weit ausholenden und fortlaufenden Naht verschlossen. Diese fortlaufende Naht wird dann noch mit Einzelknopfnähten gesichert. Alternativ kann bei Zugang über den Sulcus interatrialis eine Raffung im Bereich der Vorhofinzision erfolgen.



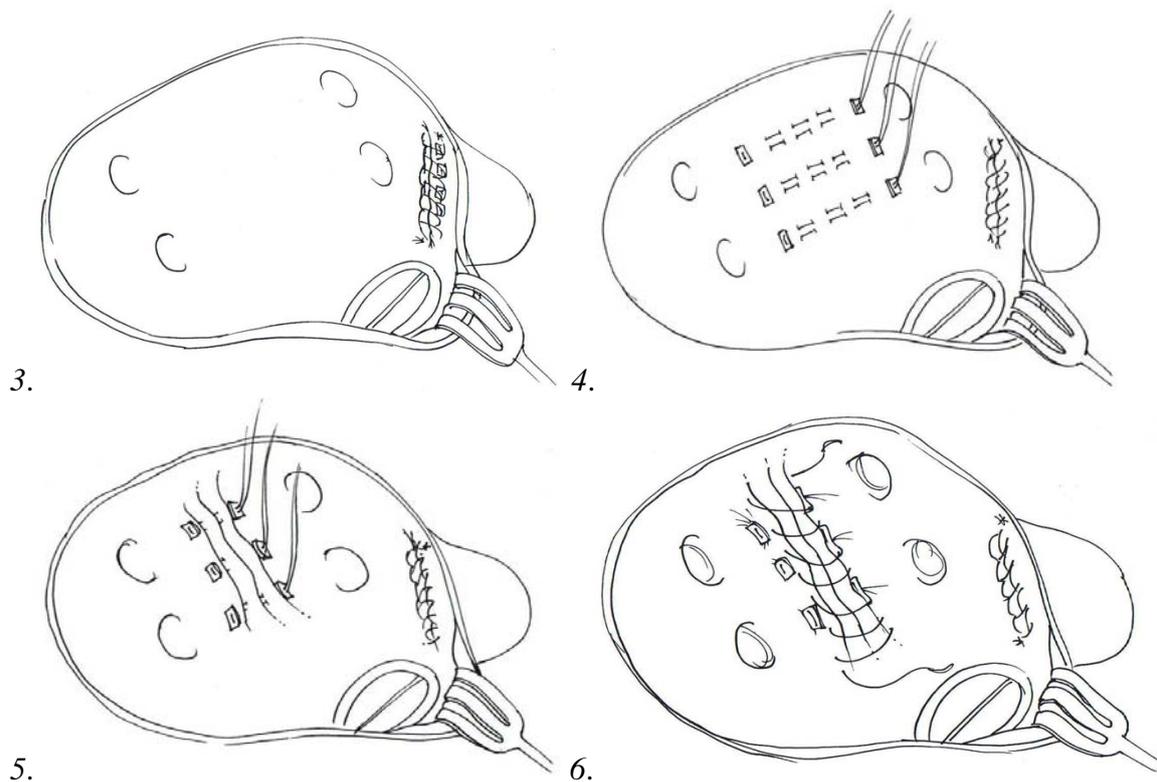


Abb.8: Operationsschritte der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer

Nach Beginn der Wiedererwärmung wird der rechte Vorhof verschlossen. Dann erfolgt der Übergang auf den partiellen Umgehungskreislauf und die Insufflation der Lunge, mit orthograde Entlüftung des Herzens über die Kardioplegiestelle in der Aorta ascendens. Der Freigabe der Aortenzirkulation folgt eine Reperfusionsphase und nach Erreichen von Normothermie, (35° Celsius) wird bei stabiler Hämodynamik dekanüliert. Zur besseren Beurteilung der hämodynamischen Situation, wird ein linksatrialer Druckmesskatheter eingelegt. Parallel zur Protamingabe wird eine Blutstillung durchgeführt.

Das sich anschließende postoperative Management unterscheidet sich hinsichtlich der Katecholamintherapie, den Beatmungsrichtlinien oder Extubationskriterien nicht von anderen Patienten.

### 3.2.2. Operationstechnik der Linksatrialen Maze- / Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

Das chirurgische Vorgehen bei der linksatrialen Maze- / Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur (Berlin Modification) nach Pasic wurde im Jahre 2001 vorgestellt (54) und verläuft folgendermaßen:

Vor Beginn der Operation werden zwei Elektroden auf dem Rücken des Patienten befestigt. Diese und die chirurgische Sonde werden mit dem Radiofrequenzstrom-Generator verbunden.

Es wird anschließend eine mediane Sternotomie bei dem auf dem Rücken liegenden, intubierten und narkotisierten Patienten durchgeführt. Es schließen sich die Präparation des oberen Mediastinums, die Y-förmige Inzision des Perikards, das Hochnähen der Perikard-ränder, die Mobilisation der Venae cavae und des linken Atriums, das Legen der Tabaks-beutelnähte für die Kanülierung der Aorta ascendens und die separate Kanülierung der oberen und unteren Hohlvenen an. Nach systemischer Heparinisierung und Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine, Auslösen von Kammerflimmern, Gabe der Kardioplegin®-Lösung und kalter HydroxyethylstärkeLösung (mit wiederholten Gaben alle 15-20 Minuten) über die Aortenwurzel, die durch eine ausgiebige Eiswasserkühlung komplettiert wird, erfolgt die totale extrakorporale Zirkulation, mit systemischer Hypothermie von 32° Celsius.

Bevor man das Mitralklappenvitium operativ korrigiert, erfolgt die linksatriale Maze/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur (Berlin Modification), entsprechend dem Prinzip des linksatrialen Teils des Cox-Maze-Verfahrens (5, 6, 7, 8) und der Pulmonalvenenisolation nach Melo, (43, 44) nach folgenden Schritten:

1. Chirurgischer Zugang zum linken Atrium über die interatriale Rinne (Waterston-Rille)
2. Vervollständigung der Isolation der Mündungsstellen der rechten Pulmonalvenen mittels einer Maze-Linie (siehe Abb. 9, Schritt A)
3. Durchführung einer zweiten Maze-Linie zur Isolation der linken Pulmonalvenenmündungen (siehe Abb. 9, Schritt B)
4. Verbindung der unter 3. genannten Maze-Linie mit dem Mittelpunkt des hinteren Mitralklappenannulus (siehe Abb. 9, Schritt C)

5. Verbindung der Maze-Linien (siehe 1. und 2.), welche die Pulmonalvenen isolieren (dabei verläuft diese 4. Maze-Linie im Bereich des linken Vorhofs, um Schädigungen des Ösophagus und des Nervus vagus zu vermeiden) (siehe Abb. 9, Schritt D)

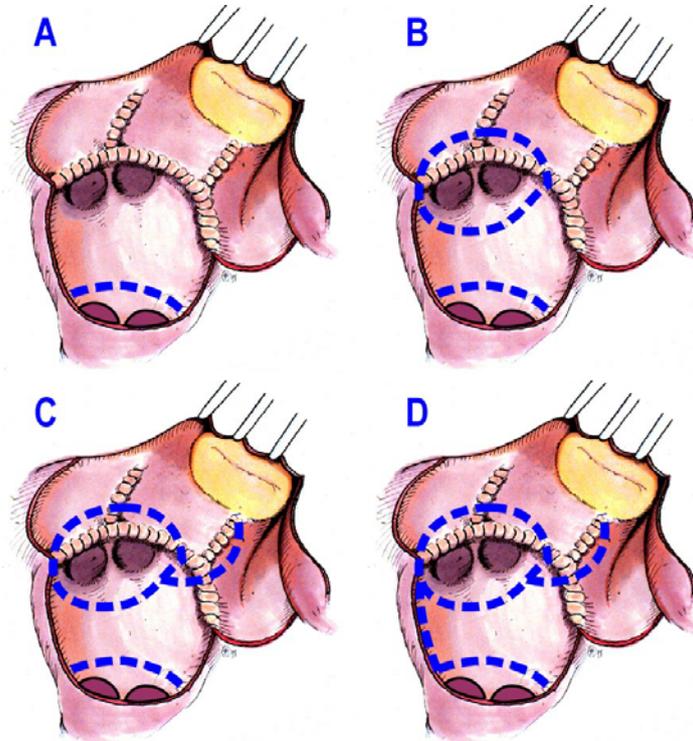


Abb. 9: Operationsschritte der linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur (Berlin Modification) aus: Pasic et al, The Annals of Thoracic Surgery 2001; 72: 1484-91

Die Durchführung dieser 4 Maze-Linien erfolgt dabei von der intrakavitären Seite des linken Vorhofes, mit Hilfe einer flexiblen elektrochirurgischen Sonde und eines Koagulations-System (Coagulation TheraLine System, Boston Scientific, San Jose, CA), welches auch den Radiofrequenzstrom-Generator enthält. Dieser erzeugt einen monopolen Radiofrequenzstrom (der 2. Pol besteht aus den Elektroden auf dem Rücken des Patienten). Bei direktem Kontakt (2 Minuten mit 70° Celsius lokaler Temperatur) mit dem atrialen Endokard, entsteht lokalisiert Koagulationsgewebe, mit späterer Bildung einer tiefen Narbe.

Fortgesetzt wird der Eingriff mit der geplanten Mitralklappenoperation. Der weitere operative Verlauf unterscheidet sich nicht von dem der anderen Patientengruppen.

### 3.2.3. Anästhesiologische Betreuung der Patienten

Die anästhesiologische Behandlung der hier beschriebenen Patienten ist identisch und entspricht den im Deutschen Herzzentrum Berlin entwickelten Anästhesie-Standards.

Das Vorgehen erfolgt dabei nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Prämedikation (am Vorabend und 2 Stunden vor Operationsbeginn) mit (Dikalium-) Clorazepat (Tranxilium®, Sanofi-Synthelabo) oder Flunitrazepam (Rohypnol®, Roche).
2. Durchführung einer kombinierten Narkose:
  1. Präkurarisierung wahlweise mit Rocuronium (Esmeron®, Organon Teknika) oder Cis-Atracurium (Nimbex®, Glaxo Wellcome)
  2. Analgesie mit Sufentanil (Sufentanil-ratiopharm®, Ratiopharm)
  3. intravenöse Einleitung mit Midazolam (Dormicum®, Roche) und Etomidate (Hypnomidate®, Janssen-Cilag)
  4. Relaxierung mit wahlweise Rocuronium (Esmeron®, Organon Teknika) oder Cis-Atracurium (Nimbex®, Glaxo Wellcome)
  5. orotracheale Intubation (Typ Magill, Größe von 7.5 bis 8.5 ID in Millimeter)
  6. Aufrechterhaltung der Sedierung während der Operation mit Propofol (Disoprivan®, AstraZeneca)

Die Dosierung der jeweiligen Substanzen, richtet sich nach dem Körpergewicht des Patienten bzw. es wird die Gabe sedierender und analgetisch wirksamer Medikamente vom Erreichen der erwünschten Wirkung bestimmt.

Perioperativ erfolgt bei allen Patienten die dreimalige Gabe eines Antibiotikums (Cephazolin®, Fresenius Kabibe) in jeweiligen Abständen von 8 Stunden.

### 3.3. Untersuchungstechniken

#### 3.3.1. Radiologische Untersuchungen

##### 3.3.1.1. Technische Voraussetzungen

Für die präoperativ und postoperativ durchgeführte radiologische Untersuchung, wird bei allen Patienten das Röntgengerät Siemens Polydoros 50 S verwendet. Dazu werden die Patienten im postero-anterioren und rechtslateralen Strahlengang geröntgt. Nicht mobile Patienten werden mit dem transportablen Röntgengerät Siemens Mobilett plus/HP im antero-posterioren Strahlengang geröntgt.

Die Strahlenexpositionsdaten für die Patienten liegen bei 121 kV und 22.3 mAs.

##### 3.3.1.2. Radiologische Untersuchungskriterien

###### 1. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Herz-Thorax-Verhältnis:* Zur Bestimmung der transthorakalen Dimension, wird an der größten Ausdehnung des Thorax im postero-anterioren Bild die Breite zwischen den Rippeninnenseiten von linker und rechten Thoraxwand gemessen.

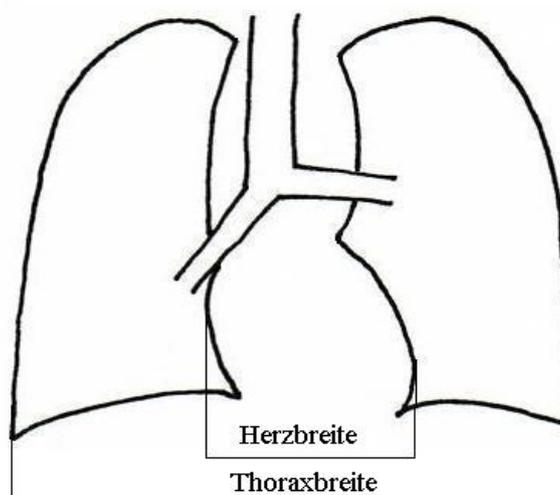


Abb. 10: schematische Darstellung des Herz-Thorax-Verhältnisses

Die Bestimmung der Herzausdehnung in der Horizontalebene erfolgt nach Festlegung der Sagittallinie. Die breiteste Ausdehnung des Herzschattens nach links bezeichnen wir als Links-Herz-Dimension (LHD). Zusammen mit der breitesten Ausdehnung nach rechts, erhalten wir die Herz-Dimension. Das Verhältnis zwischen Herz- und transthorakaler Dimension sollte beim normalen und gesunden Menschen nicht größer als 0.55 sein.

## 2. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Bifurkationswinkel:* Der Aufteilungswinkel der Trachea beträgt normalerweise nicht mehr als 70–80 Grad. Man ermittelt den Winkel zwischen dem linken und dem rechten Hauptbronchus (Bifurcatio tracheae). Bei enorm dilatierten linken Vorhöfen finden sich Winkel, die größer als 90 Grad und bis 180 Grad groß sein können.

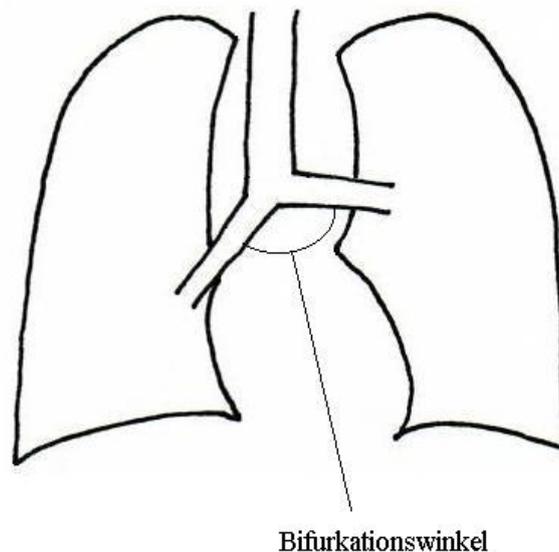


Abb. 11: schematische Darstellung des Bifurkationswinkels

## 3. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Horizontaler Verlauf des linken Hauptbronchus:* Neben der Bestimmung des Aufteilungswinkels der Trachea, ist der horizontale Verlauf des linken Hauptbronchus ein Zeichen für eine Vergrößerung des linken Vorhofes.

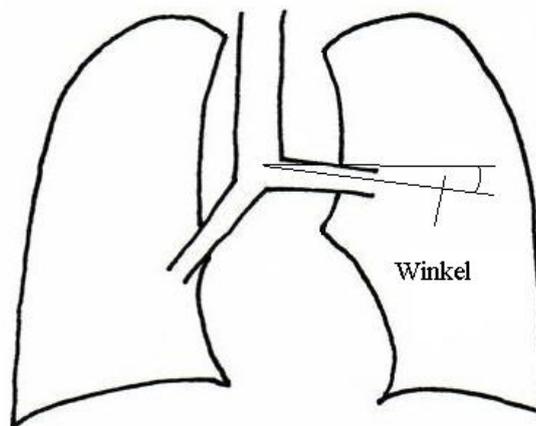


Abb. 12: schematische Darstellung des Winkels zwischen dem linken Hauptbronchus und der Horizontalen

#### 4. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Double-density-Zeichen:* Man ermittelt die Weite zwischen dem linken Hauptbronchus und der rechtslateralen Grenze des linken Vorhofes, der deutlich vom rechten Vorhof abgegrenzt wird. Die Länge des linken Hauptbronchus wird halbiert. Gemessen wird von der medialen Grenze des linken Hauptbronchus. Die physiologische Entfernung zwischen diesen beiden Punkten ist bei Männern kleiner als 7,5 cm und bei Frauen kleiner als 7,0 cm.

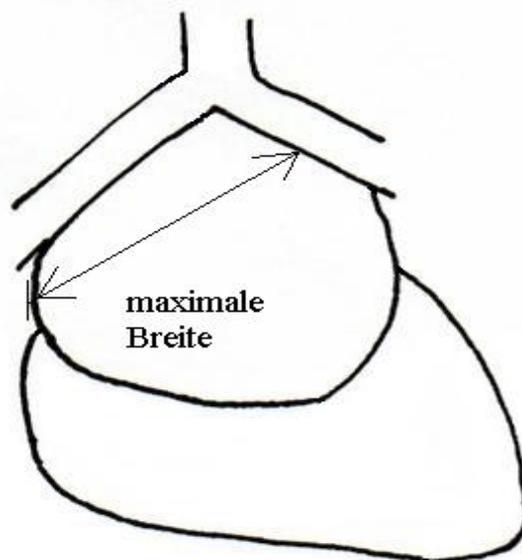


Abb. 13: schematische Darstellung der Breite des linken Vorhofes

## 5. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Hauptbronchus-Trachea-Verhältnis* (Verhältnis der Durchmesser des linken Hauptbronchus zu der Trachea): Dazu bestimmt man die Hälfte der Länge zwischen Bifurcatio tracheae und der Aufteilung des linken Hauptbronchus in seine Lappenbronchien. An dieser Stelle wird der Durchmesser des linken Hauptbronchus gemessen. Anschließend bestimmt man den Durchmesser der Trachea. Beide Werte bilden o.g. Verhältnis, welches ein Marker für die Kompression des linken Hauptbronchus ist. Das Verhältnis sollte nicht kleiner als 0,4 sein.

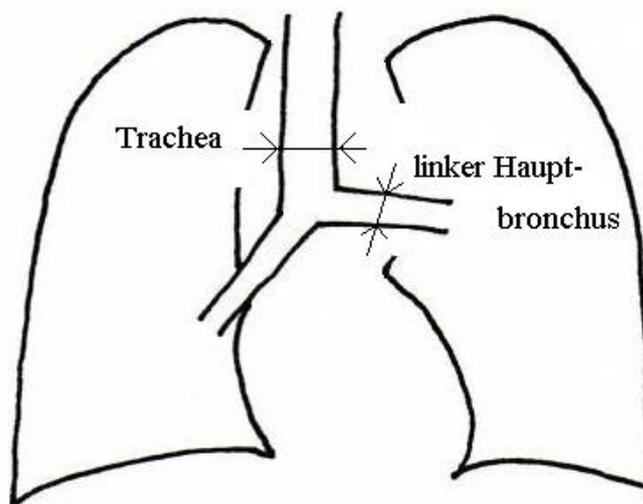


Abb. 14: schematische Darstellung des Verhältnisses zwischen dem linken Hauptbronchus und der Trachea

## 6. Ansicht: postero-anteriorer/ antero-posteriorer Strahlengang

*Vergrößerung des linken Vorhofes:* Zur Orientierung folgt man dem linken Hauptbronchus. Oberhalb davon befindet sich die linke Pulmonalarterie. Unterhalb davon kann man das vergrößerte linke Herzohr erkennen, welches bei Dilatation randständig wird. Diese Vergrößerung ist ein guter Marker für Mitralklappenerkrankungen rheumatischer Genese.

## 7. Ansicht: rechts-lateraler Strahlengang

Bei Herzgesunden befinden sich *Trachea*, die Abgänge des *rechten Oberlappen-bronchus* und des *linken Hauptbronchus* auf einer Linie. Durch Vergrößerung des linken Vorhofes, kommt es zur Rückverlagerung und Verdrängung des Abganges des linken Hauptbronchus. Damit befindet sich der Abgang des linken Hauptbronchus nicht mehr auf dieser gedachten Linie.

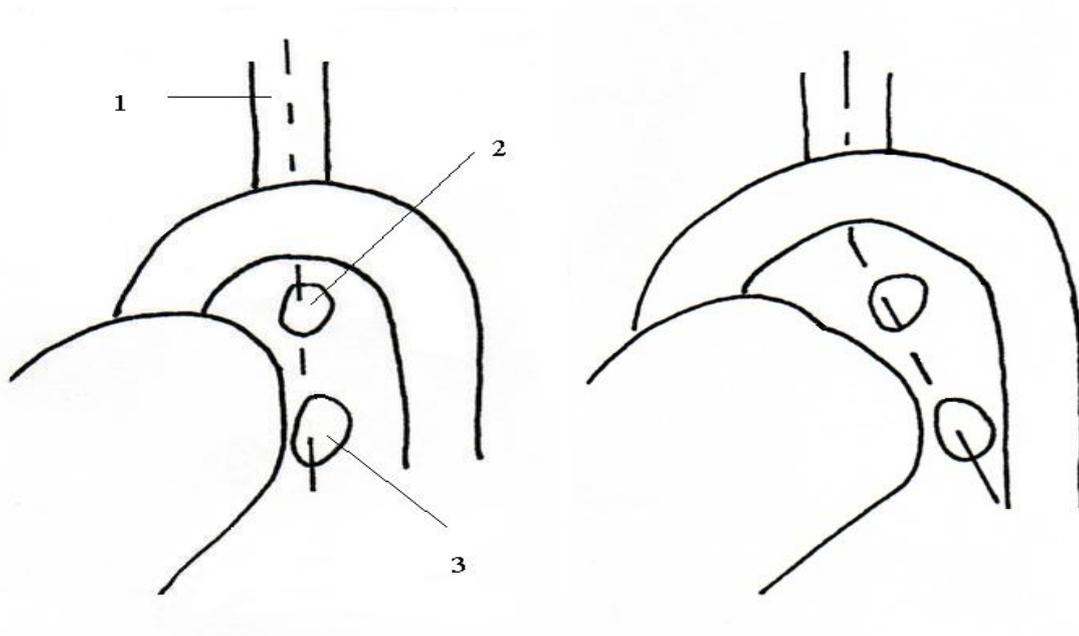


Abb. 15: linksatriale Vergrößerung und Verdrängung der Abgänge des rechten Oberlappens- (2) und linken Hauptbronchus (3) – (links: normale Verhältnisse, rechts: bei linksatrialer Vergrößerung) – Trachea (1)

## 8. Ansicht: rechts-lateraler Strahlengang

Bei Vergrößerung des linken Vorhofes, kann es zur Ausfüllung des *retrocardialen Raumes* kommen. Man kann einen verringerten Abstand zwischen linkem Vorhof und Aorta bzw. Brustwirbelsäule feststellen.

### 3.3.2. Echokardiographische Untersuchung

#### 3.3.2.1. Technische Voraussetzungen

Für die Echokardiographischen Untersuchungen, die alle von dem gleichen Untersucher durchgeführt werden, kommt folgendes Ultraschallgerät zum Einsatz: Aloka SSD-2200 Vario View Ultraschallgerät (Aloka Co, Ltd, Tokyo / Japan).

Technische Daten:

- a) transthorakale Sonde: 2,5 oder 3,5 MHz
- b) transösophageale Sonde: 5 MHz oder 7,5 MHz

#### 3.3.2.2. Vorbereitung

##### a) Transthorakale Untersuchung

Der Patient befindet sich in 30–90 Grad Linksseitenlagerung, damit durch Annäherung des Herzens an die Thoraxwand, der Abstand zwischen dem Schallkopf und dem Herzen so gering wie möglich gehalten wird. Durch Abspreizen des linken Armes entsteht eine Erweiterung der Zwischenrippenräume. Es wird hiermit eine verbesserte Applikation des Schallkopfes ermöglicht. Des Weiteren wird der Oberkörper des Patienten 20–30 Grad hochgelagert, was die Überlagerung des Herzens durch die Lunge vermindern soll.

##### b) Transösophageale Untersuchung

Der nüchterne Patient befindet sich in Rechtsseitenlage. Vor der Untersuchung werden zwei Hub eines Anästhesiesprays (zum Beispiel: Xylocain 2%ige Lösung) in den Rachenraum appliziert. Anschließend kann ein höher auflösender Schallkopf (als bei der transthorakalen Echokardiographie) in den Ösophagus eingeführt werden. Vorteil der transösophagealen Untersuchungsmethode ist die bessere und genauere Darstellbarkeit der Klappen-morphologie und der linksatrialen Diameter sowie der Nachweis linksatrialer Thromben. Begünstigt wird diese Methode durch den Wegfall störender anatomischer Strukturen, die bei der konventionellen Methode die Schallqualität beeinträchtigen können.

### 3.3.2.3. Ablauf

Es wird bei allen Patienten zunächst eine transthorakale echokardiographische Untersuchung durchgeführt, der im Anschluss eine transösophageale Untersuchung folgt.

#### a) Transthorakale Untersuchung

Die Applikation des Schallkopfes erfolgt an verschiedenen Orten:

- parasternal: links zwischen 3. und 5. Interkostalraum
- apikal (4- oder 2-Kammerblick): nach Palpation des Herzspitzenstoßes (ca. 5. Interkostalraum in der Medioclavicularlinie links), wird der Schallkopf dort aufgesetzt
- subkostal: Platzierung des Schallkopfes subkostal im epigastrischen Winkel

Nach Einstellung des Schallkopfes links parasternal erhält man eine Sektorebene, die parallel zur langen Herzachse liegt. Es lassen sich an diesem Applikationsort des Schallkopfes das Time-Motion-Verfahren (entspricht Motion-Mode-Verfahren) und das Brightness-Scan-Verfahren (entspricht 2D-Verfahren), sowohl in der parasternalen Längsachse, als auch in der parasternalen Kurzachse durchführen. Mit Hilfe beider Verfahren und der Kombination aus Längs- und Kurzachse, kann man eine Aussage über den linken Ventrikel, den linken Vorhof sowie über die Mitral-, Aorten- und Trikuspidalklappebene treffen.

Bei dem apikalen Kammerblick steht die Sektorebene 90 Grad zur Herzachse. Diese Schnittebene ermöglicht eine genaue Analyse der Morphologie und Funktion der Herzhöhlen und der Atrioventrikularklappen. In dieser Schnittebene lassen sich auch dopplersonographische Untersuchungen durchführen.

Abschließend erfolgt das Einstellen des Schallkopfes in der subkostalen Schnittebene, bei der alle Herzhöhlen und die Atrioventrikularklappen beurteilt werden können.

#### b) Transösophageale Untersuchung

Nach Platzieren des Schallkopfes, erfolgt die biplane transösophageale Echokardiographie im Transversal- und Longitudinalschnitt. Um eine optimale Darstellung der einzelnen

Herzhöhlen zu erreichen, wird gegebenenfalls die Lage des Schallkopfes im Ösophagus korrigiert.

#### 3.3.2.4. Protokoll der echokardiographischen Untersuchung

Sowohl die präoperativ, als auch die postoperativ durchgeführte Echokardiographie findet bei allen untersuchten Patienten mit der Bestimmung folgender Parameter statt:

- linksatrialer Diameter (mm)/ Messung in der enddiastolischen Phase:
  - der Abstand zwischen den rechts- und linksseitigen Pulmonalvenenmündungen
  - maximale Ausdehnung zwischen dem Mitralklappenannulus und dem Dach des linken Atriums
  - die Höhe des linken Atriums
- linksventrikuläre Ejektionsfraktion (%)
- linksventrikulärer enddiastolischer Diameter (mm)
- Verkürzungsfraktion (%)
- rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion (%)
- rechtsventrikulärer enddiastolischer Diameter (mm).

### 3.3.3. Lungenfunktionsprüfung

Die Lungenfunktionsprüfung erfolgt im Rahmen der präoperativen Diagnostik bei allen Patienten. Es werden hierzu eine Spirometrie (offenes System) zur Messung der Lungenvolumina und der Ventilationsgrößen und eine Ganzkörper-Plethysmographie zur Bestimmung von Atemwegswiderständen und des Residualvolumens durchgeführt.

#### 3.3.3.1. Technische Voraussetzung

Im Lungenfunktionslabor des Deutschen Herzzentrums Berlin eingesetztes Gerät:

Firma: Jaeger & Toennies GmbH

Typ: Oxycon Alpha.

#### 3.3.3.2. Protokoll der Lungenfunktionsprüfung

Es findet sowohl präoperativ, als auch postoperativ eine Lungenfunktionsprüfung bei den hier untersuchten Patienten statt. Dabei werden folgender Parameter bestimmt:

- Vitalkapazität
- forcierte Vitalkapazität
- 1-Sekunden-Kapazität
- maximale expiratorische Atemstromstärke bei einer forcierten Expiration nach einer maximalen Inspiration
- maximale expiratorische Atemstromstärke, in Relation (75, 50 und 25%) zu dem Teil der forcierten Vitalkapazität, der noch auszuatmen ist
- intrathorakales Gasvolumen
- Atemzugvolumen
- Residualvolumen
- totale Lungkapazität
- expiratorisches Reservevolumen.

Aus den ermittelten Parametern können darüber hinaus die Atemwegswiderstände berechnet werden. Zeigt sich dabei ein Anhalt für eine obstruktive Lungen-

funktionsstörung mit Einschränkung der Flussreserven, erfolgt in gleicher Sitzung ein Broncholysetest. Dem Patienten wird hierzu ein Beta-Rezeptoren-Symptomimetikum als Dosieraerosol inhalativ verabreicht (z.B. Wirkstoff: Salbutamol, Sultanol® [Glaxo Wellcome]). Im Anschluss erfolgt die erneute Lungenfunktionsprüfung.

#### 3.3.4. Erhebungen der NYHA-Klassifikationen

Bei jedem Patienten erfolgt eine Erhebung der NYHA-Klassifikation. Damit wird der klinische Schweregrad nach dem Criteria Committee der New York Heart Association bestimmt (61):

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. Leichte normale körperliche Tätigkeit verursacht Müdigkeit, Palpitationen und Dyspnoe.

Klasse IV:

Beschwerden in Ruhe. Bei geringster Steigerung der körperlichen Aktivität ergibt sich eine erhebliche Symptomatik, im Sinne von Müdigkeit, Palpitationen und Dyspnoe.

#### 3.3.5. Definition des Low-cardiac-output-Syndroms

Ein Low Cardiac Output liegt vor, bei Auftreten einzelner oder aller nachfolgender Faktoren:

- Erniedrigter systolischer arterieller Blutdruck unter 90 mmHg, trotz ausreichender Volumengabe, mit deutlich erhöhten Füllungsdrücken des linken und rechten Ventrikels
- unzureichende Myokardkontraktilität trotz Gabe positiv inotrop wirksamer Pharmaka
- erniedrigter Herzindex unter 2,0 l/min/m<sup>2</sup>
- periphere Vasokonstriktion
- zirkulationsbedingt eingeschränktes Urinvolumen (<0,5 ml/kg Körpergewicht Urinproduktion/ Stunde).

### 3.3.6. Nachuntersuchung

Bei allen im Deutschen Herzzentrum Berlin operierten Patienten finden postoperative Kontrolluntersuchungen statt. Der zeitliche Abstand dieser Nachuntersuchung von dem Operationszeitpunkt beträgt 6, 12 und 24 Monate. Zusätzlich erfolgen postoperative Kontrollen, auf Bitte der die jeweiligen Patienten betreuenden Hausärzte. In diesen Fällen ist der zeitliche Abstand von der Operation sehr verschieden.

Die im Rahmen dieser postoperativen Kontrollen durchgeführten Untersuchungen richten sich nach den erfolgten Operationsmethoden. Bei den Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und allen beschriebenen Vergleichsgruppen erfolgt eine klinische, echokardiographische, elektrokardiographische, radiologische und spirometrische Untersuchung. Diese Untersuchungsbefunde komplettieren das ausführliche Anamnesegespräch, mit besonderem Augenmerk auf kardiologische Ereignisse.

### 3.4. Statistische Auswertung

Um bei geringen Patientenzahlen eine zu starke Verfälschung der Ergebnisse durch Ausreißer zu vermeiden, wurde der Median als statistischer Wert herangezogen.

Zunächst wurde die Auswertung mit dem **Kruskal-Wallis-Test** durchgeführt, um signifikante Unterschiede zwischen den drei Patientengruppen festzustellen. Bei signifikanten Testergebnissen erfolgte anschließend die Anwendung des **Mann-Whitney-U-Tests** (für 2 nicht verbundene Stichproben).

Für verbundene bzw. abhängige Stichproben, wurde der **Wilcoxon-Rank-Sum-W-Test** verwendet.

Mittels **Chi-Quadrat-Test nach Pearson**, wurde die Untersuchung ordinal und nominal skaliert Variablen durchgeführt. Damit sollte die paarweise Unterscheidung der Gruppen und der Ergebnisse innerhalb einer Gruppe untersucht werden.

Für die Untersuchung von Einflüssen einzelner Variablen auf die Operationszeit fand die **Univarianalyse** Anwendung.

Das Signifikanzniveau der Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  wurde bei  $p < 0.05$  festgelegt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Präoperative Daten der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof bzw. linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

Die präoperativ erhobenen Messdaten werden im Folgenden dargestellt. Es soll ein Vergleich der beiden Patientengruppen mit einem enorm dilatierten linken Vorhof erfolgen, bei denen eine Vorhofverkleinerung (Gruppe 1 = 45 Patienten) bzw. keine Vorhofverkleinerung (Gruppe 2 = 29 Patienten) durchgeführt wurde. Zusätzlich werden die Ergebnisse der Patienten mit Maze-Prozedur (Gruppe 3 = 49 Patienten) dargestellt.

#### 4.1.1. Patientendaten/ Diagnosen/ Klinik

Es zeigt sich ein Unterschied in der Körpergröße bei dem Vergleich der beiden Patientengruppen mit enorm dilatiertem Vorhof (Gruppe 1:  $168 \pm 8\text{cm}$  / Gruppe 2:  $164 \pm 7,4\text{cm}$ ). Patienten der Gruppe 1 sind signifikant größer ( $p = 0.036$ ). Keine signifikanten Unterschiede bestehen bei der Geschlechterverteilung und dem Körpergewicht aller 3 Gruppen. Auch geringe Altersunterschiede zwischen den 3 Gruppen sind nicht bedeutsam verschieden ( $p = 0.3$ ). Dies ist trotzdem erwähnenswert für die Lungenfunktionsprüfung, da die Soll-Werte von diesen Parametern abhängig sind.

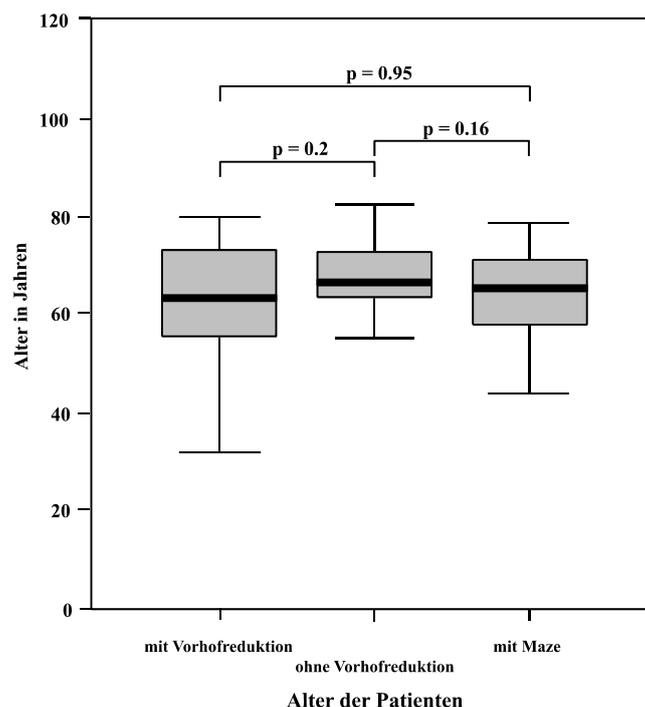


Abb. 16: Darstellung des Alters (Medianwerte) der 3 Gruppen

Tabelle 5: Vergleich des Alters

	<b>Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>Alter (Jahre)</b>	32 - 80	21 - 87	21 - 78
Median ± Standardabweichung	63 ± 12	66 ± 12	65 ± 12
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.2	<i>Gruppe 1 + 3</i> 0.95	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.16

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten der Gruppe 1 und 2, ergab sich bei der Häufigkeit des präoperativ bestehenden Trikuspidalklappenitiums ( $p = 0.03$ ) bzw. der bestehenden Trikuspidalklappeninsuffizienz ( $p = 0.032$ ) zugunsten der Gruppe 1.

Die Häufigkeit des Vorliegens eines Trikuspidalklappenitiums in der Gruppe mit einer linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur (57%) ist deutlich seltener und hochsignifikant ( $p < 0.0001$ ) verschieden, zur Gruppe der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof, die einer Vorhofverkleinerungsplastik zugeführt wurde (Gruppe 1: 93%). Im Vergleich zur Gruppe 2 ohne Vorhofverkleinerungsplastik (76% der Patienten mit Trikuspidalklappenitium) ergibt sich kein bedeutsamer Unterschied ( $p = 0.1$ ).

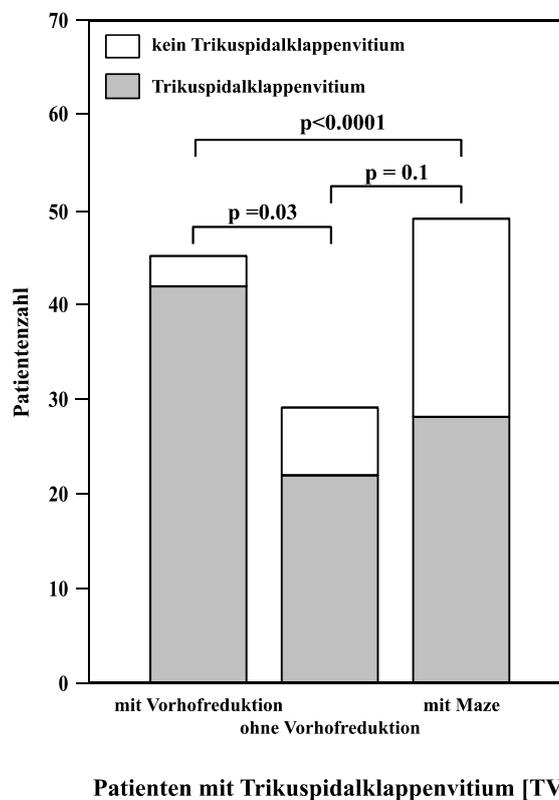
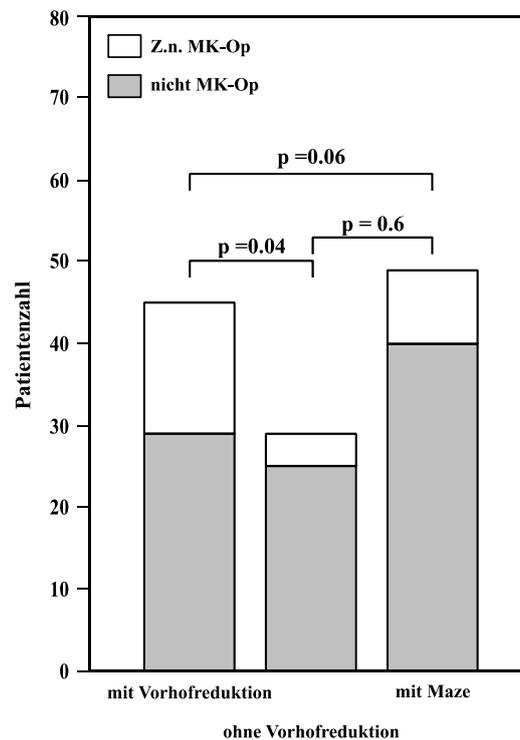


Abb. 17: Anteil der Patienten mit Trikuspidalklappenitium (TV) an der Gesamtheit

Ein Unterschied in der Häufigkeit bereits erfolgter Mitralklappenoperationen ( $p = 0.04$ ) zeigt sich bei dem Vergleich der Gruppen 1 (36% der Fälle) und 2 (14% der Fälle). Ein Unterschied

zwischen den Gruppen 1 und 3 (18% der Fälle) ist statistisch nicht relevant ( $p = 0.06$ ). Gleiches gilt für den Vergleich zwischen den Gruppen 2 und 3 ( $p = 0.6$ ).



**Patienten mit Z.n. Mitralklappenoperation (Z.n. MK-OP)**

Abb. 18: Anteil der Patienten mit Z.n. Mitralklappenoperation (Z.n. MK-OP)

Die Dauer des präoperativen Bestehens einer Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern, ergibt bei der Auswertung aller Gruppen einen signifikanten Unterschied von  $p = 0.003$ . Dabei zeigt sich, dass sie Dauer in der Maze-Gruppe (Gruppe 3) im Vergleich mit den Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof (Gruppe 1 und 2), geringer ist.

Tabelle 6: Vergleich der Dauer des präoperativen Bestehens einer Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern

	<b>Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>Arrhythmia absoluta</b>	45 (100%)	27 (93%)	49 (100%)
in Jahren:			
<5	1 (2%)	2 (7%)	11 (22%)
5 - 10	8 (18%)	11 (38%)	20 (41%)
> 10	24 (53%)	13 (45%)	14 (29%)
Angabe nicht möglich	12 (27%)	3 (10%)	4 (8%)
Mittelwert (Jahre)	16,9	11,7	8,5
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.19	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>0.001</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.13

Das prozentuale Auftreten eines Lungenödems ( $p < 0.0001$ ) und das Vorliegen peripherer Ödeme ( $p = 0.003$ ), werden in der Gruppe 3 mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-

Ablation-Prozedur seltener beobachtet und haben bedeutsame Unterschiede zu der Gruppe mit Verkleinerungsplastik (Gruppe 1). Zwischen den beiden Gruppen mit enorm dilatiertem Vorhof (Gruppe 1 und 2) sind signifikante Unterschiede in der Klinik nicht zu beobachten (Lungenödem  $p = 0.12$ , periphere Ödeme  $p = 0.5$ ).

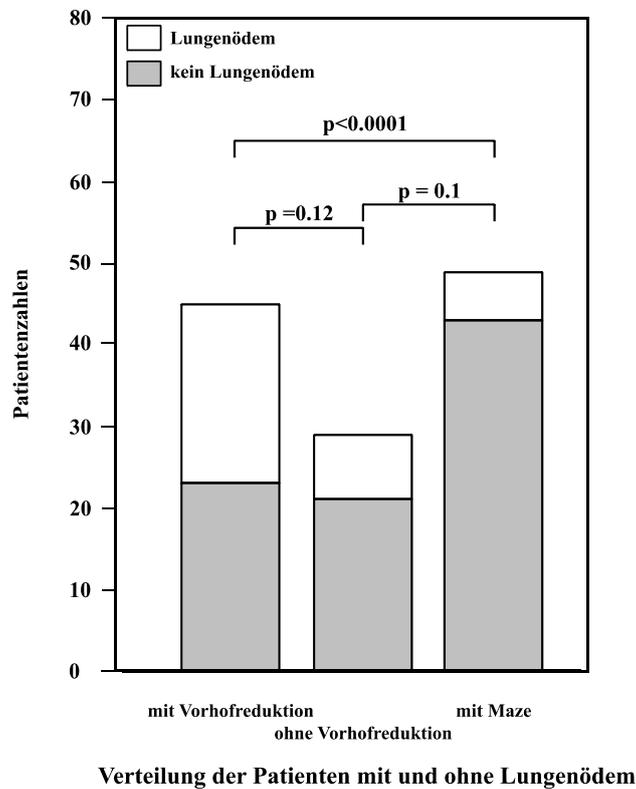


Abb. 19: Häufigkeit des präoperativen Lungenödems

Signifikante Differenzen ( $p = 0.02$ ) des Vorliegens einer pulmonalarteriellen Hypertonie ergeben sich zwischen den Gruppen 1 und 3. Weitere Unterschiede bei thromboembolischen Ereignissen, dem Vorliegen einer koronaren Herzerkrankung oder beim Vorhandensein eines persistierenden Foramen ovale, sind im Gruppenvergleich nicht signifikant.

Eine Differenz besteht präoperativ hinsichtlich der Stadieneinteilung der NYHA-Klassifikation. Es zeigt sich eine Signifikanz zwischen den Gruppen 1 und 3 ( $p = 0.01$ ). Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ( $p = 0.32$ ) und den Gruppen 2 und 3 ( $p = 0.49$ ) sind statistisch nicht relevant.

#### 4.1.2. Echokardiographische Parameter

Vergleicht man die echokardiographischen Daten der Patienten, zeigt sich bei Patienten mit einer Vorhofverkleinerungsplastik, dass die maximale Ausdehnung zwischen linksseitiger Pulmonalvenenmündung und interatrialem Septum (LA1-Diameter) bedeutend größer ist ( $83 \pm 29$  Millimeter) als in Vergleichsgruppen. Ein signifikantes Ergebnis ( $p < 0.0001$ ) ergibt sich jeweils im Vergleich mit den Patienten ohne Verkleinerungsplastik (Gruppe 2:  $60 \pm 14$  Millimeter) und den Patienten mit Maze-Prozedur (Gruppe 3:  $51 \pm 13$  Millimeter). Es folgt ein signifikantes Ergebnis ( $p < 0.0001$ ) des LA-Index (Verhältnis des LA1-Diameter zu Körperoberfläche). Es unterscheiden sich ebenfalls signifikant die LA1-Diameter der Gruppe 2 und 3 ( $p = 0.006$ ).

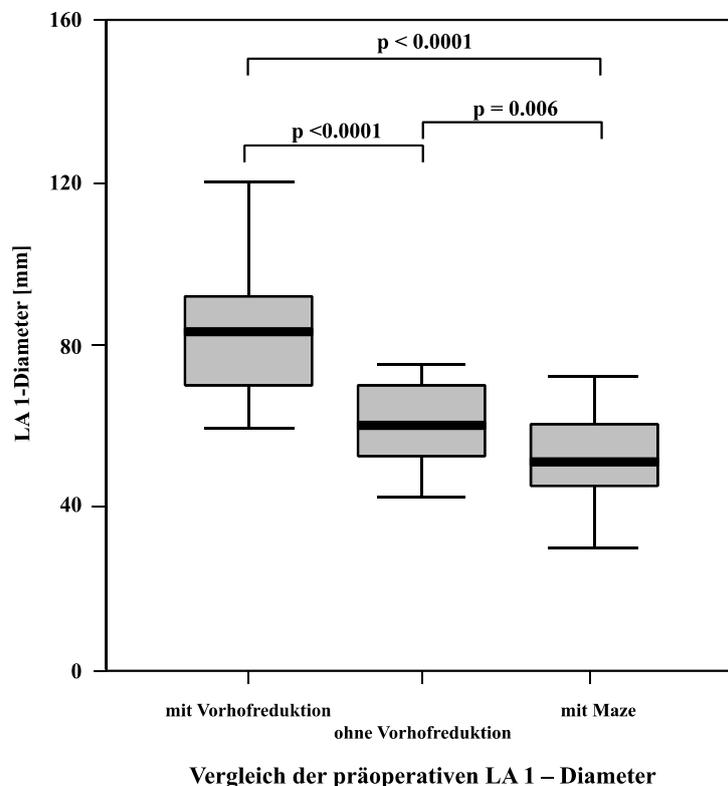


Abb. 20: Vergleich der präoperativen LA 1-Diameter

Tabelle 7: Vergleich des präoperativen linksatrialen Diameters LA 1

	<b>Patienten mit Vorhof- verkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhof- verkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>Linksatrialer Diameter 1 (mm)</b>	59 - 230	42 - 100	30 - 98
Median $\pm$ Standardabweichung	$83 \pm 29$	$60 \pm 14$	$51 \pm 13$
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> <b>&lt;0.0001</b>	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>&lt;0.0001</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> <b>0.006</b>

Zwischen den anderen Diametern besteht kein bedeutsamer Unterschied (LA 2-Diameter:  $p = 0.11$  / LA 3-Diameter:  $p = 0.79$ ). Einige der hier eingeschlossen Patienten der Maze-Gruppe erfüllen damit die echokardiographischen Kriterien eines deutlich dilatierten linken Vorhofes (LA 2-Diameter:  $73 \pm 16$  Millimeter, LA3-Diameter:  $70 \pm 13$  Millimeter).

Die Abhängigkeit zwischen dem LA-Index (LA 1-Diameter im Verhältnis zur Körperoberfläche) und der Dauer des Bestehens einer Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern (alle Patienten mit enorm dilatiertem Vorhof) ist in Abbildung 19 dargestellt. Eine Zunahme der linksatrialen Größe im Laufe der Zeit wird in dieser Grafik deutlich.

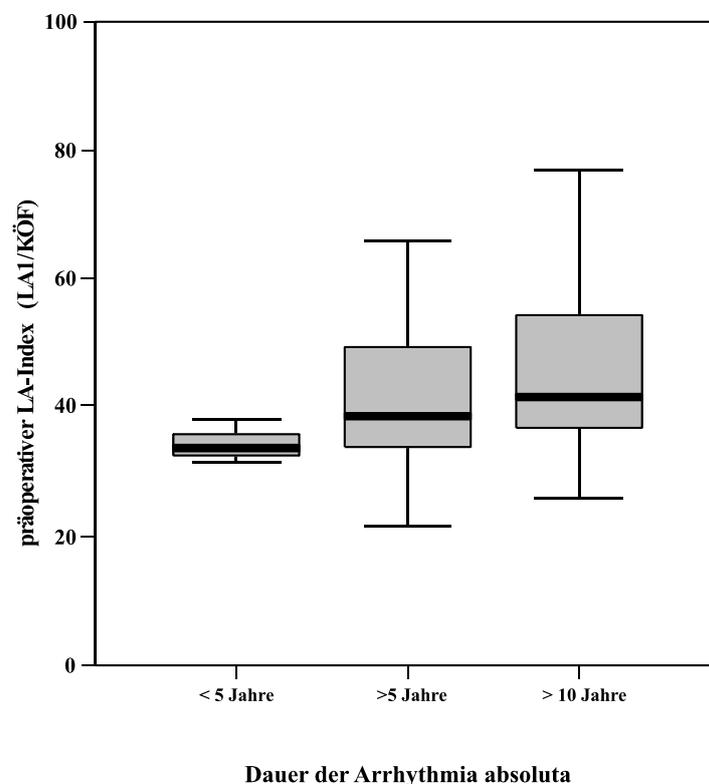


Abb. 21: Zusammenhang zwischen LA-Index und der Dauer des Bestehens einer Arrhythmia absoluta (zusammengefasst sind die Gruppen 1 und 2, Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof)

Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion in der Gruppe 3 (linksatriale Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur) wird präoperativ mit  $60 \pm 11\%$  angegeben. Das ist eine bessere Ejektionsfraktion und ergibt einen signifikanten Unterschied ( $p = 0.003$ ) zu der Gruppe 1 (Patienten mit Vorhofreduktion) mit  $50 \pm 10\%$ . Ein signifikantes Ergebnis ( $p = 0.028$ ) liegt ebenfalls bei dem Vergleich der linksventrikulären Ejektionsfraktion zwischen den Gruppe 1 ( $50 \pm 10\%$ ) und 2 ( $60 \pm 15\%$ ) vor. Die Pumpfunktion ist in der Gruppe 1 (mit Vorhofreduktion) reduziert.

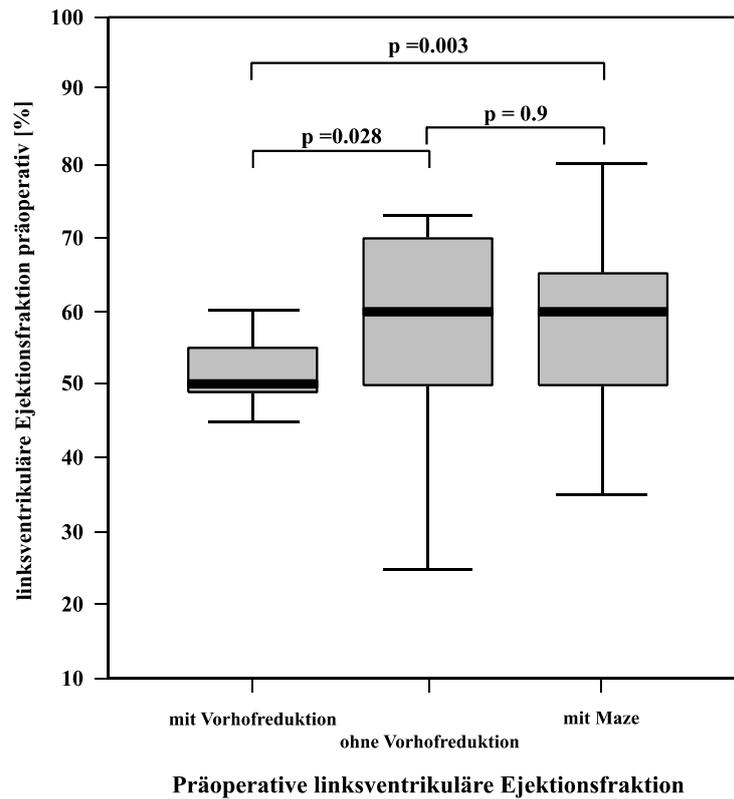


Abb. 22: präoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion

Tabelle 8: Vergleich der präoperativen linksventrikulären Ejektionsfraktion

	<b>Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (%)</b>	28 - 70	20 - 73	25 - 80
Median ± Standardabweichung	50 ± 10	60 ± 15	60 ± 11
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> <b>0.028</b>	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>0.003</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.9

### 4.1.3. Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfungen

Es wurden zunächst die Absolutmesswerte bestimmt. Zusätzlich erfolgt die Auswertung der Daten, welche altersspezifisch in Relation zu der Körpergröße und dem Körpergewicht stehen. Signifikante Unterschiede sind bei dem Vergleich der absoluten Werte in den Gruppen 1 und 2 nicht zu beobachten. In Relation zu Alter, Größe und Gewicht zeigen sich signifikante Ergebnisse.

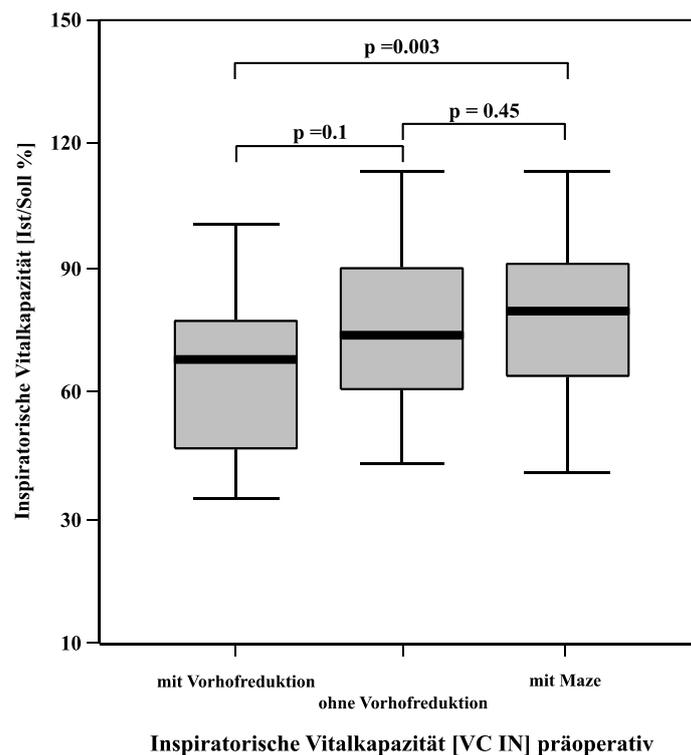


Abb. 23: präoperative inspiratorische Vitalkapazität (VC IN)

Tabelle 9: Vergleich der präoperativen inspiratorischen Vitalkapazität (VC IN) (Ist/ Soll %)

	Patienten mit Vorhof- verkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhof- verkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)</b>	35 - 101,1	43,1 - 113,6	41,2 - 113,6
Median ± Standardabweichung	68,6 ± 18	74,2 ± 18	80 ± 19
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.1	Gruppe 1 + 3 <b>0.003</b>	Gruppe 2 + 3 0.45

Ein Unterschied besteht bei dem Vergleich der Resultate der inspiratorischen Vitalkapazität im Verhältnis zu Alter, Größe und Gewicht. Zwischen Gruppe 1 (69 ± 18%) und 3 (80 ± 19%) ist der Unterschied bedeutsam (p = 0.003). Ein Vergleich der Absolutwerte beider Gruppen ergibt kein signifikanten Unterschied (p = 0.09).

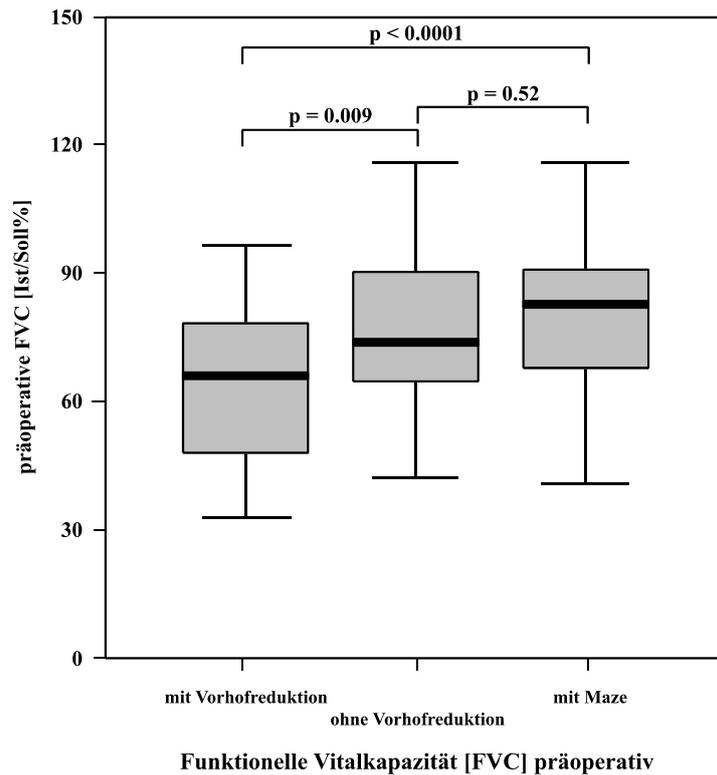


Abb. 24: präoperative funktionelle Vitalkapazität (FVC)

Tabelle 10: Vergleich der präoperativen funktionellen Vitalkapazität (FVC) (Ist/ Soll %)

	<b>Patienten mit Vorhof- verkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)</b>	32 - 96,8	41,5 - 116,3	40 - 116,3
Median ± Standardabweichung	66 ± 18	73,9 ± 17	82,4 ± 17
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> <b>0.009</b>	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>&lt;0.0001</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.52

In der Bestimmung der funktionellen Vitalkapazität (FVC), ergeben sich in Relation auf Alter, Größe und Gewicht folgende signifikanten Unterschiede. In der Gruppe 1 liegen die geringeren Werte vor. Der Unterschied zu Gruppe 2 ergibt die Signifikanz  $p = 0.009$ , der zu Gruppe 3  $p < 0.0001$  (Unterschied der Absolutwerte:  $p = 0.02$ ). Die Gruppe 2 und 3 unterscheiden sich bedeutsam in ihren Absolutwerten ( $p = 0.04$ ). Die Ist/ Soll-Werte weisen keinen Unterschied auf ( $p = 0.5$ ).

Die Ergebnisse der 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1) zeigen signifikant geringere Werte (Ist/ Soll-Verhältnis) in der Gruppe 1 ( $63 \pm 18\%$ ) im Vergleich zu Gruppe 2 ( $72 \pm 19\%$ ) mit  $p = 0.007$  und Gruppe 3 ( $75 \pm 19\%$ ) mit  $p < 0.0001$ . Auch die Auswertung der Resultate des Verhältnisses der 1-Sekunden-Kapazität zur Vitalkapazität, ergibt einen bedeutsamen Unterschied

zwischen Gruppe 1 und 2 ( $p = 0.028$ ), als auch zwischen Gruppe 1 und 3 ( $p = 0.001$ ). Die geringeren Werte der Parameter werden jeweils in der Vorhofverkleinerungs-gruppe (Gruppe 1) bestimmt.

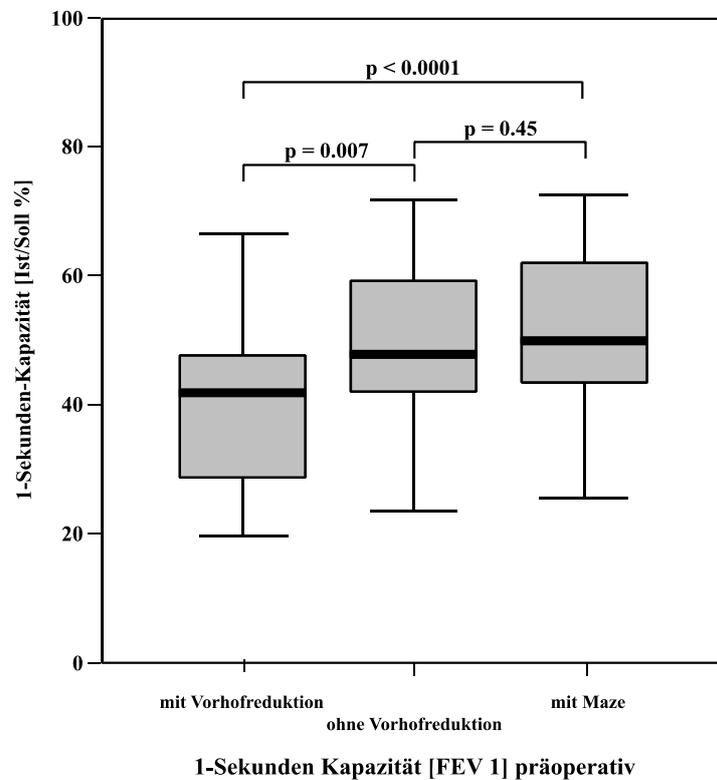


Abb. 25: präoperative 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1)

Tabelle 11: Vergleich der präoperativen 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1) (Ist/ Soll %)

	<b>Patienten mit Vorhof- verkleinerung = Gruppe 1</b>	<b>Patienten ohne Vorhof- verkleinerung = Gruppe 2</b>	<b>Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3</b>
<b>1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)</b>	29 – 100	35,1 - 108	37,9 - 108,9
Median ± Standardabweichung	62,6 ± 18	71,8 ± 19	74,6 ± 18,5
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> <b>0.007</b>	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>&lt;0.0001</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.45

#### 4.1.4. Auswertung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen in 2 Ebenen

Die Auswertung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen zeigt, dass sich das Herz-Thorax-Verhältnis zwischen den Gruppen signifikant unterscheidet.

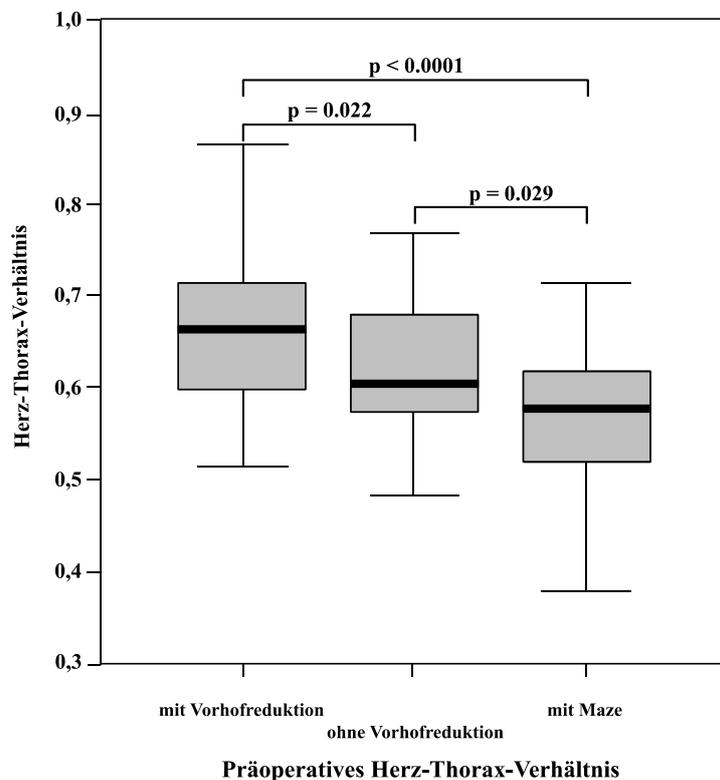


Abb. 26: präoperatives Herz-Thorax-Verhältnis

Tabelle 12: Vergleich des präoperativen Herz-Thorax-Verhältnisses

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Herz-Thorax-Verhältnis</b>	0,52 - 0,93	0,48 - 0,77	0,38 - 0,79
Median ± Standardabweichung	0,66 ± 0,11	0,6 ± 0,07	0,58 ± 0,08
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 <b>0.022</b>	Gruppe 1 + 3 <b>&lt;0.0001</b>	Gruppe 2 + 3 <b>0.029</b>

Das Herz-Thorax-Verhältnis ist in der Gruppe, welche einer Vorhofverkleinerungsplastik zugeführt wird, präoperativ am größten ( $0,66 \pm 0,1$ ). Die Signifikanzen betragen zwischen den Gruppen 1 und 2  $p = 0,02$ , zwischen den Gruppen 2 und 3  $p = 0,03$  und zwischen den Gruppen 1 und 3  $p < 0,0001$ . Der Bifurkationswinkel wird in der Gruppe mit anschließender Vorhofverkleinerungsplastik am größten bestimmt. Signifikant ( $p = 0,008$ ) unterscheiden sich die Bifurkationswinkel zwischen den Gruppen 1 ( $105 \pm 16^\circ$ ) und 3 ( $95 \pm 13^\circ$ ).

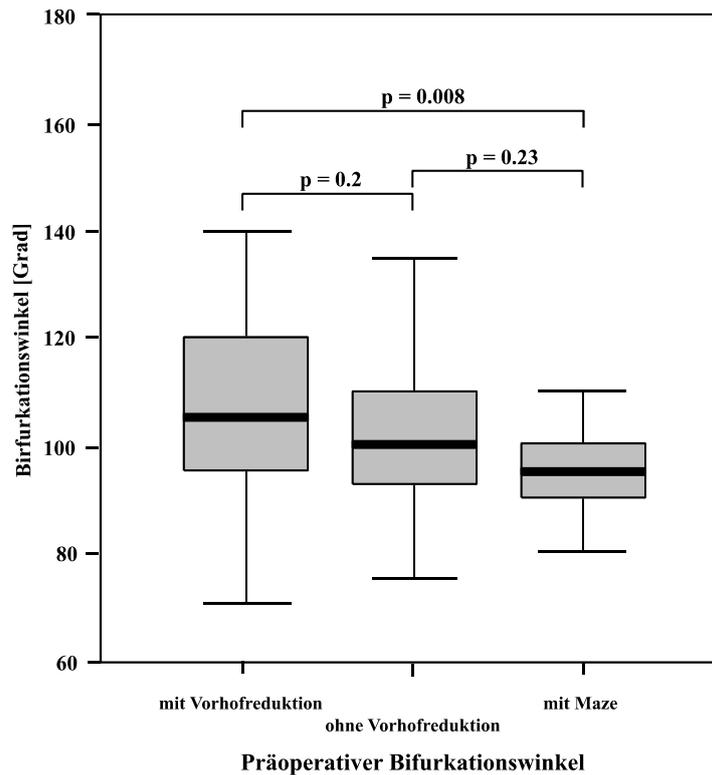


Abb. 27: präoperativer Bifurkationswinkel

Tabelle 13: Vergleich des präoperativen Bifurkationswinkels

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Bifurkationswinkel (Grad)</b>	70 - 140	75 - 135	75 - 135
Median ± Standardabweichung	105 ± 16	100 ± 15	95 ± 13
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.2	Gruppe 1 + 3 <b>0.008</b>	Gruppe 2 + 3 0.23

Der Vergleich des Winkels des linken Hauptbronchus zur Horizontalen, ergibt signifikante Resultate zwischen den Gruppen 1 und 2 mit  $p = 0.02$  und den Gruppen 1 und 3 mit  $p < 0.0001$ . Der Unterschiede zwischen den Gruppen 2 und 3 sind nicht signifikant.

Tabelle 14: Vergleich des präoperativen Winkels des linken Hauptbronchus zur Horizontalen

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen</b>	0 - 60	15 - 60	15 - 45
Median ± Standardabweichung	30 ± 11	32,5 ± 9,5	35 ± 5,5
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 <b>0.016</b>	Gruppe 1 + 3 <b>&lt;0.0001</b>	Gruppe 2 + 3 0.21

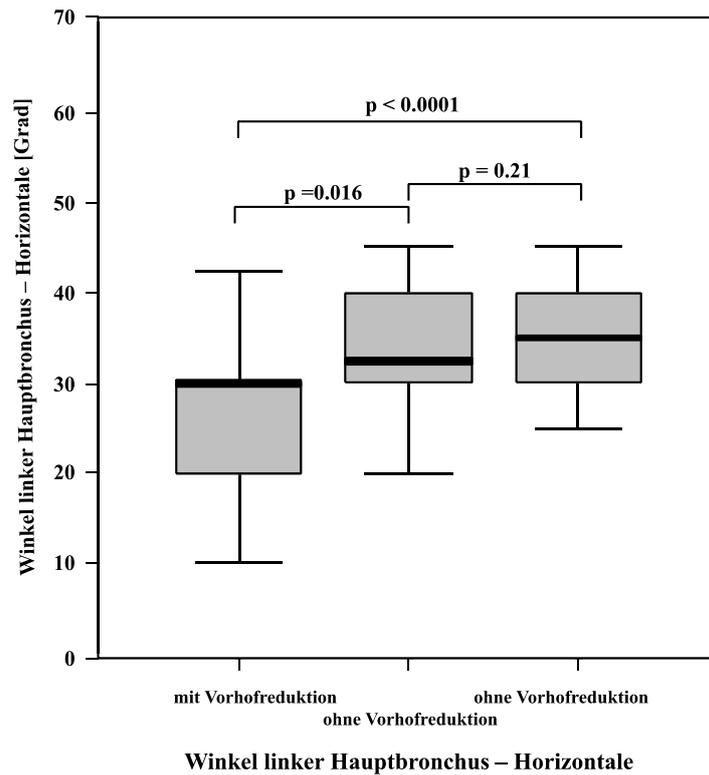


Abb. 28: präoperativer Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen

Die Auswertung des Double-density-Zeichens, ergibt bedeutsame Unterschiede zwischen allen Gruppen. In der Gruppe mit anschließender Verkleinerungsplastik ergeben sich die größten Werte. Die Signifikanzen betragen zwischen den Gruppen 1 und 2  $p = 0.016$ , zwischen den Gruppen 1 und 3  $p < 0.0001$  und zwischen den Gruppen 2 und 3  $p = 0.001$ .

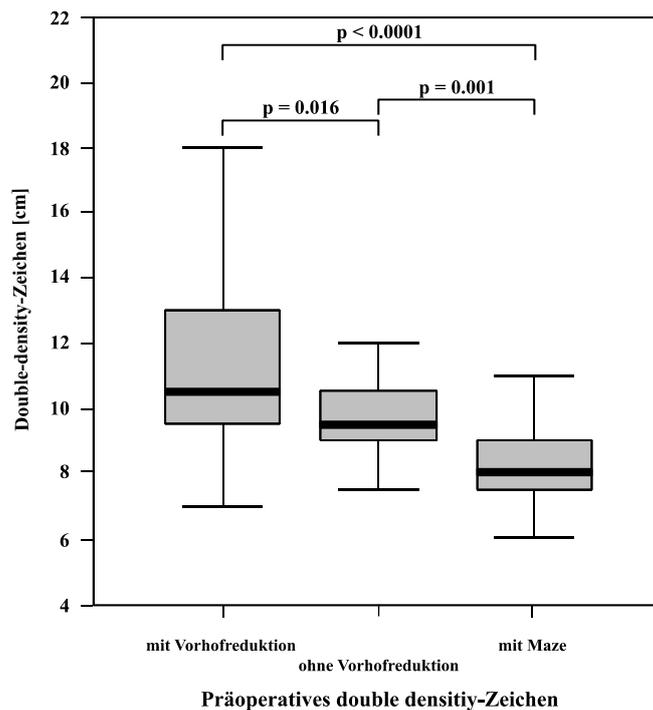


Abb. 29: präoperatives Double-density-Zeichen

Tabelle 15: Vergleich des präoperativen Double-density-Zeichens

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Double-density-Zeichen</b>	7 - 18	6 - 12	6 - 14,5
Median ± Standardabweichung	10,5 ± 3	9,5 ± 1	8 ± 2
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 <b>0.016</b>	Gruppe 1 + 3 <b>&lt;0.0001</b>	Gruppe 2 + 3 <b>0.001</b>

Die Auswertung des Verhältnisses der Breite des linken Hauptbronchus zur Breite der Trachea zeigt Unterschiede, die zwischen den Gruppen 1 und 2 mit  $p = 0.04$  und zwischen den Gruppen 1 und 3 mit  $p = 0.05$  signifikant sind. Das bestimmte Verhältnis ist in der Gruppe 1 am geringsten, was als Kompression des linken Hauptbronchus interpretiert werden muss.

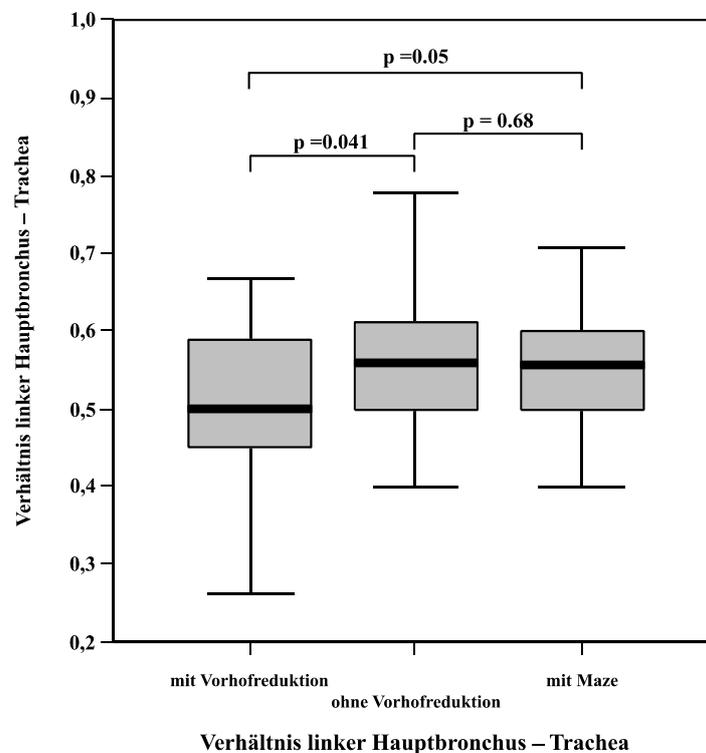


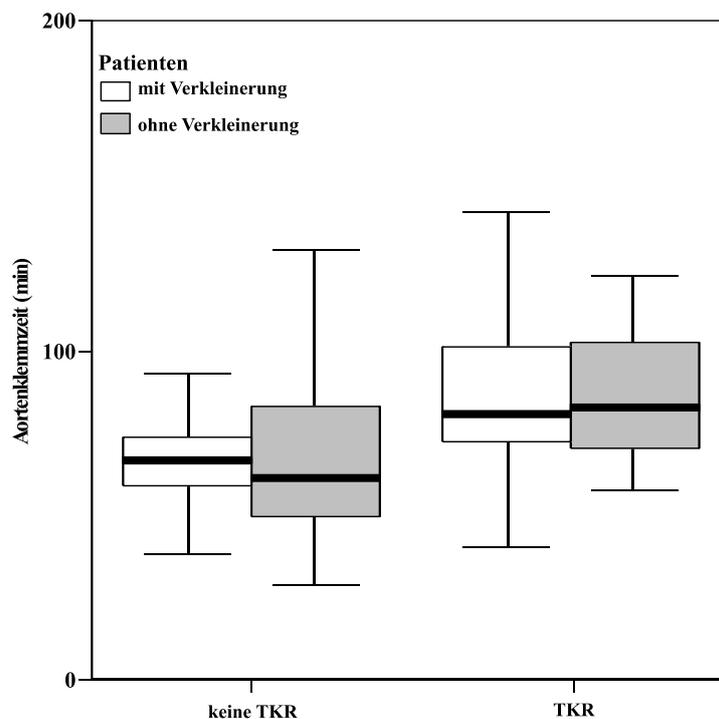
Abb. 30: präoperatives Verhältnis der Breite des linken Hauptbronchus zur Breite der Trachea

Tabelle 16: Vergleich des linken Hauptbronchus-Trachea-Verhältnisses

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Linker Hauptbronchus-Trachea-Verhältnis</b>	0,26 - 0,67	0,4 - 0,78	0,4 - 0,76
Median ± Standardabweichung	0,5 ± 0,09	0,56 ± 0,09	0,56 ± 0,08
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 <b>0.041</b>	Gruppe 1 + 3 <b>0.05</b>	Gruppe 2 + 3 <b>0.68</b>

#### 4.1.5. Operationsdaten/ postoperative Daten

Die Auswertung der Operationszeiten ergibt bedeutsame Unterschiede. Die Aortenklamm- und Perfusionszeiten sind in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik verlängert. Zur Gruppe ohne Vorhofverkleinerung ergeben sich die Unterschiede  $p = 0.037$  bzw.  $p = 0.046$ . Die Signifikanzen zur Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur betragen  $p = 0.003$  und  $p = 0.001$ . Ein weiterer signifikanter Unterschied besteht bei den Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof, in der Häufigkeit einer Trikuspidalklappenoperation. Im Vergleich zu der Gruppe ohne Vorhofreduktion werden mehr Patienten ( $n = 24$ ) der Vorhofverkleinerungsgruppe einer Trikuspidalklappenoperation unterzogen ( $p = 0.001$ ). Die Abbildung 31 zeigt den Zusammenhang zwischen einer Trikuspidalklappenoperation und der Aortenklammzeit.



**Einfluss der Trikuspidalklappenoperation (TKR)**

Abb. 31: Einfluss der Trikuspidalklappenoperation (TKR) auf die Aortenklammzeit bei Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof mit bzw. ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Um den Einfluss der Vorhofverkleinerungsplastik und der operativen Korrektur des Trikuspidalklappenitiums zu untersuchen, erfolgte eine univariate Analyse. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Trikuspidalklappenoperation einen entscheidenden Einfluss auf die Operationszeiten hat ( $p = 0.039$ ). Dieser Einfluss konnte der linksatrialen Verkleinerungsplastik nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 17: Univariate Analyse unabhängiger Variablen und Einfluss auf die Aortenklemmzeit – Auswertung der Patienten mit enorm dilatierten linken Vorhof

Unabhängige Variable	Signifikanz
linksatriale Vorhofverkleinerungsplastik	0.622
Trikuspidalklappenoperation	<b>0.039</b>

In der Maze-Gruppe war in 8,2% der Fälle eine Trikuspidalklappenoperation erforderlich. Dies stellt einen signifikanten Unterschied ( $p < 0.0001$ ) zur Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik dar (53%). In der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik, mussten sich 16 Patienten (36%) einer Re-Operation unterziehen. In Maze-Gruppe waren es 8 Patienten (19,5%). Dies ergibt einen signifikanten Unterschied  $p = 0.03$ .

Der statistische Vergleich der Entwöhnung vom Respirator ergab folgende Ergebnisse. Das Erreichen des CPAP-Modus mit einem Sauerstoffanteil von 30% ist statistisch nicht relevant. Die Extubation erfolgte in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik nach 15,8 Stunden und in der Gruppe ohne Verkleinerung nach 18,5 Stunden. In der Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur wurden die Patienten nach 10 Stunden extubiert. Die Differenzen dieser Extubationszeiten zeigen einen relevanten Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 3 ( $p = 0.049$ ).

Tabelle 18: Vergleich der Entwöhnungszeiten vom Respirator

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Erreichen von CPAP 30% (Stunden)</b>	2 - 120	2 - 84	1 - 216
Median ± Standardabweichung	9 ± 24	12 ± 19	8 ± 35
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.99	Gruppe 1 + 3 0.99	Gruppe 2 + 3 0.99
<b>Extubation (Stunden)</b>	3 - 160	5,5 - 157	2 - 160
Median ± Standardabweichung	15,8 ± 35	18,5 ± 38	10 ± 36
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.82	Gruppe 1 + 3 <b>0.049</b>	Gruppe 2 + 3 0.095

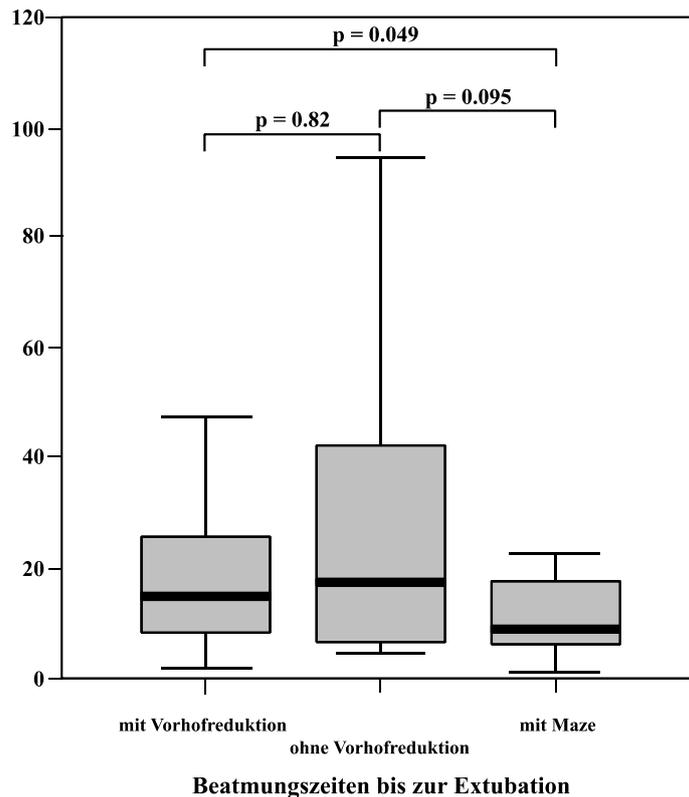


Abb. 32: Beatmungszeiten bis zur Extubation

Der Anteil der verstorbenen Patienten unterscheidet sich im Gruppenvergleich nicht signifikant. Die Todesursachen bei den während des Krankenhausaufenthaltes verstorbenen Patienten, waren in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik therapierefraktäre ventrikuläre Herzrhythmusstörungen, biventrikuläre Herzinsuffizienz und in einem Fall ein Myokardinfarkt (1. und 2. postoperativer Tag). Bei 2 Patienten kam es ausgehend von einer Pneumonie zu einem septischen Multiorganversagen.

In der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik verstarben 2 Patienten innerhalb von 30 Tagen nach der Operation. Todesursache war in beiden Fällen eine Pneumonie mit septischen Multiorganversagen. In den ersten 30 Tagen nach Operation verstarb in der Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur ein Patient. Todesursache waren die Folgen eines ausgedehnten Mesenterialinfarktes.

Die Verweildauer der Patienten der Maze-Gruppe auf der Intensivstation ist kürzer (2 Tage, Median-Wert), als die Verweildauer der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof und unterscheidet sich signifikant ( $p = 0.007$ ) zur Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik (3,5 Tage). Unterschiede zwischen der Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur und der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik (2 Tage) sind nicht signifikant ( $p = 0.09$ ).

## 4.2. Vergleich der Gruppengesamtheiten mit den nachuntersuchten Patienten

Es wurde nun untersucht, ob die nachuntersuchten Patienten eine repräsentative Stichprobe der Gesamtheit darstellen oder sich von der Gesamtheit ihrer Gruppe unterscheiden.

### 4.2.1. Patienten mit enorm einem dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik

Die nachuntersuchten Patienten (19 Patienten) zeigen im Vergleich mit der Gesamtheit der Patienten (45 Patienten) mit enorm dilatiertem linkem Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik, keinen signifikanten Unterschied bei den präoperativ ermittelten Werten und denen, welche die Operation und den postoperativen Verlauf kennzeichnen.

### 4.2.2. Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Die nachuntersuchten 11 Patienten zeigen keinen signifikanten Unterschied zur Gesamtheit der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik, bei den präoperativ ermittelten Werten, den Operationsdaten und den postoperativen Parametern.

### 4.2.3. Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

Die statistische Auswertung der nachuntersuchten Patienten (16 Patienten), zeigt keinen signifikanten Unterschied zur Gesamtheit der Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur. Ausgewertet wurden die präoperativen Daten, die Operationsdaten und die Ergebnisse, die den postoperativen Verlauf kennzeichnen.

Bei fehlenden Unterschieden können die Gruppen der nachuntersuchten Patienten als repräsentative Stichproben angesehen werden.

### 4.3. Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse innerhalb der drei Patientengruppen

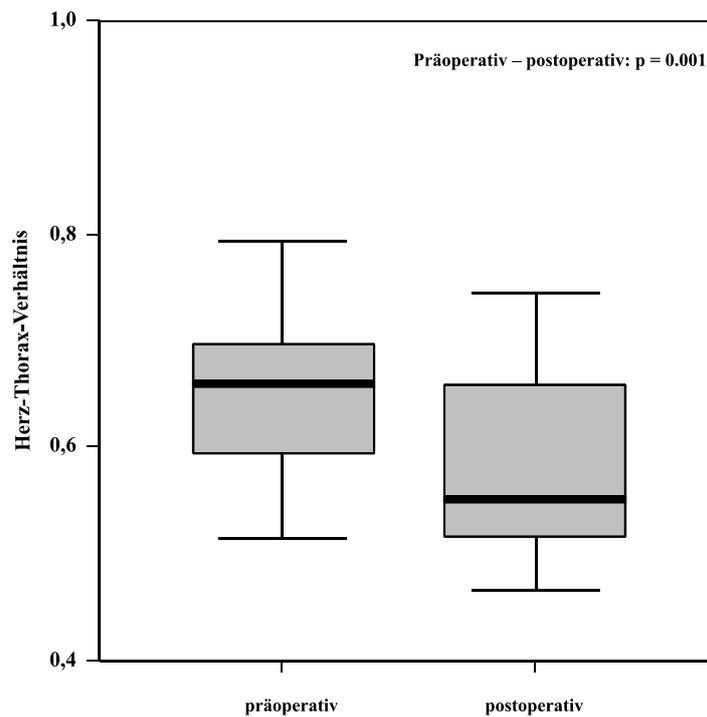
#### 4.3.1. Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik

Der Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse (siehe Anlage 2: Übersicht über die prä- und postoperativen Parameter bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik), zeigt bei den Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik signifikante Unterschiede ( $p < 0.0001$ ) in der maximalen Ausdehnung zwischen linksseitiger Pulmonalvenenmündung und interatrialem Septum (als LA 1-Diameter bezeichnet). Dies entspricht einer deutlichen Verbesserung nach Vorhofverkleinerungsplastik. Resultierend folgt ein hochsignifikanter Unterschied des LA-Index ( $p < 0.0001$ ). Ein Unterschied der Median-Werte der maximalen Ausdehnung zwischen rechtsseitiger Pulmonalvenenmündung und Mitralklappenannulus (LA 2-Diameter), ergibt keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p = 0.36$ ). Gleiches gilt für die Höhe des linken Vorhofes (LA 3-Diameter) ( $p = 0.21$ ).

Tabelle 19: Vergleich der linksatrialen Diameter

<b>Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik</b>	<b>präoperativ</b> n=19	<b>Postoperativ</b> n=19	<b>p-Wert</b>
<b>linksatriale Diameter</b>			
LA 1 (mm)	60 - 230	41 - 94	
Median ± Standardabweichung	82,5 ± 39	59 ± 13	<b>(-40%) &lt;0.0001</b>
LA 2 (mm)	50 - 130	59 - 95	
Median ± Standardabweichung	62 ± 20,5	72,5 ± 10	0.36
LA 3 (mm)	44 - 130	52 - 94	
Median ± Standardabweichung	64 ± 22	63,5 ± 14,5	0.21
LA-Index (LA1/KÖF)	30,1 - 142,3	21,9 - 55,7	
LA-Index Median ± Standardabweichung	50,4 ± 25	32,7 ± 8	<b>(-54%) &lt;0.0001</b>

Des Weiteren zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Röntgen-Thorax-Untersuchung, wobei es hier zu einer Verbesserung nach erfolgter Verkleinerung des linken Atriums kommt. Die statistische Auswertung zeigt Unterschiede bei dem Vergleich der Herz-Thorax-Verhältnisse ( $p = 0.001$ ), der Verhältnisse zwischen linken Hauptbronchus und Trachea ( $p = 0.012$ ), der Bifurkationswinkel ( $p = 0.002$ ), der Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen ( $p = 0.002$ ) und der Double-density-Zeichen ( $p = 0.001$ ).



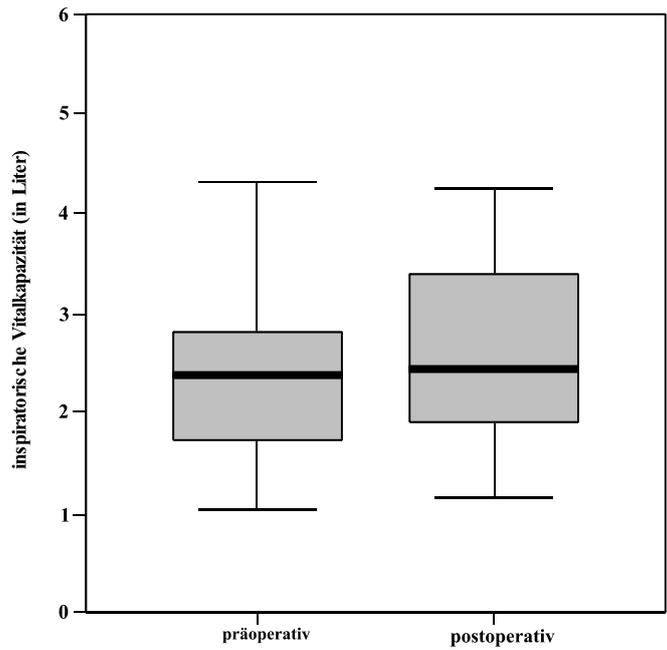
Vergleich des Herz-Thorax-Verhältnisses

Abb. 33: Prä- und postoperatives Herz-Thorax-Verhältnis in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik

Tabelle 20: Vergleich des Herz-Thorax-Verhältnisses

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Herz-Thorax-Verhältnis</b>	0,52 - 0,93	0,47 - 0,74	
Median ± Standardabweichung	0,66 ± 0,09	0,55 ± 0,09	<b>(-20%) 0.001</b>

Unterschiede in der Lungenfunktion konnten ebenfalls festgestellt werden. So wurden bedeutende Abweichungen zugunsten der postoperativen Ergebnisse bei der Bestimmung der Vitalkapazität ( $p = 0.045$ ) und 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.03$ ) beobachtet. Eine Abweichung im Vergleich der funktionellen Vitalkapazität scheiterte am 5% Niveau ( $p = 0.07$ ). Die Signifikanzen setzen sich innerhalb einer Stichprobe bei dem Verhältnisvergleich (Ist/ Soll-Werte) fort.

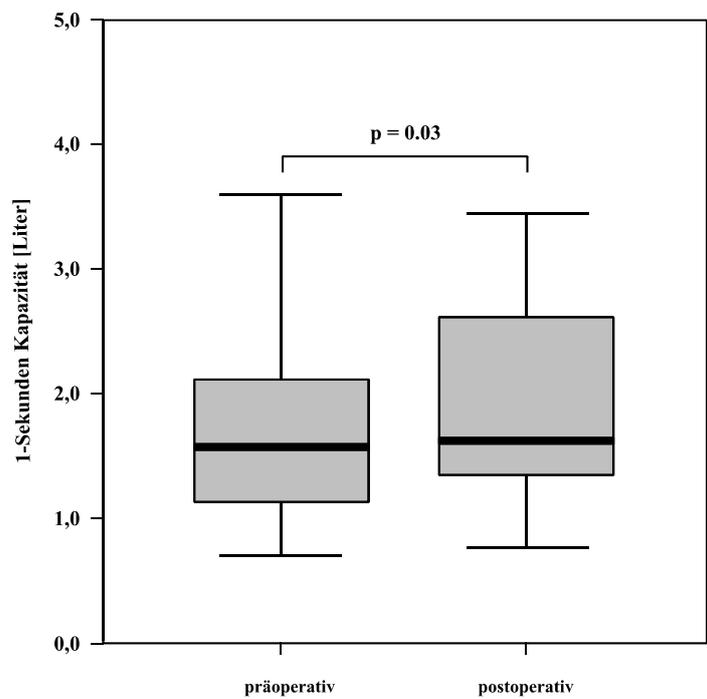


Vergleich der inspiratorischen Vitalkapazität (VC)

Abb. 34: Prä- und postoperative inspiratorische Vitalkapazität in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik

Tabelle 21: Vergleich der inspiratorischen Vitalkapazität

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	Postoperativ	p-Wert
<b>Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (Liter)</b>	1,02 - 4,32	1,15 - 4,26	
Median ± Standardabweichung	2,38 ± 0,91	2,43 ± 0,94	(+2%) <b>0.045</b>



Vergleich der 1-Sekunden Kapazität

Abb. 35: Prä- und postoperative 1-Sekunden-Kapazität in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik

Tabelle 22: Vergleich der 1-Sekunden-Kapazität

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>1-Sekunden-Kapazität FEV1 (Liter)</b>	0,69 - 3,6	0,75 - 3,45	
Median ± Standardabweichung	1,56 ± 0,74	1,62 ± 0,8	<b>(+4%) 0.03</b>

Für die Patienten ergeben sich eine Zunahme der Belastbarkeit und eine Abnahme der Dyspnoe-Symptomatik. Die Einteilung, erfolgt nach den Kriterien der NYHA-Klassifikation, zeigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten ( $p < 0.0001$ ). Bei allen Patienten (19 Patienten) die eine Nachuntersuchung erfuhren, trat postoperativ eine klinische Verbesserung ein.

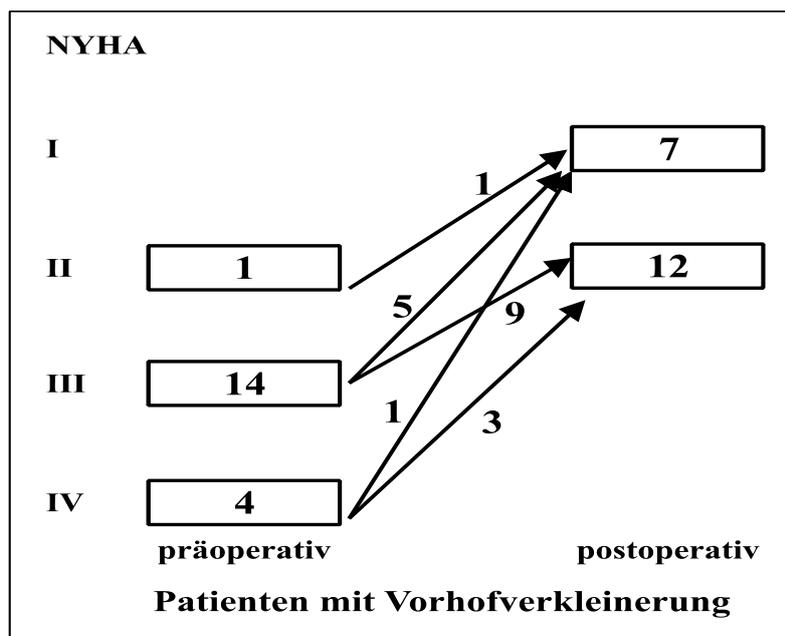


Abb. 36: Verteilung der NYHA-Klassen prä- und postoperativ bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik

#### 4.3.2. Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Die Untersuchung der prä- und postoperativen Werte in der Gruppe mit enorm dilatiertem linkem Vorhof ohne Vorhofverkleinerungsplastik (siehe Anlage 3: Übersicht über die prä- und postoperativen Parameter bei Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik) zeigt, dass die echokardiographischen Daten im Vergleich keinen signifikanten Unterschied ergeben. Auch die Parameter der Lungenfunktionsuntersuchung zeigen postoperativ nur minimale Verbesserungen zur präoperativen Situation. Statistische Unterschiede können nicht festgestellt werden. Einzig die Ausmessungen der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen lassen feststellen, dass das Verhältnis zwischen Herz und Thorax ( $p = 0.004$ ), der Bifurkationswinkel ( $p = 0.005$ ), das Double-density-Zeichen ( $p = 0.003$ ) und die Beurteilung einzelner Herzabschnitte postoperativ signifikant besser werden.

Ungeachtet dieser Ergebnisse, geben auch in dieser Gruppe die Patienten eine Zunahme der Belastbarkeit und eine Abnahme der Dyspnoe-Symptomatik an. Die Einteilung nach den Kriterien der NYHA-Klassifikation zeigt einen hochsignifikanten Unterschied zwischen den prä- und postoperativen Werten ( $p < 0.0001$ ).

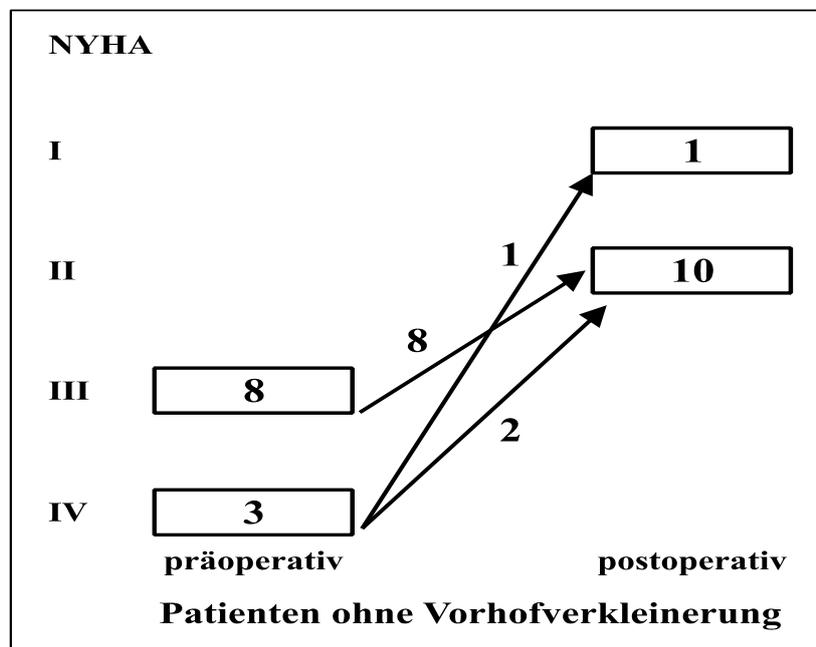


Abb. 37: Verteilung der NYHA-Klassen prä- und postoperativ bei Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik

#### 4.3.3. Vergleich der prä- und postoperativen Untersuchungsergebnisse bei Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenz-Ablation-Prozedur

Der Vergleich der prä- und postoperativen Parameter in der Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenz-Ablation-Prozedur (siehe Anlage 4: Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenz-Ablation-Prozedur, ergibt postoperativ eine signifikante Verbesserung des LA 1- und LA 3-Diameters ( $p = 0.04$  und  $p = 0.02$ ). Der Unterschied der LA 2-Werte ist statistisch nicht relevant ( $p = 0.08$ ).

Tabelle 23: prä- und postoperative linksatriale Diameter bei Patienten mit Maze-Prozedur

Patienten mit Maze-Prozedur	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>linksatriale Diameter</b>			
LA 1 (mm)	37 - 98	38 - 94	
Median ± Standardabweichung	51,5 ± 17,7	47 ± 13,9	<b>(-9,6%) 0.04</b>
LA 2 (mm)	54 - 95	45 - 84	
Median ± Standardabweichung	69 ± 18,8	52 ± 14,1	0.08
LA 3 (mm)	55 - 74	42 - 62	
Median ± Standardabweichung	63 ± 9,7	52 ± 7	<b>(-21%) 0.02</b>

Ein weiterer statistisch signifikanter Unterschied ergibt sich bei der Auswertung der linksventrikulären enddiastolischen Diameter. Zwischen den prä- und postoperativen Werten liegt eine Signifikanz von  $p = 0.009$  vor.

Die Auswertung der Lungenfunktionsprüfung ergibt die im Folgenden dargestellten Ergebnisse. Die inspiratorische Vitalkapazität ( $p = 0.6$ ), die funktionelle Vitalkapazität ( $p = 0.5$ ), die 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.5$ ) und das Verhältnis der 1-Sekunden-Kapazität zur inspiratorischen Vitalkapazität ( $p = 0.92$ ), zeigen bei dem untersuchten Patientenkollektiv keine signifikanten Unterschiede der prä- und postoperativ erhobenen Befunde.

Der radiologische Vergleich der prä- und postoperativen Werte der nachuntersuchten Patienten der Maze-Gruppe (16 Patienten) zeigt eine deutliche Besserung der postoperativen Befunde. Das Herz-Thorax-Verhältnis ( $p = 0.003$ ), der Bifurkationswinkel ( $p = 0.001$ ), der Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen ( $p = 0.008$ ), das Double-density-Zeichen ( $p = 0.004$ ) und das Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea ( $p = 0.05$ ) zeigen signifikante Unterschiede.

Zur Nachuntersuchung befinden sich innerhalb der Maze-Gruppe signifikant ( $p < 0.0001$ ) mehr Patienten (75%) im Sinusrhythmus als präoperativ (kein Patient).

#### 4.4. Vergleich der Untersuchungsergebnisse innerhalb der nachuntersuchten Patientengruppen

Der Vergleich der nachuntersuchten Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof (siehe Anlage 5), zeigt in den präoperativ durchgeführten echokardiographischen Untersuchungen einen hoch signifikanten Unterschied ( $p = 0.001$ ) bei der Bestimmung des LA1 -Diameters. Dabei werden die größeren Ausdehnungen in der Gruppe bestimmt, die einer Vorhofverkleinerungsplastik unterzogen wird. Konsekutiv folgt ein ebenfalls hoch signifikanter Unterschied nach Berechnung des LA-Index ( $p = 0.007$ ). Postoperativ liegen zwischen den Patientengruppen keine statistisch relevanten Unterschiede vor (LA 1-Diameter:  $p = 0.95$  und LA-Index:  $p = 0.7$ ).

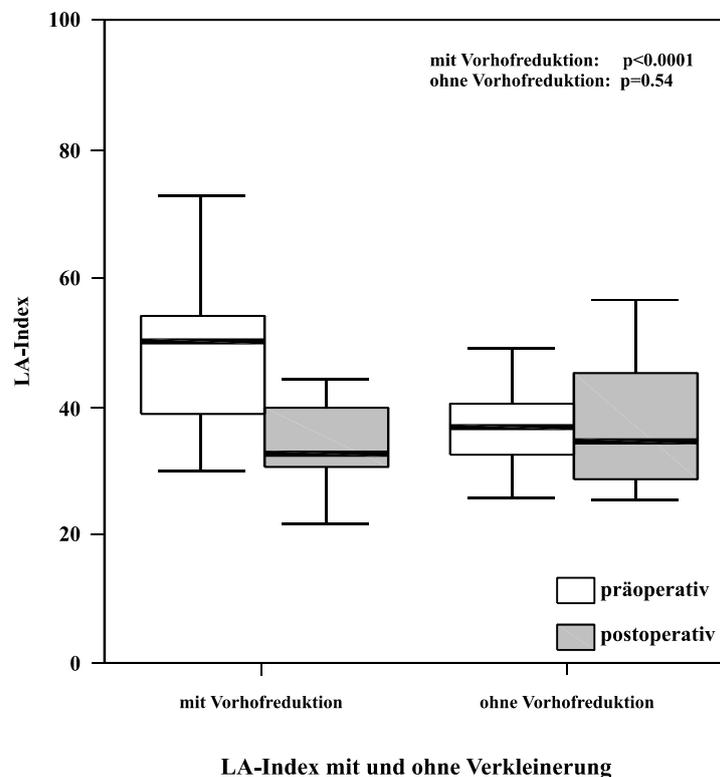


Abb. 38: LA-Index prä- und postoperativ bei Patienten mit bzw. ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Vergleicht man die LA 2- und LA 3-Diameter, lassen sich diese Beobachtungen nicht machen. Die postoperativen Diameter zeigen keine bedeutsamen Unterschiede (LA 2-Diameter:  $p = 0.37$ , LA 3-Diameter:  $p = 0.37$ ).

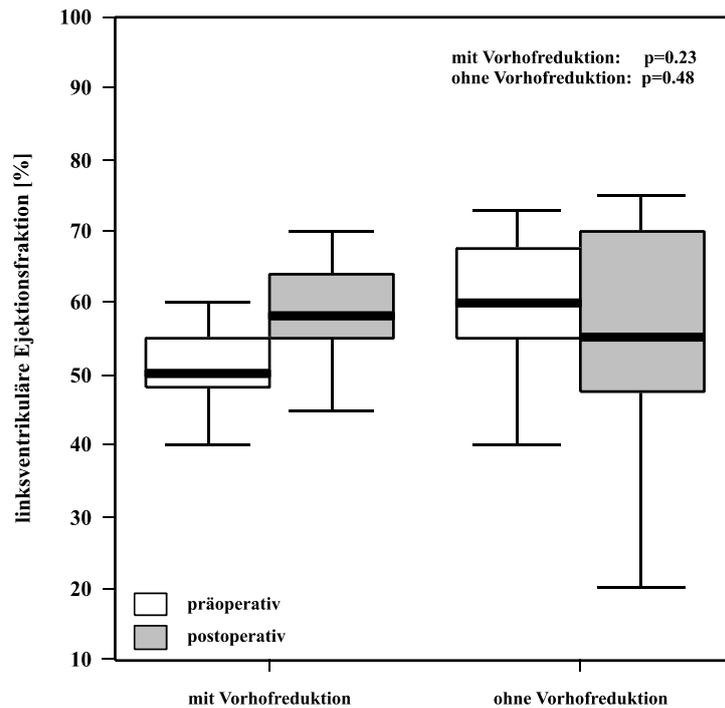
Die postoperative Auswertung zeigt signifikante Unterschiede der linksatrialen Diameter der Maze-Gruppe, im Vergleich zur Gruppe 1 mit Vorhofverkleinerung: LA 1-Diameter mit  $p < 0.0001$ , der LA 2-Diameter mit  $p = 0.003$  und LA3-Diameter mit  $p = 0.002$ . Der Vergleich

zu Gruppe 2 ohne Vorhofreduktionsplastik ergibt eine signifikante Differenz der LA 1-Diameter ( $p = 0.001$ ).

Tabelle 24: Vergleich der postoperativen linksatrialen Diameter

Nachuntersuchung bei Patienten	Patienten mit Vorhofverkleinerung =Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung =Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur =Gruppe 3
<b>linksatriale Diameter</b>			
<b>LA 1 (mm)</b>	41 - 94	43 - 93	38 - 94
Median $\pm$ Standardabweichung	59 $\pm$ 13	55 $\pm$ 18	47 $\pm$ 14
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.95	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>&lt;0.0001</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> <b>0.001</b>
<b>LA 2 (mm)</b>	59 - 95	43 - 88	45 - 84
Median $\pm$ Standardabweichung	72,5 $\pm$ 10	70 $\pm$ 16	52 $\pm$ 14
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.37	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>0.003</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.47
<b>LA 3 (mm)</b>	52 - 94	42 - 75	42 - 62
Median $\pm$ Standardabweichung	63,5 $\pm$ 15	68 $\pm$ 14	52 $\pm$ 7
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.37	<i>Gruppe 1 + 3</i> <b>0.002</b>	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.1

Es zeigt sich präoperativ, wenn auch nicht signifikant ( $p = 0.1$ ), ein Unterschied der linksventrikulären Pumpfunktion zwischen den Gruppen 1 und 2 (Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof). Postoperativ besteht dieser Unterschied nicht mehr. Diese Tatsache ergibt sich aus einer Besserung der linksventrikulären Funktion ( $50 \pm 11\% \rightarrow 56,5 \pm 11\%$ ) in der Gruppe mit Verkleinerungsplastik und einer geringgradigen Verschlechterung ( $60 \pm 16\% \rightarrow 55 \pm 16\%$ ) der Funktion im Vergleichskollektiv ohne linksatriale Verkleinerung.



Linksventrikuläre Ejektionsfraktion

Abb. 39: prä- und postoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion

Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion in der Maze-Gruppe wird präoperativ mit  $60 \pm 11,3\%$  angegeben. Das ist eine bessere Ejektionsfraktion und ergibt einen signifikanten Unterschied ( $p = 0.03$ ) zu der Gruppe 1 (mit Vorhofverkleinerungsplastik). Postoperativ ist dieser Unterschied nicht zu beobachten ( $p = 0.65$ ).

Tabelle 25: Vergleich der postoperativen linksventrikulären Ejektionsfraktion

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (%)</b>	30 - 70	20 - 75	30 - 70
Median $\pm$ Standardabweichung	56,5 $\pm$ 11	55 $\pm$ 16	55 $\pm$ 11,5
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.84	Gruppe 1 + 3 0.65	Gruppe 2 + 3 0.83

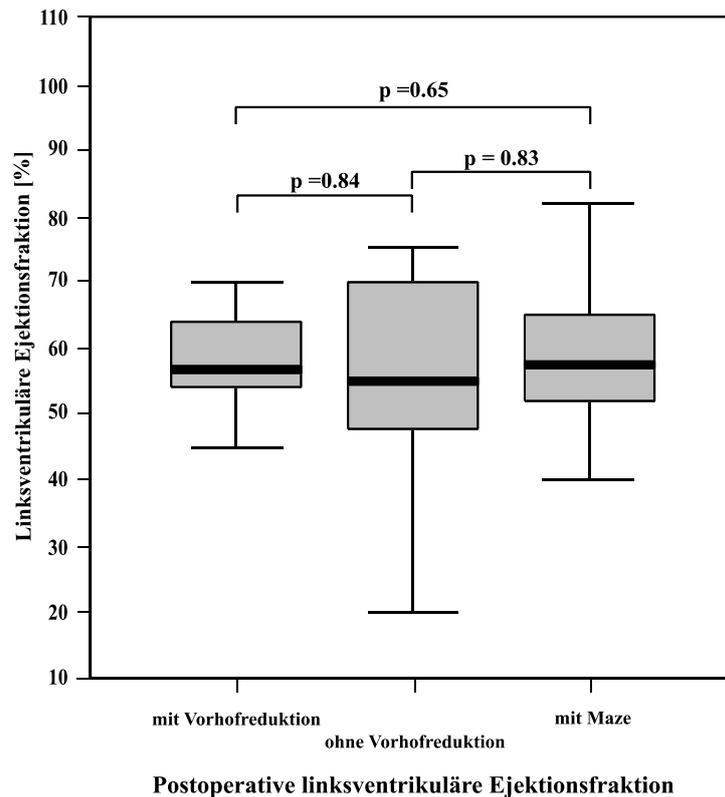


Abb. 40: postoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion

Ein präoperativ nachweisbarer bedeutsamer Unterschied ( $p = 0.03$ ) zwischen Gruppe 1 und 2 in der Ermittlung der rechtsventrikulären Ejektionsfraktion, zugunsten der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik kann nach erfolgter Operation nicht mehr gezeigt werden ( $p = 0.42$ ). Gleiches gilt für die statistische Auswertung der Gruppen 1 und 3. Präoperativ unterscheidet sich die rechtsventrikuläre Pumpfunktion signifikant ( $p = 0.002$ ). Postoperativ besteht der Unterschied nicht mehr ( $p = 0.06$ ). Die Gruppen 2 und 3 zeigen keine relevante Verschiedenheit.

Bei den nachuntersuchten Patientenkollektiven mit (19 Patienten) und ohne (11 Patienten) Vorhofverkleinerungsplastik, konnte kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der durchgeführten Trikuspidalklappenoperationen festgestellt werden (10 versus 4 Operationen,  $p = 0.39$ ). Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen der Gesamtheiten (24 versus 4 Operationen,  $p = 0.001$ ). Es folgen, ebenfalls im Gegensatz zu den ausgewerteten Gesamtheiten, keine Unterschiede bei Operationszeiten, was ebenfalls den Einfluss der Trikuspidalklappenoperation auf die Operationszeiten verdeutlicht. Die Aortenklammzeit ( $72,5 \pm 30$  versus  $79,5 \pm 24$  Minuten), die Perfusionszeit ( $133 \pm 63$  versus  $134 \pm 49$  Minuten) und die Reperfusionzeit ( $50 \pm 26$  versus  $43,5 \pm 30$  Minuten) in den Gruppen 1 und 2, zeigen keine signifikanten Unterschiede.

Dagegen zeigt sich bei der Gruppe mit einer Verkleinerung des linken Vorhofes, dass der Anteil der Patienten, bei denen bereits eine Mitralklappenoperation erfolgte (9 Patienten versus 0), bedeutend größer ist ( $p = 0.006$ ) als ohne Verkleinerungsplastik.

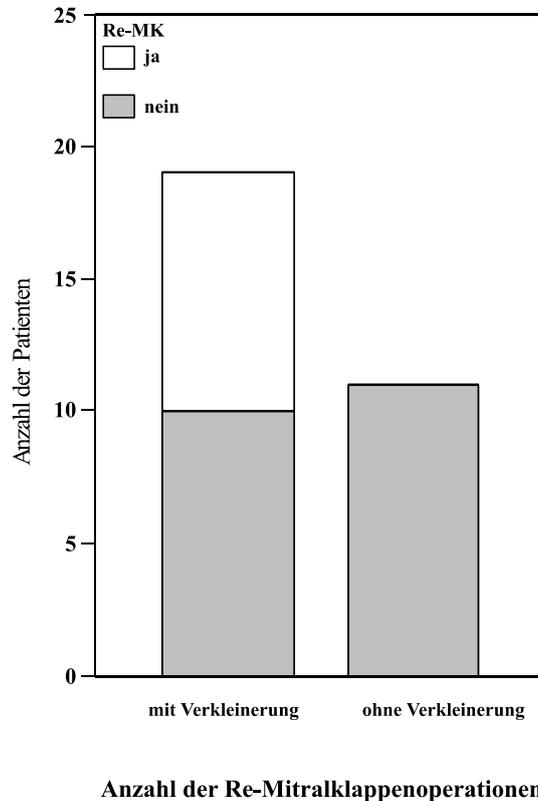


Abb. 41: Anzahl der Re-Mitralklappeneingriffe bei Patienten mit bzw. ohne linksatriale Reduktion

Die präoperativen Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung, zeigen bei den Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof im Gruppenvergleich mitunter deutlich divergierende Median-Werte. Als Beispiel wird die inspiratorische Vitalkapazität erwähnt, welche in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik größer ist ( $2,38 \pm 0,9$  versus  $1,69 \pm 0,5$  Liter in der Gruppe ohne Verkleinerung). Statistisch ergeben sich keine bedeutsamen Unterschiede sowohl bei der inspiratorischen Vitalkapazität ( $p = 0.17$ ), als auch bei der 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.81$ ) und der funktionellen Vitalkapazität ( $p = 0.52$ ). Ausnahme bildet der Verhältnisvergleich, in welchen die 1-Sekunden-Kapazität und Vitalkapazität einfließen ( $p = 0.04$ ). Fortgesetzt wird die Verschiedenheit des Verhältnisvergleiches bei der Auswertung der Ist-Soll-Werte ( $p = 0.006$ ).

Bei der postoperativ durchgeführten Lungenfunktionsanalyse unterscheiden sich die Vitalkapazitäten signifikant ( $p = 0.033$ ). Dies wird auf eine Zunahme der Vitalkapazität ( $2,38 \pm 0,9 \rightarrow 2,43 \pm 0,9$  Liter) in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik zurückgeführt. Zwar verbessern sich auch die postoperativ ermittelten Median-Werte der 1-Sekunden-Kapazität in

der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik ( $1,56 \pm 0,7 \rightarrow 1,62 \pm 0,8$  Liter), aber bedeutsame Unterschiede zeigt die statistische Auswertung hier nicht ( $p = 0.2$ ).

Innerhalb der Maze-Gruppe sind die Auswertungen der inspiratorischen Vitalkapazität ( $p = 0.6$ ), der funktionellen Vitalkapazität ( $p = 0.5$ ) und der 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.5$ ) statistisch nicht relevant.

Im Vergleich der nachuntersuchten Patienten der Maze-Gruppe (16 Patienten), sind in Bezug auf die Lungenfunktionsparameter postoperativ keine bedeutsamen Unterschiede zu den Gruppen mit enorm dilatiertem linkem Vorhof festzustellen. Dies zeigt sich bei der Auswertung der Absolutzahlen und der Ergebnisse in Relation zu den Soll-Werten.

Keine signifikanten Unterschiede ergeben zwischen den Gruppen mit und ohne Vorhofverkleinerungsplastik bei den prä- und postoperativen Vergleichen der radiologischen Messwerte des Herz-Thorax-Verhältnisses ( $p = 0.95$  bzw.  $p = 0.8$ ), des Verhältnisses zwischen linkem Hauptbronchus und Trachea ( $p = 0.7$  bzw.  $p = 0.3$ ), des Bifurkationswinkels ( $p = 0.4$  bzw.  $p = 0.35$ ), des Winkels des linken Hauptbronchus zur Horizontalen ( $p = 0.85$  bzw.  $p = 0.7$ ) und des Double-density-Zeichens ( $p = 0.2$  bzw.  $p = 0.1$ ). Die Grafik (Abbildung 42) zeigt die Herz-Thorax-Verhältnisse im Anschluss an die erfolgten Operationen. Innerhalb der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik verringert sich das Herz-Thorax-Verhältnis um 16,7% ( $0,66 \pm 0,09 \rightarrow 0,55 \pm 0,09$ ). In der Gruppe ohne Vorhofreduktion fällt der Rückgang des Herz-Thorax-Verhältnisses mit 3,2% deutlich geringer aus. Im Gruppenvergleich ergeben sich prä- und postoperativ keine signifikanten Ergebnisse ( $p = 0.95$  und  $p = 0.8$ ).

Tabelle 26: Vergleich der postoperativen Herz-Thorax-Verhältnisse

Nachuntersuchung bei Patienten	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
* Herz/Thorax-Verhältnis	0,47 - 0,74	0,47 - 0,63	0,41 - 0,72
Median $\pm$ Standardabweichung	0,55 $\pm$ 0,09	0,6 $\pm$ 0,05	0,54 $\pm$ 0,06
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.78	Gruppe 1 + 3 0.06	Gruppe 2 + 3 <b>0.03</b>

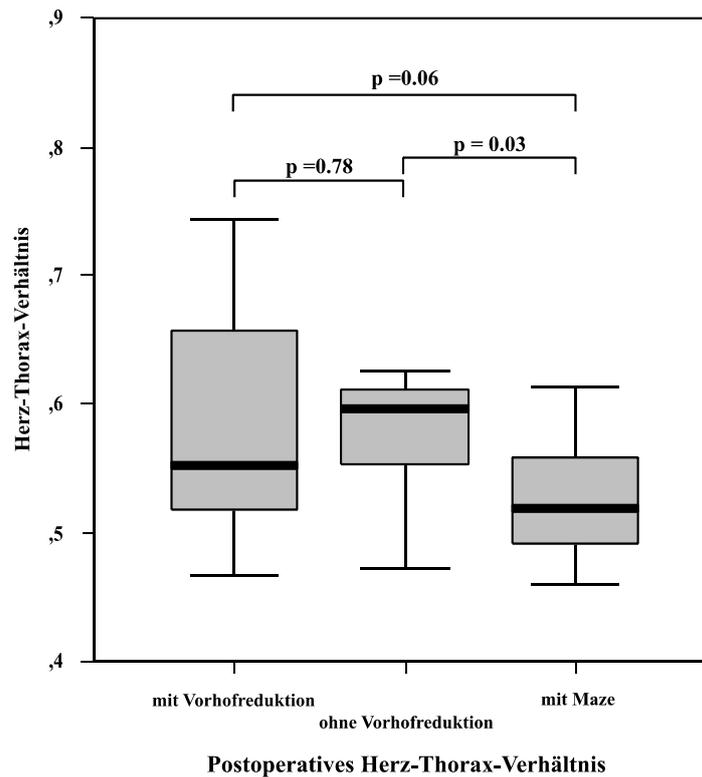


Abb. 42: postoperatives Herz-Thorax-Verhältnis

Die Patienten der Maze-Gruppe unterscheiden sich präoperativ von den Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof in folgenden Kriterien: Herz-Thorax-Verhältnis (zu Gruppe 1:  $p = 0.001$ ; zu Gruppe 2:  $p = 0.005$ ) und Double-density-Zeichen (zu Gruppe 1:  $p = 0.002$ ; zu Gruppe 2:  $p = 0.007$ ). In diesen Punkten sind die Werte der linksatrialen Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation überlegen. Kein signifikanter Unterschied besteht bei dem Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea, dem Bifurkationswinkel und dem Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen. Die postoperativen Ergebnisse zeigen signifikante Unterschiede in der Bestimmung des Herz-Thorax-Verhältnisses zu Gruppe 2 ( $p = 0.03$ ) und des Double-density-Zeichens zu Gruppe 1 ( $p = 0.004$ ) zugunsten der Maze-Gruppe. Die ermittelten Werte des Bifurkationswinkels, des Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen und des Verhältnisses des linken Hauptbronchus zur Trachea sind nicht bedeutsam verschieden.

Tabelle 27: Vergleich der postoperativen Bifurkationswinkel

Nachuntersuchung bei Patienten	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
* Bifurkationswinkel (Grad)	70 - 110	65 - 120	70 - 110
Median $\pm$ Standardabweichung	90 $\pm$ 12	85 $\pm$ 16	90 $\pm$ 8
p-Wert	Gruppe 1 + 2 0.35	Gruppe 1 + 3 0.13	Gruppe 2 + 3 0.98

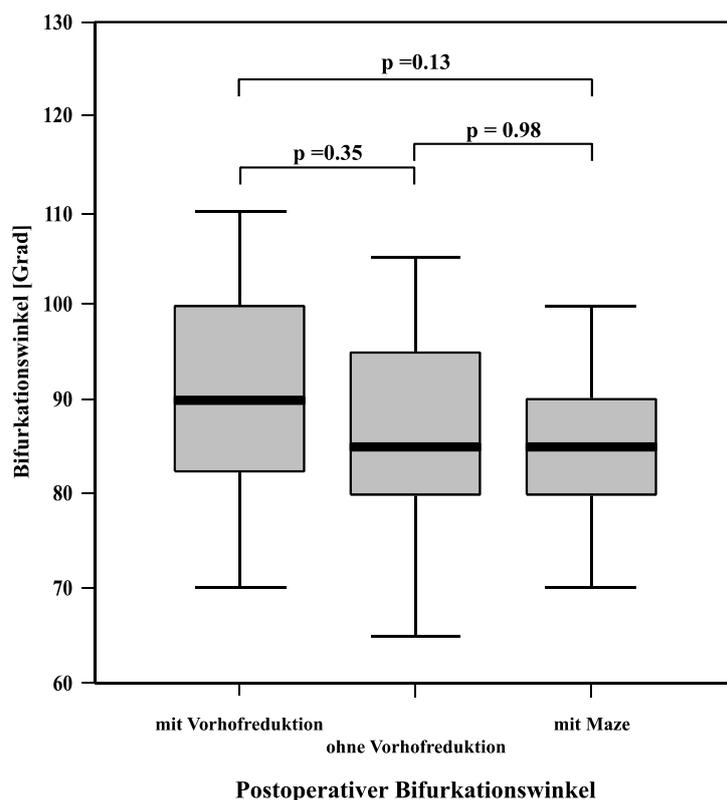


Abb. 43: postoperativer Bifurkationswinkel

Die Auswertung der Beatmungszeiten, ergibt bei den Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof keine signifikanten Unterschiede. Die Beatmung im CPAP-Modus bei einem Sauerstoffanteil von 30%, ist in der Gruppe nach Vorhofverkleinerungsplastik  $7 \pm 4$  Stunden nach Operationsende möglich. Die Extubation erfolgt nach  $14 \pm 37$  Stunden. In der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik betragen die Abstände von der Operation  $12 \pm 24$  Stunden für die CPAP-Beatmung und  $18,5 \pm 21$  Stunden für die Extubation. Diese Unterschiede sind nicht signifikant ( $p = 0.27$  für CPAP-Beatmung und  $p = 0.58$  für Extubation).

In der Gruppe mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation werden folgende Zeiten bestimmt: Erreichen von CPAP-Modus bei einem Sauerstoffanteil von 30% nach  $6 \pm 20$  Stunden und Extubation nach  $13 \pm 40$  Stunden. Diese Werte zeigen im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 28: Vergleich der Zeiten der Entwöhnung vom Respirator

Nachuntersuchung bei Patienten	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Erreichen von CPAP 30% (Stunden)</b>	3 - 17,5	3 - 84	1 - 84
Median $\pm$ Standardabweichung	$7 \pm 4$	$12 \pm 24$	$6 \pm 20$
<b>p-Wert</b>	Gruppe 1 + 2 0.27	Gruppe 1 + 3 0.51	Gruppe 2 + 3 0.54

Nachuntersuchung bei Patienten	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3
<b>Extubation (Stunden)</b>	5 - 160	6,5 - 70	6,5 - 160
Median ± Standardabweichung	14 ± 37	18,5 ± 21	13 ± 40
<b>p-Wert</b>	<i>Gruppe 1 + 2</i> 0.58	<i>Gruppe 1 + 3</i> 0.49	<i>Gruppe 2 + 3</i> 0.32

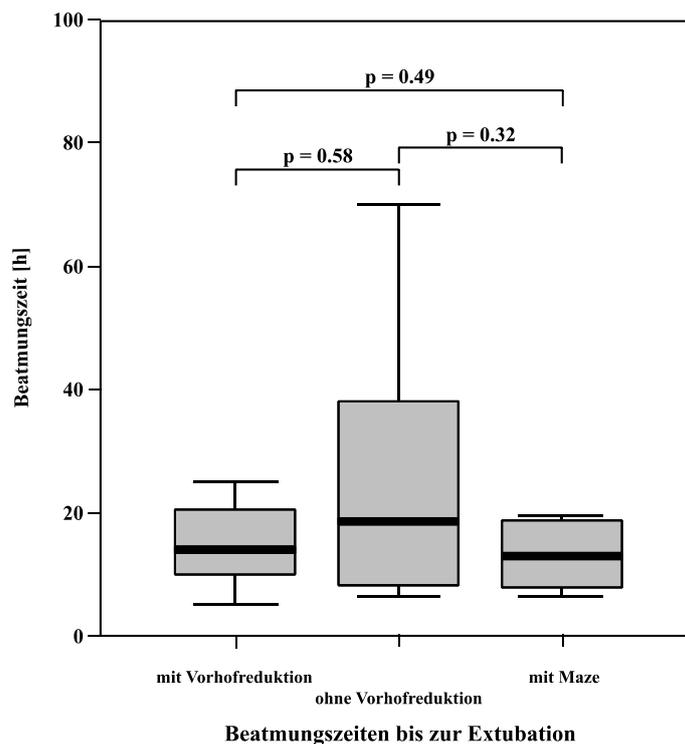


Abb. 44: Beatmungszeiten bis zur Extubation

Ein signifikanter Unterschied ( $p = 0.03$ ) besteht bei der Häufigkeit eines postoperativen Low-cardiac-output-Syndroms zwischen der Gruppe ohne Vorhofverkleinerung (27%) und der Maze-Gruppe (0%). Die postoperativen Ereignisse: Extubation ( $p = 0.09$ ), Reintubation ( $p = 0.6$ ), Tracheotomie ( $p = 0.8$ ), NO-Insufflation ( $p = 0.053$ ) und das Auftreten einer Pneumonie ( $p = 0.27$ ), unterscheiden sich zwischen den 3 Gruppen nicht signifikant.

Die Verweildauer von Patienten auf der Intensivstation zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen der Maze-Gruppe ( $2 \pm 3,6$  Tage) und den Patienten mit enorm dilatiertem linken Vorhof (Gruppe 1:  $3 \pm 3,5$  Tage; Gruppe 2:  $3 \pm 6,3$  Tage).

Zur Nachuntersuchung befinden sich innerhalb der Maze-Gruppe signifikant ( $p < 0.0001$ ) mehr Patienten (75%) im Sinusrhythmus als präoperativ (kein Patient). Im Vergleich zu den Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und Vorhofverkleinerungsplastik zeigen die Auswertungen der postoperativen Elektrokardiogramme eine bedeutsame Verschiedenheit zugunsten der Patienten der Maze-Gruppe ( $p = 0.001$ ).

## 4.5. Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Eine zusammenfassende Betrachtung der signifikanten Untersuchungsergebnisse soll in Tabelle 29 gezeigt werden.

Tabelle 29: Darstellung von signifikanten postoperativen Verbesserungen in den untersuchten Gruppen im Vergleich mit den präoperativen Ausgangswerten

Untersuchung von	Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	Patienten mit Maze-Operation
<b>1 Echokardiographischen Parametern</b>			
* LA 1 - Diameter	+	-	+
* LA 2 - Diameter	-	-	-
* LA 3 - Diameter	-	-	+
* LA-Index (LA1/KÖF)	+	-	-
<b>2 Lungenfunktions-Parameter</b>			
* inspiratorische Vitalkapazität (VC)	+	-	-
* funktionelle Vitalkapazität (FVC)	-	-	-
* 1-Sekunden-Kapazität (FEV 1)	+	-	-
* FEV 1 / VC IN	-	-	-
<b>3 Radiologischen Parameter</b>			
* Herz-Thorax-Verhältnis	+	+	+
* Linker Hauptbronchus/Trachea-Verhältnis	+	-	+
* Bifurkationswinkel	+	+	+
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen	+	-	+
* Double-density-Zeichen	+	+	+
<b>4 Klinik</b>			
* NYHA-Klassifikation	+	+	+

Erläuterung:

- „+“ prä- und postoperativer Vergleich ergibt ein signifikantes Ergebnis  
 „-“ prä- und postoperativer Vergleich ergibt kein signifikantes Ergebnis

In der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik zeigen sich signifikante Verbesserungen der echokardiographischen und radiologischen Parameter, der Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung und der klinischen Einteilung nach NYHA.

## 4.6. Ausgewählte Kasuistiken

Im Folgenden sollen ausgewählte Beispiele demonstriert werden, um die Ergebnisse einer Vorhofverkleinerungsplastik zu verdeutlichen.

### 1. Patient (weiblich, 60 Jahre alt)

Bei der 60jährigen Patientin ist in der Kindheit ein rheumatisches Fieber und in der Folge ein kombiniertes Mitralklappenvitium aufgetreten. Bereits 1984 musste eine operative Korrektur mittels Implantation einer mechanischen Prothese (Björk-Shiley, Größe 33mm) erfolgen. Nun wurde die Patientin mit der Frage nach einer Herztransplantation, bei ausgeprägter Dyspnoe-Symptomatik und konsekutiver Leistungseinschränkung, in der Transplantationsabteilung des Deutschen Herzzentrums Berlin vorstellig. Die Einteilung nach der NYHA-Klassifikation ergab das Stadium IV. Nach Sichtung sämtlicher Befunde diagnostizierte man eine restriktive Ventilationsstörung durch die massive Verdrängung der Lunge, mit Dyspnoe-Symptomatik und Leistungseinschränkung, rezidivierenden pulmonalen Infekten und der Notwendigkeit einer Sauerstoff-Insufflation.

Die echokardiographische Untersuchung zeigte eine linksatriale Dilatation mit folgenden Diametern: 130 x 130 x 230mm (siehe Abb. Nr. 45). Es bestand eine linksventrikuläre Dilatation (LVEDD 69 mm), eine eingeschränkte Ejektionsfraktion (LVEF 30%) und eine mittelgradige Trikuspidalklappeninsuffizienz (Grad II-III).

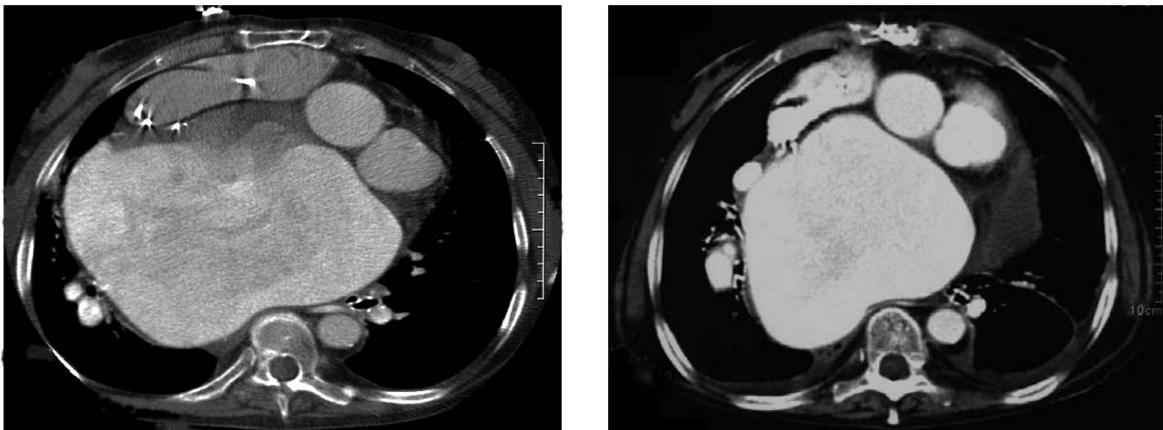


Abb. 45: CT-Thorax: links – präoperativ, der linke Vorhof reicht bis an die rechte Thoraxwand; rechts – postoperativ

Die Operation erfolgte mit Inspektion der Mitralklappe, der Vorhofverkleinerungsplastik links und einer Trikuspidalklappenoperation nach Kay.

Die Entwöhnung vom Respirator nach erfolgter Operation gestaltete sich unkompliziert. Die Patientin konnte 9 Stunden postoperativ extubiert werden. Oxygenierungsprobleme ergaben sich im Verlauf nicht. Es bestand eine geringgradige CO<sub>2</sub>-Retention. Ein pulmonales Infektgeschehen und hämodynamische Instabilitäten traten im Verlauf nicht auf. Problematisch erschien die körperliche Schwäche bei präoperativer Immobilität. Am 20. postoperativen Tag konnte die Patientin schließlich in die Anschlussheilbehandlung verlegt werden. Fünf Monate nach der Operation erschien die Patientin zur Kontrolluntersuchung. Dabei zeigten sich folgende echokardiographisch ermittelte linksatriale Diameter: 70 x 100 x 82mm (siehe auch Abb.: 45). Die linksventrikuläre Funktion wurde mit 35-40% bestimmt. Der enddiastolische Diameter betrug 53 mm. Die Belastbarkeit war in der Zwischenzeit zunehmend. Es bestand eine Leistungseinschränkung mit Luftnot bei Belastung, im Sinne von NYHA II-III.

## 2. Patient (weiblich, 45 Jahre)

Die 45jährige Patientin wurde mit einem kombinierten Mitralklappenvitium, bei führender Stenose überwiesen. Die Ursache für die Klappenerkrankung war ein rheumatisches Fieber in der Kindheit. In der Folge trat zusätzlich eine Trikuspidalklappeninsuffizienz (Grad III) auf. Klinisch imponierten bei der Patientin ein deutliche Leistungsminderung, bei ausgeprägter Dyspnoe (NYHA III-IV). Der Beruf konnte von der Patientin nicht mehr ausgeführt werden. Präoperativ offenbarte sich eine linksatriale Dilatation: 80 x 77 x 120mm. Es erfolgte der Mitralklappenersatz (Prothese: Carbomedics, Größe 31mm), eine Trikuspidalklappenrekonstruktion nach Kay und eine linksatriale Verkleinerungsplastik.

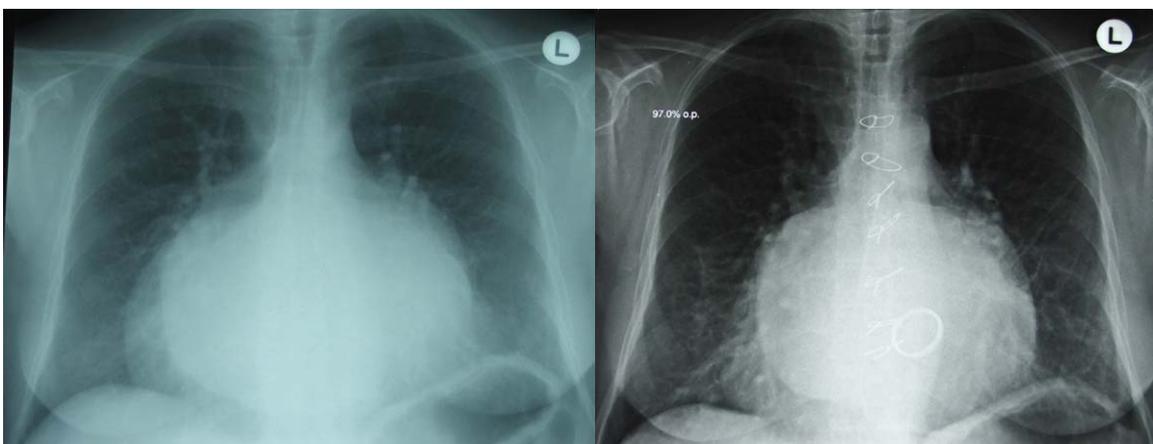


Abb. 46: Röntgen-Thorax: links – präoperativ (deutliches Double-density-Zeichen); rechts - postoperativ

Die Patientin wurde bei vermehrter Nachblutung rethorakotomiert, erholte sich aber schnell und konnte am 3. postoperativen Tag von der Beatmung genommen werden. Nach 3 Wochen erfolgte die Verlegung in die Anschlussheilbehandlung, und nach ca. 12 Monaten stellte sich die Patientin zur Kontrolluntersuchung vor. Die Leistungsfähigkeit hatte deutlich zugenommen. Eine Dyspnoe-Symptomatik bestand nur noch bei starker Belastung (NYHA I). Die Patientin ist wieder berufstätig. Die postoperative echokardiographische Untersuchung zeigte folgende Diameter: 69 x 78 x 80mm.

### 3. Patientin (weiblich, 56 Jahre)

Auch bei dieser Patientin lag ein Mitralklappenenvitium rheumatischer Genese vor. Dieser Mitralklappenfehler war der Patientin seit 37 Jahren bekannt und wurde im Rahmen einer offenen Mitralklappenkommissurotomie 1977 bereits behandelt. Nach anfänglicher Besserung traten nun erneut klinische Symptome auf. Im Vordergrund stand eine ausgeprägte Dyspnoe-Symptomatik, welche eine körperliche Belastung kaum noch zu ließ (NYHA III-IV) und zu einer kardialen Kachexie geführt hatte.

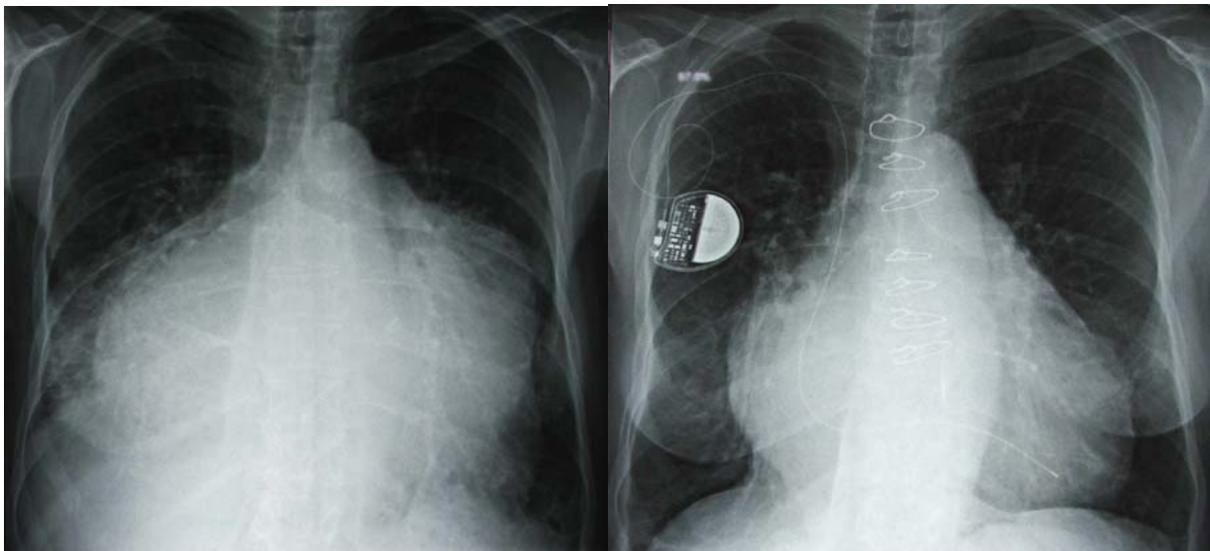


Abb. 47: Röntgen-Thorax: links – präoperativ mit randbildendem linken Vorhof und extremer Aufspreizung der Abgangswinkel beider Hauptbronchien; rechts – postoperativ, deutlich kleinere Herzbreite

Die echokardiographische Untersuchung zeigte eine führende Mitralklappenstenose mit einer Klappenöffnungsfläche von ca.  $0.5 \text{ cm}^2$ . Es lagen zudem eine Trikuspidalklappeninsuffizienz (Grad II-III) und ein mittelgradige Aortenklappenstenose (Druckgradient 55 mmHg) vor. Die Ausmessung des linken Vorhofs ergab eine Vergrößerung: 93 x 120 x 150 mm.

Die Patientin wurde operiert, und es erfolgte die Implantation von zwei mechanischen Klappenprothesen in Mitral- bzw. in Aortenklappenposition (Prothesen: SJM, Größen 31 mm bzw. 21 mm).

Aufgrund der deutlichen muskulären Schwäche, war die Entwöhnungsphase vom Respirator trotz guter Oxygenierung verzögert. Die Patientin entwickelte eine respiratorassoziierte Pneumonie. Nach 7 Tagen konnte die künstliche Beatmung schließlich beendet werden.

Nach Entlassung erfolgte eine Schrittmacherimplantation, wegen einer Bradyarrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern.

Bei der im Rahmen der Nachuntersuchung durchgeführten echokardiographischen Untersuchung konnten folgende linksatrialen Diameter bestimmt werden: 94 x 84 x 62mm.

Die Patientin gab eine deutliche Zunahme ihrer Belastbarkeit an. Es bestand ein NYHA-Stadium II.

## 5. Diskussion

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass mit der Methode der operativen Vorhofverkleinerung nach Hetzer, bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof nach Vorhofreduktion, eine signifikante Verbesserung der klinischen, echokardiographischen, radiologischen und respiratorischen Parameter erreicht wird.

Das Krankheitsbild des enorm dilatierten linken Vorhofes, welches überwiegend in Verbindung mit Mitralklappenvitien auftritt, besitzt bislang keine eindeutige Definition. Als Untersuchungsmethode der Wahl ist die echokardiographische Untersuchung weitgehend akzeptiert. Im Rahmen dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Bestimmung nur einer linksatrialen Dimension unzureichend ist. Es kann deshalb als Ergebnis dieser Studie die Empfehlung formuliert werden, dass 3 Dimensionen für eine exaktere Beschreibung des linken Vorhofes geeignet sind. Dies findet seine Begründung in der häufig asymmetrischen Vergrößerung des linken Vorhofes. Eine Volumenangabe, welche die genaueste Definition darstellen würde, trifft keine Aussage über die Ausbreitungsrichtung.

Aus dieser asymmetrischen Dilatation ergeben sich die mit dem Krankheitsbild verbundenen Symptome. So sind respiratorische und hämodynamische Dysfunktionen häufige Komplikationen. Das respiratorische Versagen aufgrund einer restriktiven Lungenfunktionsstörung ist durch das Vorliegen von Belüftungsstörungen, durch Kompression des linken Hauptbronchus und der rechten Mittel- und Unterlappen gekennzeichnet (33, 9, 39).

Als Begründung für das Vorkommen hämodynamischer Störungen, wurde zunächst ein myokardiales Versagen nach rheumatischer Myokarditis angenommen (60). Später identifizierte man eine Kompression der Hinterwand des linken Ventrikels, durch die Expansion des linken Vorhofes (13). Einhellige Meinung besteht über die Korrelation des Auftretens von Trikuspidalklappenvitien, bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof. Die enge Verbindung zwischen vergrößertem Vorhof und dem erhöhten Risiko des Auftretens thromboembolischer Ereignisse, ist ebenfalls gut dokumentiert.

Trotz dieser pathophysiologischen Erklärungen glaubten einige Autoren, dass eine Verkleinerung nicht gerechtfertigt sei, da die Todesursachen auf Rechtsherzversagen, Malnutrition und Schwäche der Atemmuskulatur zurückzuführen seien (9, 58, 10).

Abgelehnt wurden operative Methoden der linksatrialen Verkleinerung in der Vergangenheit, da man in ihnen einen Grund der Verlängerung der Operationszeiten sah (2, 60). Andere

vorgeschlagene Methoden der Verkleinerung, durch Raffung oder Resektion, fanden oftmals keine weite Akzeptanz (30, 39, 11, 40).

Die hier vorgestellte Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer besteht in einer Raffung fest definierter Abschnitte des linken Vorhofes. Notwendig ist die Erfahrung des Chirurgen, der die Beschaffenheit des linksatrialen Gewebes einschätzen muss. Chirurgische Maßnahmen an stark fibrosiertem oder zum Teil kalzifiziertem Gewebe können mit erheblichen intraoperativen Komplikationen verbunden sein.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden zwei Patientengruppen untersucht, welche in Verbindung mit einem Mitralklappenvitium einen enorm dilatierten linken Vorhof entwickelt hatten. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen besteht in der Anwendung der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer.

Diese Patienten wurden außerdem mit Patienten verglichen, die einer linksatrialen Maze-/Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur in Verbindung mit Mitralklappenoperation zugeführt wurden.

Die komplexen Eingriffe bei Patienten der Vorhofverkleinerungsgruppe mit Mitralklappenoperation, Vorhofverkleinerung und den signifikant häufigeren Trikuspidalklappenoperationen ( $p < 0.000$ ), führten in dieser Studie im Vergleich nicht zu bedeutsam vermehrten Nachblutungen ( $p = 0.63$ ). Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik wurden wegen Nachblutungen oder Perikardergussbildung mit Tamponadesymptomatik in 13,3 % der Fälle, Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik in 20,7% der Fälle und Patienten mit linksatrialer Maze-/Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur in 12,2% der Fälle rethorakotomiert. Pulmonalveneneinflussstauungen, die sich aus der Raffung der Hinterwand ergeben könnten, wurden nicht beobachtet. Ein Patient der Gruppe mit Vorhofverkleinerung musste wegen einer Prothesendysfunktion in der frühpostoperativen Phase reoperiert werden.

Die vorgeschlagene Operationsmethode ist schnell durchführbar, wenngleich die individuellen Aortenklammzeiten unter den Patienten stark variieren können ( $74 \pm 32$  Minuten, Spannweite: 38–206 Minuten) und in der Gruppe mit Vorhofreduktion signifikant ( $p = 0.037$ ) länger sind als in der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik ( $63 \pm 26$  Minuten). Die univariate Analyse zeigt aber, dass die Verlängerung der Aortenklammzeit im Vergleich zur Patientengruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik hauptsächlich durch die signifikant häufigere ( $p < 0.000$ ) operative Korrektur des Trikuspidalklappenvitiums bedingt war (53%

versus 14% der Fälle). Die univariate Analyse des Einflusses der Trikuspidalklappenoperation ergibt  $p = 0.039$ .

Trotz dieser Tatsache war die Verlängerung der Aortenklemmzeit aber mit keinem schlechteren postoperativen Verlauf der Patienten verbunden (hinsichtlich Beatmungsdauer, Low-cardiac-output-Syndroms, Häufigkeit von Pneumonie, Reintubation, Tracheotomie). Die Auswertung des postoperativen Verlaufs ergab im Gruppenvergleich keine bedeutsamen Unterschiede.

Zudem sinkt heute bei längerer Aortenklemmzeit, durch verbesserte Protektionsmöglichkeiten (z.B. neuere Kardioplegielösungen), der Einfluss auf die postoperative Komplikationsrate (1, 17, 70).

Auch die Mortalität in den ersten 30 Tagen postoperativ war nicht signifikant verschieden ( $p = 0.2$ ). In der Gruppe mit Vorhofverkleinerung verstarben 11%, in der Gruppe ohne Verkleinerung 7% und in der Maze-Gruppe 2% der Patienten in der frühpostoperativen Phase. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu einem von Piccoli untersuchten Patientenkollektiv mit enorm dilatiertem linken Vorhof, welches eine erhöhte Mortalität (20% der Patienten frühpostoperativ) aufwies (58).

Der Vergleich echokardiographischer Befunde bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof zeigt, dass in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik präoperativ deutlich größere LA1-Diameter gemessen werden konnten ( $p < 0.001$ ). Diese signifikanten Unterschiede sind postoperativ nicht mehr zu beobachten. In der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik konnte postoperativ zudem eine hoch signifikante Reduktion ( $p < 0.001$ ) des LA1-Diameters beobachtet werden. Bezogen auf den LA1-Index kommt es in dieser Gruppe zu einem Rückgang des Diameters um 38%, im Vergleich zu 7% in der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik.

Eine Verbesserung lässt sich ebenfalls bei der linksventrikulären Ejektionsfraktion feststellen. Die präoperative Pumpfunktion ist reduziert in der Gruppe, die einer Verkleinerungsplastik unterzogen wurde ( $p = 0.028$ ). Nach erfolgter Verkleinerung tritt eine Besserung der linksventrikulären Pumpfunktion ein. Als Begründung für diese Tatsache wird eine präoperativ bestehende Kompression der Hinterwand des linken Ventrikels, durch die Expansion des linken Vorhofes angesehen (31). Dieser Mechanismus fällt postoperativ weg. Für den postoperativen Verlauf besitzt dieser Unterschied keinen bedeutsamen Einfluss. Die Häufigkeit des Low-cardiac-output-Syndroms ist mit 5% in der Gruppe mit Vorhof-

verkleinerungsplastik deutlich geringer, als in der Gruppe ohne Verkleinerungsplastik (27%). Dieser Unterschied ist statistisch nicht relevant ( $p = 0.1$ ). In der Maze-Gruppe wird ein Low-cardiac-output-Syndroms in 8% der Fälle beobachtet.

Der Vergleich der linksatrialen Diameter in der Maze-Gruppe ergibt postoperativ eine signifikante Verbesserung des LA 1- und LA 3-Diameters ( $p = 0.04$  und  $p = 0.02$ ). Der Unterschied der LA 2-Werte ist statistisch nicht relevant ( $p = 0.08$ ). Eine Verkleinerung in dieser Gruppe, kann auf die Korrektur des Mitralklappenvitiums und die Wiederherstellung des Sinusrhythmus zurückgeführt werden.

Einige Patienten der Maze-Gruppe (43%) weisen echokardiographische Kriterien eines enorm dilatierten linken Vorhofes auf. In der Maze-Gruppe werden der LA 2-Diameter mit  $73 \pm 16\text{mm}$  und der LA 3-Diameter mit  $70 \pm 13\text{mm}$  bestimmt. In einer von Choo und Kollegen publizierten Studie wurden die Auswirkungen der Cox-Maze-Prozedur und einer modifizierten Technik, mit Anwendung der Kryoablation auf Patienten mit Vorhofflimmern, bei Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes in Verbindung mit einem Mitralklappenvitium, untersucht (4). Dabei konnte eine Konversionsrate in den Sinusrhythmus von 94,5% erreicht werden. Dies ist nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu Patienten ohne vergrößerten Vorhof (95,7% Konversionsrate). Parallel dazu normalisierten sich der linksatriale Diameter (präoperativ  $67,8 \pm 7,14\text{mm}$  zu postoperativ  $46,2 \pm 5,9\text{mm}$ ).

Im Deutschen Herzzentrum Berlin wird die Maze-Prozedur bei Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof nicht als kontraindiziert betrachtet. Auch hat die Dauer des Bestehens von Vorhofflimmern keinen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der Maze-Prozedur mittels Hochfrequenzstrom-Ablation (56). Aber es herrscht Einigkeit darüber, dass die strukturellen Veränderungen der Vorhofmuskulatur (Fibrose, Nekrose, Kalzifizierungen) die mechanische Funktion des Vorhofes deutlich verschlechtern. Zudem zeigte eine Studie von Isobe, dass ein Herz-Thorax-Verhältnis größer als 70% und ein linksatrialer Diameter größer 80 Millimeter, ein hohes Risiko für das Fortbestehen von Vorhofflimmern darstellen (28).

Nach der vorgeschlagenen Verkleinerungsplastik durch Hetzer kommt es zu einer Besserung der Lungenfunktionsparameter. Die inspiratorische Vitalkapazität ( $p = 0.045$ ) und die 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.028$ ) unterscheiden sich in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik signifikant von den präoperativ bestimmten Werten.

Diese Ergebnisse sind in der Gruppe ohne Verkleinerungsplastik nicht zu beobachten. Vergleicht man beide Patientengruppen, kann man eine signifikante Zunahme der inspiratorischen Vitalkapazität nach linksatrialer Verkleinerung feststellen ( $p = 0.031$ ). Zwar verbessern sich auch die postoperativ ermittelten Median-Werte der 1-Sekunden-Kapazität zugunsten der Gruppe mit Verkleinerungsplastik, aber signifikante Unterschiede zeigt die statistische Auswertung hier nicht ( $p = 0.2$ ).

Die Verkleinerung des linken Vorhofes wird auch bei der Sichtung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen offensichtlich.

Die Auswertung der präoperativ angefertigten Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen zeigt, dass das Herz-Thorax-Verhältnis ( $p = 0.022$ ) und der Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen ( $p = 0.016$ ) in der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik signifikant größer sind. Postoperativ zeigen sich diese Unterschiede nicht mehr. Dies liegt hauptsächlich an der deutlichen Reduktion der linksatrialen Größe in der Gruppe mit Vorhofverkleinerung.

Innerhalb der Gruppe mit Vorhofreduktion variiert das präoperativ gemessene Herz-Thorax-Verhältnis erheblich (0.52-0.93). Durch die Vorhofreduktionsplastik wird aber eine signifikante Verkleinerung dieses Verhältnisses erreicht ( $p = 0.001$ ). Dies entspricht einer Reduktion um 17 % in der Gruppe mit Vorhofreduktion. Im Gegensatz dazu, wird in der Gruppe ohne Verkleinerung eine Verringerung um 3 % erreicht. Diese Verkleinerung führt zu einer Entlastung der umgebenden Strukturen. Der Bifurkationswinkel verkleinert sich postoperativ signifikant ( $p = 0.002$ ). Es kommt zu einer Veränderung des Verhältnisses des linken Hauptbronchus zur Trachea, zugunsten des linken Hauptbronchus ( $p = 0.012$ ). Ein Indiz dafür, dass durch den enorm dilatierten Vorhof eine Kompression des linken Hauptbronchus vorlag.

Untersucht man die klinische Symptomatik und die Einteilung entsprechend der NYHA-Klassifikation der Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik, so zeigt sich postoperativ eine deutliche Besserung. Die statistische Auswertung ergibt einen hoch signifikanten Unterschied ( $p < 0.001$ ). Allerdings profitieren Patienten nach Vorhofreduktion und Entlastung der umgebenden Strukturen frühpostoperativ noch nicht von dieser Operationsmethode. Dafür muss man den präoperativen Zustand der Patienten, der in beiden Gruppen vergleichbar ist, näher betrachten. Die Dilatation des linken Vorhofes stellt einen Adaptationsmechanismus bei bestehenden Mitralklappenvitien dar und entwickelt sich allmählich. Krankheitsverläufe von mehr als 15 Jahren sind keine Seltenheit. So präsentieren sich die Patienten oftmals in einem

stark reduzierten Allgemeinzustand. Es liegen eine kardiale Kachexie und eine muskuläre Schwäche vor. Sie sind Gründe für eine verlängerte intensivmedizinische Betreuung. So kann sich trotz normalisierter Beatmungsparameter und Blutgasanalysen eine Entwöhnung vom Respirator als äußerst schwierig und langwierig gestalten.

In allen zu diesem Thema veröffentlichten Untersuchungen lag das Durchschnittsalter unter dem, welches in der vorliegenden Studie bei den Patientengruppen dokumentiert wurde (Patienten mit Verkleinerungsplastik:  $63 \pm 12$  Jahre/ Patienten ohne Verkleinerungsplastik:  $66 \pm 12,3$  Jahre/ Patienten mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur:  $65 \pm 12$  Jahre; dagegen: Kawazoe: 47,3 (29-65) Jahre/ Shigenobu: 50,5 (40-62) Jahre/ Choo:  $45,7 \pm 13$  Jahre/ Piccoli:  $44 \pm 10$  Jahre/ Di Eusanio:  $53 \pm 8$  Jahre/ Hagihara:  $52,5 \pm 10,7$  Jahre/ Isomura: 52,8 (33-70) Jahre/ Plaschkes: 30 (6-62) Jahre).

Im Langzeitverlauf zeigen beide Patientengruppen eine Besserung der klinischen Situation, mit Zunahme der Belastbarkeit und Abnahme der Luftnot-Symptomatik. Die Besserung ist in der Gruppe mit Vorhofreduktion deutlicher ausgeprägt, signifikante Unterschiede zwischen den Patientengruppen lassen sich nicht feststellen (präoperativ  $p = 0.7$  / postoperativ  $p = 0.07$ ).

Auch die Dyspnoe-Symptomatik und die körperliche Belastbarkeit der Patienten mit linksatrialer Maze-/Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur besserte sich postoperativ signifikant ( $p = 0.001$ ). In dieser Studie konnte keine bedeutsame Reduktion an Komplikationen im frühpostoperativen Verlauf im Vergleich zu den Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof gezeigt werden (Extubation:  $p = 0.09$ , Reintubation:  $p = 0.6$ , Tracheotomie:  $p = 0.8$ , Notwendigkeit der NO-Insufflation:  $p = 0.053$ , Low-cardiac-output-Syndrom:  $p = 0.21$ , Auftreten einer Pneumonie:  $p = 0.27$ ).

Die Verweildauer der Patienten der Maze-Gruppe auf der Intensivstation ist signifikant kürzer, ( $p = 0.018$ ) als die Verweildauer der Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof.

In der Arbeit konnte gezeigt werden, dass die Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer folgende Ziele erfüllt bzw. Fragen beantwortet:

- Die Durchführung der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer ist bei Patienten mit einem geeigneten linksatrialen Gewebe einfach durchführbar.

- Diese Operationsmethode an sich führt nicht zu einer bedeutsamen Verlängerung der Aortenklemmzeiten (univariate Analyse  $p = 0.622$ ).
- In der Gruppe mit Vorhofverkleinerungsplastik kommt es im Vergleich zur Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik nicht zu einer vermehrten Nachblutung oder der Notwendigkeit einer Rethorakotomie.
- Durch die Vorhofverkleinerung kommt es postoperativ zu einer höchst signifikanten Reduktion des LA1-Diameters ( $p < 0.0001$ ).
- Es wird eine Steigerung der inspiratorischen Vitalkapazität ( $p = 0.045$ ) und 1-Sekunden-Kapazität ( $p = 0.028$ ), durch die Dekompression pulmonaler Strukturen erreicht.
- Deutlich verbesserte Ergebnisse lassen sich bei der Auswertung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen (Herz-Thorax-Verhältnis  $p = 0.001$ , Bifurkationswinkel  $p = 0.002$ , Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea  $p = 0.012$  und Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen  $p = 0.002$ ) beobachten.
- Die Patienten zeigen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ( $608 \pm 418$  Tage) eine signifikante Besserung ihrer Klinik, mit Rückgang der Luftnot-Symptomatik und Zunahme der körperlichen Belastbarkeit (entsprechend der NYHA-Klassifikation,  $p < 0.0001$ ).

Damit kann die Empfehlung ausgesprochen werden, dass bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof diese Operationsmethode als Standardverfahren in das Operationsprogramm aufgenommen wird.

Die Untersuchungsergebnisse dieser Arbeit zeigen aber auch, dass die Patienten im frühpostoperativem Verlauf noch nicht von der Dekompression der umliegenden Strukturen profitieren. Die Beatmungszeit, die Häufigkeit einer Pneumonie oder eines Low-cardiac-output-Syndrom und die Notwendigkeit von Reintubation und Tracheotomie sind nicht signifikant verschieden. Dazu ist der Krankheitsverlauf der Patienten zu ausgeprägt und der präoperative Allgemein-zustand der Patienten oftmals zu schlecht. Die kardiale Kachexie und rasche muskuläre Erschöpfung führen in einigen Fällen zu einer prolongierten Beatmung einerseits und machen andererseits eine sehr aufwändige und intensive atemtherapeutische Unterstützung notwendig.

Als weitere Empfehlung kann die Angabe von 3 linksatrialen Dimensionen bei Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof ausgesprochen werden.

## 6. Schlussfolgerungen

Die Untersuchung von Patienten mit enorm dilatiertem linkem Vorhof, die einer nach Hetzer vorgeschlagenen operativen Vorhofverkleinerungsplastik zugeführt werden, lässt folgende Schlussfolgerungen zu:

1. Die Durchführung der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer ist bei allen Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof und bei Eignung des linksatrialen Gewebes zu empfehlen.
2. Die Operationsmethode ist einfach durchzuführen und führt nicht zu einer bedeutsamen Verlängerung der Operationszeit.
3. Es kommt durch die Anwendung der Vorhofverkleinerungsplastik zu einer signifikanten Verbesserung:
  - der linksatrialen Diameter
  - der inspiratorischen Vitalkapazität und 1-Sekunden-Kapazität
  - der radiologischen Parameter (Herz-Thorax-Verhältnis, Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea, Bifurkationswinkel, Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen und Double-density-Zeichen) und
  - der körperlichen Belastbarkeit, mit Abnahme der Luftnot-Symptomatik.

Eine Erholung der umliegenden Strukturen mit Verbesserungen der respiratorischen, radiologischen und klinischen Parameter ist dabei erst im Langzeitverlauf zu beobachten.

4. Die echokardiographische Diagnostik sollte die Angabe von 3 linksatrialen Diametern beinhalten. Daher sollte der Abstand zwischen den rechts- und linksseitigen Pulmonalvenenmündungen, die maximale Ausdehnung zwischen dem Mitralklappenannulus und dem Dach des linken Atriums und die Höhe des linken Atriums bestimmt werden.
5. Als enorm dilatiert betrachten wir den linken Vorhof, wenn die gemessenen Diameter größer als 65 mm sind oder das linksatriale Volumen mehr als 250 ml beträgt.
6. Zusätzlich kann bei sehr wenigen und ausgewählten Patienten (siehe Kasuistiken: 1. Patient, Seite 91) die Vorhofverkleinerungsplastik als eine Alternative zu einer Herztransplantation gelten, wenn:
  - durch den linken Vorhof eine ausgeprägte restriktive Lungenfunktionsstörung vorliegt, die zur ausgeprägten Dyspnoe-Symptomatik führt und
  - keine weiteren kardialen oder pulmonalen Ursachen für die Dyspnoe-Symptomatik verantwortlich gemacht werden können.

## 7. Zusammenfassung

Die Inzidenz eines enorm dilatierten linken Vorhofes bei Vorliegen eines operationswürdigen Mitralklappenitiums wird in der Literatur unterschiedlich mit 1 bis 18,5% angegeben.

Die im Zusammenhang mit einer enormen Dilatation des linken Vorhofes bei Mitralklappenitien beobachteten respiratorischen und hämodynamischen Veränderungen, sollten durch eine kombinierte operative Korrektur des Mitralklappenitiums und Verkleinerung des linken Vorhofes beseitigt werden. Dazu wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedene Vorhofverkleinerungsverfahren entwickelt.

In dieser Arbeit wird die Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer vorgestellt. Die Maßnahmen der linksatrialen Vorhofverkleinerung umfassen dabei folgende Punkte:

1. Raffung der freien Hinterwand des linken Vorhofes zwischen den Mündungsstellen der linken und rechten Pulmonalvenen von kranial nach kaudal
2. Okklusion des linken Herzohres und
3. Raffung des Vorhofseptums im Bereich der Septuminzision bzw. im Bereich der Vorhofinzision.

In einer retrospektiv durchgeführten Studie wurden alle Patienten untersucht, die im Zeitraum von Oktober 1995 bis Juli 2003 einer Vorhofverkleinerungsplastik unterzogen wurden.

Verglichen wurden diese Ergebnisse mit den Ergebnissen von Patienten, bei denen trotz Vorliegen eines enorm dilatierten linken Vorhofes keine Vorhofverkleinerungsplastik durchgeführt wurde. Patienten mit Maze-Prozedur bildeten eine zweite Vergleichsgruppe.

Ausgewertet wurden die klinischen Symptome, die echokardiographischen, radiologischen und spirometrischen Befunde, die Operationszeiten und Ereignisse des postoperativen Verlaufs.

Da bislang keine einheitlichen Kriterien zur Definition eines enorm dilatierten linken Vorhofes existierten, wurde durch diese Arbeit auch ein Vorschlag für die Definition deutlich vergrößerter linker Vorhöfe gegeben. Bislang in der Literatur nicht beschrieben, werden 3 linksatriale Diameter für die echokardiographische Befundung vorgeschlagen:

1. der Abstand zwischen den rechts- und linksseitigen Pulmonalvenenmündungen,
2. maximale Ausdehnung zwischen dem Mitralklappenannulus und dem Dach des linken Atriums und
3. die Höhe des linken Atriums.

Die Auswertung der prä- und postoperativen Untersuchungsbefunde bei Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik zeigt folgende Ergebnisse:

Durch die Vorhofverkleinerung kommt es postoperativ zu einer höchst signifikanten Reduktion des LA1-Diameters (**p<0.0001**).

Es wird eine Steigerung der inspiratorischen Vitalkapazität (**p = 0.045**) und 1-Sekunden-Kapazität (**p = 0.028**) durch die Dekompression umliegender Strukturen erreicht.

Die Auswertung der Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen lassen postoperativ signifikant bessere Ergebnisse bei dem Herz-Thorax-Verhältnis (**p = 0.001**), dem Bifurkationswinkel (**p = 0.002**), dem Verhältnis des linken Hauptbronchus zur Trachea (**p = 0.012**) und dem Winkel des linken Hauptbronchus zur Horizontalen (**p = 0.002**) beobachten.

Die Patienten zeigen zum Zeitpunkt ihrer Nachuntersuchung einen hoch signifikanten Rückgang (**p<0.0001**) der Luftnot-Symptomatik und Besserung der körperlichen Belastbarkeit (entsprechend der NYHA-Klassifikation).

Die Operationsmethode führt nicht zu einer bedeutsamen Verlängerung der Aortenklammzeiten. Eine univariate Analyse verschiedener Einflussgrößen ergibt für die Vorhofverkleinerungsplastik  $p=0.622$ .

In der Gruppe ohne Vorhofverkleinerungsplastik zeigt sich nach erfolgter Mitralkappenoperation:

- Es wird keine statistisch bedeutsame Reduktion der linksatrialen Diameter erreicht.
- Es kommt nicht zu einer Verbesserung der Lungenfunktionsparameter (inspiratorische Vitalkapazität, funktionelle Vitalkapazität, 1-Sekunden-Kapazität).
- Die Auswertung ergibt signifikante Verbesserungen des Verhältnisses zwischen Herz und Thorax, des Bifurkationswinkels und des Double-density-Zeichens.

Ausgehend von den ermittelten Ergebnissen ist die Durchführung der Vorhofverkleinerungsplastik nach Hetzer, bei Patienten mit einem enorm dilatierten linken Vorhof, bei Eignung des linksatrialen Gewebes zu empfehlen.

## Literaturverzeichnis

1. Appelbaum A., Kouchoukos N.T., Blackstone E.H., Kirklin J.W. Early Risks of Open Heart Surgery for Mitral Valve Disease. *The American Journal of Cardiology* 1976; 37: 201-5
2. Armstrong R.G., Lt Col, Cline R.E., Maj, Stanford W., Col, all MC. Giant left atrium. *The Annals of Thoracic Surgery* 1972; 14: 443-4
3. Beppu S., Kawazoe K., Nimura Y., et al. Echocardiographic study of abnormal position and motion of the posterobasal wall of the left ventricle in cases of giant left atrium. *The American Journal of Cardiology* 1982; 49: 467-72
4. Choo SK, Park NH, Lee SK, et al. Excellent results for atrial fibrillation surgery in the presence of giant left atrium and mitral valve disease. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 2004; 26: 336-341
5. Cox JL, Schuessler RB, D'Agostino HJ Jr, et al. The surgical treatment of atrial fibrillation. III. Development of a definitive surgical procedure. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1991; 101: 569-83
6. Cox JL, Boineau JP, Schuessler RB, Jaquiss RDB, Lappas DG. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. I. Rationale and surgical results. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1995; 110: 473-84
7. Cox JL. The surgical treatment of atrial fibrillation. IV. Surgical technique. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1991 ; 101 : 584-92
8. Cox JL, Jaquiss RDB, Schuessler RB, Boineau JP. Modification of the maze procedure for atrial flutter and atrial fibrillation. II. Surgical technique of the maze III procedure. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1995; 110: 485-95

9. DeSanctis R.W., Dean D. C., Bland E.F. Extreme left atrial enlargement– some characteristic features. *Circulation* 1964; 29: 14-23
10. Di Eusanio G., Gregorini R., Mazzola A., et al. Giant left atrium and mitral valve replacement: risk factor analysis. *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 1988; 2: 151-9
11. Dzemeshevich S., Korolev S., Frolova J., Skridlevskaya E., Margolina A., Podlesskich Y., Isolated replacement of the mitral leaflets and “Mercedes”-plastics of the giant left atrium: Surgery for patients with left ventricle dysfunction and left atrium enlargement. *The Journal of Cardiovascular Surgery* 2001; 42: 505-8
12. Fasseas P., Lee-Dorn R., Sokil A.B., VanDecker W. Giant Left Atrium. *The Texas Heart Institute Journal* 2001; 28(2): 158-9
13. Fujita T, Kawazoe K, Beppu S, Manabe H. Surgical treatment on mitral valvular disease with giant left atrium – the effect of para-annular plication on the left atrium. *Japanese Circulation Journal* 1982; 46(4): 420-6
14. Gabriele O.F., Hood W.P. Aneurysm of Left Atrium. *Radiology* 1970; 97: 397-98
15. Gams E, Schad H, Heimisch W, Hagl S, Mendler N, Sebening F. Preservation versus severance of the subvalvular apparatus in mitral valve replacement: an experimental study. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 1990;4(5):250-5
16. Gosselink AT, Crijns HJ, Hamer HF, Hillege H, Lie KI. Changes in left and right atrial size after cardioversion of atrial fibrillation: role of mitral valve disease. *The Journal of American College of Cardiology* 1993; 22(6): 1666-72
17. Hagihara H., Kitamura S., Kawachi K., et al. Left Atrial Plication Combined with Mitral Valve Surgery in Patients with a Giant Left Atrium. *Surgery Today* 1995; 25: 338-42

18. Hammoudeh A.J., Lefran J., Millman A. A Rare Case of Giant Left Atrium. *American Journal of Geriatric Cardiology* 1996; 5(3); 38-9
19. Harmjanz D., Kochsiek K., Heimburg P., Emmrich J. Die Mitrlainsuffizienz mit normaler Druckhöhe und normalem Druckablauf im linken Vorhof bei großem Regurgitationsvolumen. *Zeitschrift für Kreislaufforschung* 1966; 55(3): 217-28
20. Hartiala J.J., Mostbeck G.H., Foster E. et al. Velocity-encoded cine MRI in the evaluation of left ventricular diastolic function: Measurment of mitral valve and pulmonary vein flow velocities and flow volume across the mitral valve. *American Heart Journal* 1993; 4: 1054-66
21. Henry W.L., Morganroth J., Pearlman A.S. et al. Relation between Echocardiographically Determined Left Atrial Size an Atrial Fibrillation. *Circulation* 1976; 53(2): 273-79
22. Herbert W.M., Arismendi L., Ruhstaller F.D., Petersen H.C. Aneurysm of the left atrium associated with syncope and cyanosis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1965; 49: 535-9
23. 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. *Journal Heart Valve Disease*. 1995;4 Suppl 2:S115-23
24. Hetzer R., Hill J.D., Kerth W.J. et al. Thromboembolic complications after mitral valve replacement with Hancock xenograft. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1978; 75: 651-8
25. Hochrein M. Untersuchungen am venösen Teil des Kreislaufes. *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie*. 1927; 124: 343
26. Hougen T.J., Mulder D.G., Gyepes M.T., Moss A.J. Aneurysm of the Left Atrium. *The American Journal of Cardiology* 1974; 33: 557-61

27. Hurst JW. Memories of patients with a giant left atrium. *Circulation* 2001; 104(22): 2630-1
28. Isobe F, Kawashima Y. The outcome and indications of the Cox maze III procedure for chronic atrial fibrillation with mitral valve disease. *Journal Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1998; 116: 220-7
29. Isomura T., Hisatomi K., Hirano A., Maruyama H., Kosuga K., Ohishi K. Left Atrial Plication an Mitral Valve Replacement for Giant Left Atrium Accompanying Mitral Lesion. *Journal of Cardiac Surgery* 1993; 8: 365-370
30. Johnson J., Danielson G.K., MacVaugh III H., Joyner C.R. Plication of the giant left atrium at operation for severe mitral regurgitation. *Surgery* 1967; 61: 118-21
31. Kaminaga T., Naito H., Takamiya M. and Nishimura T. Quantitative Evaluation of Mitral Regurgitation with Ultrafast CT. *Journal of Computer Assisted Tomography* 1994; 18(2): 239-42
32. Kawaguchi AT, Kosokai Y, Isobe F, et al. Risk and benefit of combined Maze procedure for atrial fibrillation associated with valvular heart diseases. *The Journal of American College of Cardiology* 1994; 23: 459A. Abstract.
33. Kawazoe K., Beppu S., Takahara Y. et al. Surgical treatment of giant left atrium combined with mitral valvular disease. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1983; 85: 885-92
34. Kent E.M., Fisher D.L., Ford W.B., Neville j. J.F. Mitral valve surgery and left heart catheterization in giant left atrium. *Archives of surgery* 1956; 73: 503-7
35. Keren G., Etzion T., Sherez J. et al. Atrial fibrillation and atrial enlargement in patients with mitral stenosis. *American Heart Journal* 1987; 114(5): 1146-55

36. Knudsen D.F., Daily P.O., Stinson E.B., Shumway N.E. Surgical treatment of gigantic left atrium. *Surgery, Gynecology & Obstetrics* 1969; 128: 565-7
37. Kronzon I., Mehta S.S. Giant left atrium. *Chest* 1974; 65: 677-9
38. Lemire F., Tajik A., Hagler D. Asymmetric Left Atrial Enlargement. *Chest* 1976; 69: 779-81
39. Le Roux B.T., Gotsman M.S.. Giant left atrium. *Thorax* 1970; 25: 190-8
40. Lessana A., Scorsin M., Scheuble C., Raffoul R., Rescigno G. Effective reduction of a giant left atrium by partial autotransplantation. *The Annals of Thoracic Surgery* 1999; 67: 1164-5
41. Macleod C.A., Ankeney J.L., Perrin E.V., Nickel S.S., Liebman J., MD. Left atrial aneurysm. *American Heart Journal* 1970; 70: 683-8
42. Maeda K., Yamashita Ch., Shida T., Okada M., Nakamura K. Successful surgical treatment of dissecting left atrial aneurysm after mitral valve replacement. *The Annals of Thoracic Surgery* 1985; 39: 382-4
43. Manning W.J., Leeman D.E., Gotch P.J., Come P.C. Pulsed Doppler Evaluation of Atrial Mechanical Function After Electrical Cardioversion of Atrial Fibrillation. *The Journal of American College of Cardiology* 1989; 13: 617-23
44. McCarthy PM, Castle LW, Maloney JD, et al. Initial experience with the maze procedure for atrial fibrillation. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1993; 105: 1077-87
45. Melo J, Adragao PR, Neves J, et al. Electrosurgical treatment of atrial fibrillation with a new intraoperative radiofrequency ablation catheter. *Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1999; 47(Supplement): 370-2

46. Melo J, Adragao PR, Neves J, et al. Surgery of atrial fibrillation using radiofrequency catheter ablation : assessment of results at one year. *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 1999; 15: 851-4
47. Minagoe S., Yoshikawa J., Yoshida K. et al. Obstruction of inferior vena caval orifice by giant left atrium in patients with mitral stenosis. *Circulation* 1992; 86: 214-25
48. Minkowski O. Demonstration eines Herzens mit ungewöhnlich starker Dilatation der Vorhöfe. *Münchener Medizinische Wochenschrift* 1904; 51: 182
49. Miyatake K., Izumi S., Okamoto M. et al. Semiquantitative grading of severity of mitral regurgitation by real-time two-dimensional doppler flow imaging technique. *Journal of American College of Cardiology* 1986; 7: 82-8
50. Mohiaddin R.H., Amanuma M., Kilner Ph.J., Pennell D.J., Manzara C., Longmore D.B. MR Phase-shift velocity mapping of mitral and pulmonary venous flow. *Journal of Computed Assisted Tomography* 1991; 15(2): 237-43
51. Oh J.K. Echocardiographic evaluation of morphological and hemodynamic significance of giant left atrium. *Circulation* 1992; 86: 328-30
52. Owen I.O., Fenton W.J., A case of extreme dilatation of the left auricle of the heart. *Trans Clinical Society London* 1901; 34: 183-91
53. Parker J.O., Connell W.F., Lynn R.B. Left atrial aneurysm. *The American Journal of Cardiology* 1967; 20: 579-82
54. Pasic M., Musci M., Siniawski H., Edelmann B., Tedoriya T., Hetzer R. Transient sinus node Dysfunction after Cox-Maze III Procedure in patients with organic heart disease and chronic fixed atrial fibrillation. *The Journal of American College of Cardiology* 1998; 32: 1040-7

55. Pasic M., Musci M., Siniawski H. et al. The Cox Maze III Procedure: parallel normalization of sinus node dysfunction, improvement of the atrial function, and recovery of the cardiac autonomic nervous system. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 1999; 118: 287-96
56. Pasic M., Bergs P., Müller P., Hofmann M., Grauhan O., Kuppe H. and Hetzer R. Intraoperative Radiofrequency Maze Ablation for Atrial Fibrillation: The Berlin Modification. *The Annals of Thoracic Surgery* 2001; 72: 1484-91
57. Patton R., Dragatakis L., Marpole D., Sniderman A. The Posterior Left Atrial Echocardiogram of Mitral Regurgitation. *Circulation* 1978; 57(6): 1134-39
58. Piccoli G.P., Massini C., Di Eusanio G. et al. Giant left atrium and mitralvalve disease : Early and late results of surgical treatment in 40 cases. *Journal of Cardiovascular Surgery* 1984; 25: 328-36
59. Pizzarello R.A., Turnier J., Padmanabhan V.T., Goldman M.A., Tortolani A.J. Left atrial size, pressure and V wave height in patients with isolated, severe, pure mitral regurgitation. *Cath Cardiovascular Diagnostic* 1984; 10: 543-53
60. Plaschkes J., Borman J.B., Merin G., Milwidsky H. Giant left atrium in rheumatic heart disease: a report of 18 cases treated by mitral valve replacement. *Annals of Surgery* 1971; 174: 194-201
61. Probst P., Goldschlager N., Selzer A. Left atrial size and atrial fibrillation in mitral stenosis – factors influencing their relationship. *Circulation* 1973; 48: 1282-7
62. Reed D., Abbott R.D., Smucker M.L., Kaul S. Prediction of Outcome After Mitral Valve Replacement in Patients With Symptomatic Chronic Mitral Regurgitation. *Circulation* 1991; 84(1): 23-34
63. Rieker G.; Lüderitz B. et al, *Chronische Herzinsuffizienz*. Springer-Verlag / Berlin-Heidelberg 1982; 557-624

64. Rogers W.R., Wittels B. Extreme bilateral atriomegaly – Review of literatur and report of a case. *Circulation* 1957; 15: 434-41
65. Rumberger J.A., Weiss R.M., Feiring A.J. et al. Patterns of regional diastolic function in the normal human left ventricle: an ultrafast computed tomographic study. *Journal of American College of Cardiology* 1989; 14(1): 119-26
66. Salomon N.W., Stinson E.B., Griep R.B., Shumway N.E. Patient-Related Risk Factors as Predictors of Results Following Isolated Mitral Valve Replacement. *The Annals of Thoracic Surgery* 1977; 24(6): 519-30
67. Sanfilippo A.J., Abascal V.M., Sheehan M., RN, et al. Atrial Enlargement as a Consequence of Atrial Fibrillation. *Circulation* 1990; 82(3): 792-97
68. Schvartzman P.R., White R. Giant Left Atrium. *Circulation* 2001; 104: e28-e29
69. Serra A.J.S., McNicholas K.W., Lemole G.M. Giant left atrium as a cause of left pulmonary artery obstruction. *The Annals of Thoracic Surgery* 1987; 43: 329-31
70. Shigenobu M., Takagaki M., Kohmoto T, et al. Effect of left atrial plication for the giant left atrium on left ventricular function . *Acta Medica Okayama* 1992; 46: 189-93
71. Sinitra R., Pulitani I., Antonazzo A., Melina G. A novel technique for giant left atrium reduction. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 2001; 20: 412-14
72. Tamai J., Kosakai Y., Yoshioka T. et al. Delayed improvement in exercise capacity with restoration of sinoatrial node response in patients after combined treatment with surgical repair for organic heart disease and the maze procedure for atrial fibrillation. *Circulation* 1995; 91: 2392-99
73. Wang T., Anagnostopoulos C.E., Resnekov L. Aneurysm of the body of the left atrium presenting with chest pain. *Chest* 1975; 67: 226-8

74. Yuda S., Naktani S., Isobe F., Kosakai Y., Miyatake K. Comparative efficacy of the Maze procedure of atrial fibrillation in patients with and without Giant Left Atrium associated with mitral valve disease. *Journal of American College of Cardiology* 1998; 31: 1097-102

## 8. Anlagen

### Anlage 1

Übersicht über die präoperativen Daten der Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik, ohne Vorhofverkleinerungsplastik und mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
Anzahl	45	29	49			
Alter (Jahre)	32 - 80	21 - 87	21 - 78			
Median	63	66	65	0.2	0.95	0.16
Standardabweichung	11,9	12,3	11,8			
Frauen : Männer	31(69%) : 14 (31%)	22 (76%) : 7 (24%)	36 (73%) : 13 (27%)	0.52	0.62	0.82
Größe (cm)	148 - 186	154 - 189	140 - 188			
Median	168	164	167	<b>0.036</b>	0.29	0.27
Standardabweichung	7,9	7,4	8,6			
Gewicht (kg)	43 - 95	46 - 108	46 - 100			
Median	63	62	69	0.74	0.2	0.23
Standardabweichung	11,2	13,9	14,0			
Körperoberfläche (m <sup>2</sup> )	1,4 - 2,1	1,4 - 2,4	1,4 - 2,2			
Median	1,72	1,7	1,76	0.36	0.49	0.2
Standardabweichung	0,16	0,19	0,19			
Body-mass-Index (kg/m <sup>2</sup> )	16,5 - 33,5	18,4 - 31,5	18,4 - 37,6			
Median	22,6	23,4	24,9	0.36	<b>0.029</b>	0.35
Standardabweichung	3,7	4,3	4,4			

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Diagnosen:</b>						
Enorm dilatierter Vorhof	45	29		-	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern (in Jahren <5/ >5/ >10)	45 (100%) 1 (2%) / 8 (18%) / 24 (53%)	27 (93%) 2 (7%) / 11(38%) / 13 (45%)	49 (100%) 11 (22%) / 20 (41%)/ 14 (29%)	0.07 0.19	- <b>0.001</b>	0.06 0.13
pulmonale Hypertonie	35 (78%)	21 (73%)	28 (57%)	0.52	<b>0.02</b>	0.18
Mitralklappenvitium	45	29	49	-	-	-
Insuffizienz : Stenose	42 (93%) : 29 (64%)	24 (83%) : 17 (59%)	46 (94%) : 23 (47%)	0.15 : 0.61	0.91 : 0.09	0.12 : 0.32
Z.n. Mitralklappenoperation	16 (36%)	4 (14%)	9 (18%)	<b>0.04</b>	0.06	0.6
Trikuspidalklappenvitium	42 (93%)	22 (76%)	28 (57%)	<b>0.03</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.1
Insuffizienz : Stenose	42 (93%) : 0	22 (76%) : 0	28 : 0	<b>0.032 : -</b>	<b>&lt;0.0001 : -</b>	0.1 : -
Z.n. Trikuspidalklappenoperation	3 (7%)	-	-	0.16	0.07	-
Aortenklappenvitium	21 (47%)	13 (45%)	15 (31%)	0.88	0.11	0.21
Insuffizienz : Stenose	19 (42%) : 5 (11%)	13 (45%) : 3 (10%)	15 (31%) : 2 (4%)	0.83 : 0.92	0.24 : 0.2	0.21 : 0.28
Koronare Herzerkrankung/ Z.n. Myokardinfarkt	3 (7%) / 1 (2%)	5 (17%) / -	5 / 1 (2%)	0.15 / 0.75	0.54 / 0.95	0.37 / 0.7
Z.n. Myokardrevaskularisation	-	1 (3%)	1 (2%)	0.21	0.33	0.72
Persistierendes Foramen ovale	3 (7%)	4 (14%)	4 (8%)	0.31	0.78	0.43
Z.n. Thrombembolie o. linksatrialer Thrombus	12 (27%)	9 (31%)	13 (27%)	0.68	0.96	0.71
Z.n. Schrittmacher-Implantation	4 (9%)	2 (7%)	2 (4%)	0.76	0.34	0.59
<b>Klinik</b>						
präoperativ NYHA I/ II/ III/ IV	0 / 1 (2%) / 26 (58%) / 17 (38%)	0 / 2 (7%) / 20 (69%) / 7 (24%)	0 / 7 (14%) / 34 (70%) / 8 (16%)	0.32	<b>0.01</b>	0.49
Lungenödem ja	22 (49%)	8 (27%)	6 (12%)	0.12	<b>&lt;0.0001</b>	0.1
periphere Ödeme ja	24 (53%)	13 (45%)	11 (22%)	0.5	<b>0.003</b>	<b>0.045</b>
Angina-pectoris-Symptomatik ja	11 (24%)	5 (17%)	12 (25%)	0.48	0.9	0.41
Schwindel ja	19 (42%)	13 (45%)	16 (33%)	0.85	0.36	0.32
Synkope ja	4 (9%)	3 (10%)	4 (8%)	0.85	0.92	0.77

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
LA 1 (mm)	59 - 230	42 - 100	30 - 98			
Median	83	60	51	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.006</b>
Standardabweichung	28,9	14,2	13,3			
LA 2 (mm)	50 - 130	54 - 110	54 - 100			
Median	71	77	73	<b>0.039</b>	0.49	0.24
Standardabweichung	18,5	15,1	15,7			
LA 3 (mm)	44 - 230	50 - 110	50 - 86			
Median	70	70	70	0.56	0.89	0.51
Standardabweichung	20,1	16,9	12,9			
LVEF (%)	28 - 70	20 - 73	25 - 80			
LVEF Median	50	60	60	<b>0.028</b>	<b>0.003</b>	0.9
LVEF Standardabweichung	10,1	14,6	11,3			
LVEDD (mm)	35 - 83	38 - 86	43 - 86			
LVEDD Median	56	56	55	0.58	0.24	0.57
LVEDD Standardabweichung	11,2	11	8,1			
RVEF (%)	30 - 60	30 - 70	30 - 65			
RVEF Median	50	50	60	0.6	<b>0.02</b>	0.2
RVEF Standardabweichung	8	10	7,7			
RVEDD (mm)	15 - 45	22 - 42	20 - 35			
RVEDD Median	31	30	30	0.23	<b>0.037</b>	0.67
RVEDD Standardabweichung	6,4	4,4	3,4			
LA-Index (LA1/KÖF)	30,1 - 142,3	21,5 - 60	19,3 - 60			
LA-Index Median	48,4	36,4	28,9	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.001</b>
LA-Index Standardabweichung	18,5	8,1	8,4			

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Ist-Werte präoperativ</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,02 - 4,32	1,26 - 3,79	1,03 - 5,94			
Median	2,07	1,89	2,3	0.95	0.091	0.07
Standardabweichung	0,8	0,68	0,94			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	0,9 - 4,29	1,22 - 3,88	1,24 - 5,76			
Median	1,89	1,96	2,24	0.53	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>
Standardabweichung	0,81	0,63	0,91			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	0,69 - 3,6	0,86 - 3,14	1,0 - 4,8			
Median	1,52	1,54	1,81	0.53	<b>0.009</b>	<b>0.046</b>
Standardabweichung	0,62	0,55	0,73			
FEV1 % VC IN (%)	56,2 - 98,3	61,4 - 96,8	59,7 - 112,0			
Median	71,8	74,77	78,6	0.18	<b>0.006</b>	0.3
Standardabweichung	9,91	8,9	10,7			
<b>Ist/ Soll%-Werte präoperativ</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)	35 - 101,1	43,1 - 113,6	41,2 - 113,6			
Median	68,6	74,2	80	0.1	<b>0.003</b>	0.45
Standardabweichung	17,9	17,6	18,6			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)	32 - 96,8	41,5 - 116,3	40 - 116,3			
Median	66	73,9	82,4	<b>0.009</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.52
Standardabweichung	17,9	17,4	17,4			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)	29 - 100	35,1 - 108	37,9 - 108,9			
Median	62,6	71,8	74,6	<b>0.007</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.45
Standardabweichung	17,6	18,6	18,5			
FEV1 % VC IN (%)	68 - 129	80,8 - 125	78,8 - 150			
Median	93,8	99,4	100,8	<b>0.028</b>	<b>0.001</b>	0.47
Standardabweichung	14,09	11,1	13,8			

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,52 - 0,93	0,48 - 0,77	0,38 - 0,79			
Median	0,66	0,6	0,58	<b>0.022</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.029</b>
Standardabweichung	0,11	0,07	0,08			
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,26 - 0,67	0,4 - 0,78	0,4 - 0,76			
Median	0,5	0,56	0,56	<b>0.041</b>	<b>0.05</b>	0.68
Standardabweichung	0,09	0,09	0,08			
* Bifurkationswinkel	70 - 140	75 - 135	75 - 135			
Median	105	100	95	0.2	<b>0.008</b>	0.23
Standardabweichung	16,4	15	12,9			
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen	0 - 60	15 - 60	15 - 45			
Median	30	32,5	35	<b>0.016</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.21
Standardabweichung	11	9,5	5,5			
* Double-density-Zeichen	7 - 18	6 - 12	6 - 14,5			
Median	10,5	9,5	8	<b>0.016</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.001</b>
Standardabweichung	2,6	1,4	1,7			
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung				0.2	<b>0.001</b>	0.15
Deutlich	36	19	22			
Mässig	4	6	20			
Keine	2	3	4			
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus				0.13	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.03</b>
Deutlich	26	15	13			
Mässig	5	4	15			
Keine	2	6	18			
* retrokardialer Raum				0.12	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.03</b>
Deutlich	27	15	13			
Mässig	5	4	16			
Keine	2	6	17			

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Operationsdaten</b>						
* Vorhofverkleinerung links	45	-	2 (4%)	-	<b>&lt;0.0001</b>	0.27
* Vorhofverkleinerung rechts	7	1	-	0.1	<b>0.004</b>	0.19
* Re-Operation	16 (36%)	6 (21%)	8 (16%)	0.17	<b>0.03</b>	0.63
* Trikuspidalklappenoperation	24 (53 %)	4 (14 %)	4 (8%)	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.43
* Aortenklemmzeit (min)	38 - 206	29 - 131	37 - 131			
Median	74	63	64	<b>0.037</b>	<b>0.003</b>	0.79
Standardabweichung	31,8	25,7	21,7			
* Perfusionszeit (min)	66 - 365	62 - 224	63 - 233			
Median	131	116	99	<b>0.046</b>	<b>0.001</b>	0.52
Standardabweichung	66	47,0	43,8			
* Reperfusionzeit (min)	18 - 159	17 - 108	19 - 122			
Median	48	36,5	29,5	0.69	<b>0.002</b>	0.43
Standardabweichung	34	23,3	24,5			
* Rethorakotomie	7 (16 %)	6 (21%)	6 (12%)			
Nachblutung oder Tamponade	6 (13%)	6 (21%)	6 (12%)	0.4	-	0.43
Prothesendysfunktion	1 (2%)	-	-	0.42	-	-

## Fortsetzung Anlage 1

	Patienten mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	Patienten ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	Patienten mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>postoperativer Verlauf</b>						
* Erreichen von CPAP 30% (Stunden)	2 -120	2 - 84	1 - 216			
Median	9	12	8	0.99	0.99	0.99
Standardabweichung	24,2	19,1	35,1			
* Extubation (Stunden)	3 -160	5,5 - 157	2 - 160			
Median	15,8	18,5	10	0.82	<b>0.049</b>	0.095
Standardabweichung	34,9	37,8	36,3			
* NO-Batmung	6 (13%)	1 (3%)	1 (2%)	0.13	0.03	0.73
* Reintubation	4 (9%)	2 (7%)	2 (4%)	0.7	0.31	0.6
* Tracheotomie	4 (9%)	3 (10%)	3 (6%)	0.63	0.87	0.52
* Pneumonie	17 (38%)	10 (35%)	11 (22%)	0.77	0.12	0.27
* Low cardiac output	9 (20%)	5 (17%)	4 (8 %)	0.71	0.08	0.22
* Verweildauer auf IPS postoperativ (Tage)	1 - 32	0 - 20	1 - 25			
Median	3,5	2	2	0.27	<b>0.007</b>	0.092
Standardabweichung	8,3	4,4	4,4			
verstorbene Pat.	9 (20%)	4 (14%)	4 (8 %)			
frühpostoperativ (< 30 Tage postoperativ)	5 (11%)	2 (7%)	1	0.55	0.074	0.28
* Ursachen für frühpostoperativen Tod						
septisches Multiorganversagen	2 (4%)	2 (7%)				
Herz- & Kreislaufversagen	3 (7%)	-				

## Anlage 2

Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Anzahl</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	
<b>NYHA-Klassifikation</b>			
NYHA I/ II/ III/ IV	<b>0 / 1 / 13 / 5</b>	<b>7 / 11 / 1 / 0</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Echokardiographie</b>			
LA 1 (mm)	60 - 230	41 - 94	
Median	<b>82,5</b>	<b>59</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Standardabweichung	38,7	12,9	
LA 2 (mm)	50 - 130	59 - 95	
Median	62	72,5	0.36
Standardabweichung	20,5	10,1	
LA 3 (mm)	44 - 130	52 - 94	
Median	64	63,5	0.21
Standardabweichung	22,4	14,5	
LVEF (%)	30 - 70	30 - 70	
LVEF Median	50	56,5	0.23
LVEF Standardabweichung	11	11,4	
LVEDD (mm)	42 - 69	42 - 68	
LVEDD Median	56	54	0.39
LVEDD Standardabweichung	7,2	7,3	
RVEF (%)	30 - 60	40 - 60	
RVEF Median	50	50	0.75
RVEF Standardabweichung	8,5	6	
RVEDD (mm)	19 - 45	18 - 40	
RVEDD Median	30	30	0.53
RVEDD Standardabweichung	7,1	4,5	
LA-Index (LA1/ KÖF)	30,1 - 142,3	21,9 - 55,7	
LA-Index Median	<b>50,4</b>	<b>32,7</b>	<b>&lt;0.0001</b>
LA-Index Standardabweichung	24,9	7,8	

## Fortsetzung Anlage 2

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Lungenfunktion</b>			
<b>Ist-Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,02 - 4,32	1,15 - 4,26	
Median	<b>2,38</b>	<b>2,43</b>	<b>0.045</b>
Standardabweichung	0,91	0,94	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	0,9 - 4,29	1,04 - 4,13	
Median	2,09	2,23	0.071
Standardabweichung	0,93	0,96	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	0,69 - 3,6	0,75 - 3,45	
Median	<b>1,56</b>	<b>1,62</b>	<b>0.03</b>
Standardabweichung	0,74	0,8	
FEV1 % VC IN (%)	56,7 - 83,3	60 - 81,5	
Median	71,5	73,7	0.29
Standardabweichung	7,07	7,13	
<b>Ist/ Soll % - Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)	35 - 101,1	42,2 - 98,4	
Median	<b>73</b>	<b>75,26</b>	<b>0.039</b>
Standardabweichung	18,77	16,79	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)	32 - 96,8	40,1 - 95,7	
Median	72	73,2	0.055
Standardabweichung	18,71	17,15	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)	29 - 100	34,4 - 96,6	
Median	<b>66,1</b>	<b>70,3</b>	<b>0.035</b>
Standardabweichung	18,98	19,5	
FEV1 % VC IN (%)	68 - 106	79,7 - 105,9	
Median	91,2	93,9	0.058
Standardabweichung	11,12	8,9	

## Fortsetzung Anlage 2

Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Röntgen</b>			
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,52 - 0,93	0,47 - 0,74	
Median	<b>0,66</b>	<b>0,55</b>	<b>0.001</b>
Standardabweichung	0,09	0,09	
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,29 - 0,65	0,4 - 0,7	
Median	<b>0,53</b>	<b>0,59</b>	<b>0.012</b>
Standardabweichung	0,09	0,07	
* Bifurkationswinkel	80 - 130	70 - 110	
Median	<b>105</b>	<b>90</b>	<b>0.002</b>
Standardabweichung	14,3	11,6	
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen	15 - 42,5	15 - 50	
Median	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>0.002</b>
Standardabweichung	7,4	9,3	
* Double-density-Zeichen	7 - 17	6,5 - 12,5	
Median	<b>10,5</b>	<b>10</b>	<b>0.001</b>
Standardabweichung	2,5	1,9	
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung deutlich	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>0.001</b>
mäßig	<b>4</b>	<b>4</b>	
Keine	<b>1</b>	<b>10</b>	
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus deutlich	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>0.002</b>
mäßig	<b>5</b>	<b>6</b>	
keine	<b>1</b>	<b>8</b>	
* retrokardialer Raum deutlich	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>0.002</b>
mäßig	<b>4</b>	<b>3</b>	
keine	<b>2</b>	<b>12</b>	
<b>Pulmonalisdrukke</b>			
PA mittel (mmHg)	17 - 51	14 - 36	
Median	30,5	29	0.52
Standardabweichung	10,3	6,8	
<b>Herzrhythmus</b>			
Sinusrhythmus/ Vorhofflimmern/ SM-Rhythmus	3 / 14 / 2	0 / 17 / 2	0.19

### Anlage 3

Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik

Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Anzahl</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	
<b>NYHA-Klassifikation</b>			
NYHA I/ II/ III/ IV	<b>0 / 0 / 8 / 3</b>	<b>1 / 10 / 0 / 0</b>	<b>&lt;0.0001</b>
<b>Echokardiographie</b>			
LA 1 (mm)	42 - 75	43 - 93	
Median	59	55	0.54
Standardabweichung	10,8	18,3	
LA 2 (mm)	54 - 100	43 - 88	
Median	73	70	0.07
Standardabweichung	14,9	15,6	
LA 3 (mm)	50 - 98	42 - 75	
Median	72	68	0.14
Standardabweichung	15,4	13,5	
LVEF (%)	20 - 73	20 - 75	
LVEF Median	60	55	0.48
LVEF Standardabweichung	15,5	16,2	
LVEDD (mm)	38 - 70	42 - 61	
LVEDD Median	55	52	0.68
LVEDD Standardabweichung	10	6,3	
RVEF (%)	30 - 70	30 - 60	
RVEF Median	60	60	0.1
RVEF Standardabweichung	11,5	11,4	
RVEDD (mm)	25 - 42	22 - 35	
RVEDD Median	30	30	0.33
RVEDD Standardabweichung	5,6	3,7	
LA-Index (LA1/ KÖF)	25,9 - 49,3	25,7 - 56,9	
LA-Index Median	37,1	34,8	0.54
LA-Index Standardabweichung	7,5	11,3	

### Fortsetzung Anlage 3

Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Lungenfunktion</b>			
<b>Ist-Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,26 - 2,81	1,2 - 2,73	
Median	1,69	1,72	0.42
Standardabweichung	0,51	0,56	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	1,22 - 2,64	1,1 - 2,57	
Median	1,87	1,72	0.1
Standardabweichung	0,43	0,49	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	0,86 - 2,21	0,71 - 2,14	
Median	1,51	1,48	0.17
Standardabweichung	0,41	0,45	
FEV1 % VC IN (%)	68,2 - 91,9	59,5 - 95,2	
Median	78,8	74,7	0.93
Standardabweichung	6,9	10	
<b>Ist/ Soll % - Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)	52,5 - 99,8	55,9 - 101	
Median	67,2	67,8	0.79
Standardabweichung	14,3	16,7	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)	56,1 - 98,5	56,5 - 99,2	
Median	70	72,9	0.31
Standardabweichung	13,4	15,6	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)	49,5 - 99,9	47,2 - 93,4	
Median	72,8	74,1	0.37
Standardabweichung	16	18,2	
FEV1 % VC IN (%)	92 - 120	80,3 - 129	
Median	103	97,5	0.65
Standardabweichung	9,1	13,9	

### Fortsetzung Anlage 3

Patienten ohne Vorhofverkleinerungsplastik	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Röntgen</b>			
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,53 - 0,77	0,47 - 0,63	
Median	<b>0,62</b>	<b>0,6</b>	<b>0.004</b>
Standardabweichung	0,07	0,05	
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,41 - 0,63	0,37 - 0,76	
Median	0,53	0,5	0.48
Standardabweichung	0,07	0,11	
* Bifurkationswinkel	75 - 120	65 - 120	
Median	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>0.005</b>
Standardabweichung	13,8	15,7	
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen	20 - 60	20 - 60	
Median	30	40	0.06
Standardabweichung	11	10,8	
* Double-density-Zeichen	8,5 - 12	7 - 10	
Median	<b>9,5</b>	<b>8,5</b>	<b>0.003</b>
Standardabweichung	1,3	1,0	
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung			<b>0.005</b>
deutlich	<b>9</b>	<b>2</b>	
mäßig	<b>2</b>	<b>0</b>	
Keine	<b>0</b>	<b>9</b>	
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus			<b>0.014</b>
deutlich	<b>8</b>	<b>3</b>	
mäßig	<b>1</b>	<b>1</b>	
keine	<b>1</b>	<b>7</b>	
* retrokardialer Raum			<b>0.02</b>
deutlich	<b>7</b>	<b>2</b>	
mäßig	<b>1</b>	<b>0</b>	
keine	<b>2</b>	<b>9</b>	
<b>Pulmonalisdricke</b>			
PA mittel (mmHg)	17 - 70	18 - 38	
Median	31	29	0.34
Standardabweichung	15,6	6,1	
<b>Herzrhythmus</b>			
Sinusrhythmus/ Vorhofflimmern/ SM-Rhythmus	2 / 9 / 0	4 / 7 / 0	0.32

## Anlage 4

Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der Patienten mit Maze-Prozedur

Patienten mit Maze-Prozedur	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Anzahl</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	
<b>NYHA-Klassifikation</b>	<b>0 / 2 (13%) / 12 (75%) /</b>	<b>3 (19%) / 13 (81%) / 0</b>	<b>&lt;0.000</b>
NYHA I / II / III / IV	<b>2 (13%)</b>	<b>/ 0</b>	
<b>Echokardiographie</b>			
LA 1 (mm)	37 - 98	38 - 94	
Median	51,5	47	<b>0.04</b>
Standardabweichung	17,7	13,9	
LA 2 (mm)	54 - 95	45 - 84	
Median	69	52	0.08
Standardabweichung	18,8	14,1	
LA 3 (mm)	55 - 74	42 - 62	
Median	63	52	<b>0.02</b>
Standardabweichung	9,7	7	
LVEF (%)	35 - 73	30 - 70	
LVEF Median	57,5	55	0.44
LVEF Standardabweichung	10,7	11,5	
LVEDD (mm)	46 - 70	42 - 68	
LVEDD Median	56,5	50,5	<b>0.009</b>
LVEDD Standardabweichung	5,2	7,2	
RVEF (%)	50 - 60	40 - 60	
RVEF Median	60	60	0.18
RVEF Standardabweichung	3,8	6,7	
RVEDD (mm)	20 - 32	25 - 35	
RVEDD Median	30	30	0.34
RVEDD Standardabweichung	3,4	2,6	
LA-Index (LA1/ KÖF)	20,9 - 60	22,3- 54,8	
LA-Index Median	26,8	25,1	0.11
LA-Index Standardabweichung	11,4	8,5	

## Fortsetzung Anlage 4

Patienten mit Maze-Prozedur	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Lungenfunktion</b>			
<b>Ist-Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,03 - 3,32	1,44 - 3,44	
Median	2,16	2,4	0.6
Standardabweichung	0,64	0,72	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	1,24 - 3,06	1,57 - 3,12	
Median	2,17	2,26	0.5
Standardabweichung	0,54	0,63	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	1 - 2,72	1,25 - 2,5	
Median	1,77	1,76	0.5
Standardabweichung	0,48	0,43	
FEV1 % VC IN (%)	71,5 - 112	60,4 - 101	
Median	81,8	78,4	0.92
Standardabweichung	12,1	11,9	
<b>Ist/ Soll % - Werte</b>			
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)	41,2 - 99,8	60,9 - 101	
Median	65,8	69,7	0.35
Standardabweichung	20,5	16,4	
Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)	40 - 98,5	58,5 - 99,2	
Median	68,45	72,9	0.25
Standardabweichung	17,6	14,2	
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)	37,9 - 98,6	58,3 - 93,4	
Median	70	73,3	0.46
Standardabweichung	19,1	13,1	
FEV1 % VC IN (%)	91,2 - 150	79,7 - 114	
Median	107,5	100	0.89
Standardabweichung	16,3	11,6	

## Fortsetzung Anlage 4

Patienten mit Maze-Prozedur	präoperativ	postoperativ	p-Wert
<b>Röntgen</b>			
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,51 - 0,79	0,41 - 0,72	<b>0.003</b>
Median	0,57	0,54	
Standardabweichung	0,07	0,06	
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,42 - 0,71	0,44 - 0,76	<b>0.05</b>
Median	0,51	0,59	
Standardabweichung	0,08	0,08	
* Bifurkationswinkel	75 - 120	70 - 110	<b>0.001</b>
Median	100	90	
Standardabweichung	13,2	8,3	
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontalen	25 - 40	25 - 60	<b>0.008</b>
Median	30	40	
Standardabweichung	4,8	6,5	
* Double-density-Zeichen	7 - 14,5	6 - 12	<b>0.004</b>
Median	8,5	7,5	
Standardabweichung	1,9	1,2	
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung			<b>0.001</b>
deutlich	11	5	
mäßig	4	12	
Keine	1	26	
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus			<b>0.007</b>
deutlich	7	1	
mäßig	5	7	
keine	4	28	
* retrokardialer Raum			<b>&lt;0.000</b>
deutlich	6	1	
mäßig	7	4	
keine	3	31	
<b>Pulmonalisdricke</b>			
PA mittel (mmHg)	12 - 70	17 - 38	0.13
Median	24	24	
Standardabweichung	15,4	7,2	
<b>Herzrhythmus</b>			
Sinusrhythmus/ Vorhofflimmern/ SM-Rhythmus	<b>16 / - / -</b>	<b>12 (75%) / 3 (19%) / -</b>	<b>0.001</b>

## Anlage 5

Übersicht über die prä- und postoperativen Daten der nachuntersuchten Patienten mit Vorhofverkleinerungsplastik, ohne Vorhofverkleinerungsplastik und mit linksatrialer Maze-/ Hochfrequenzstrom-Ablation-Prozedur

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung = Gruppe 1	ohne Vorhofverkleinerung = Gruppe 2	mit Maze-Prozedur = Gruppe 3	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
Anzahl der nachuntersuchten Patienten	19	11	16			
Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Tage postOP)	238 - 1644	128 - 1541	88 - 1541			
Median	608	405	379			
Alter (Jahre)	45 - 79	55 - 82	54 - 78			
Median	65	66	65	0.38	0.9	0.23
Standardabweichung	10,4	7,9	6,1			
Frauen : Männer	12 (63%) : 7 (37%)	11 : 0	13 (81%) : 3 (19%)	<b>0.021</b>	0.24	<b>0.13</b>
Größe (cm)	148 - 185	154 - 170	154 - 183			
Median	167	163	167	<b>0.049</b>	0.64	0.12
Standardabweichung	8,7	4,6	6,6			
Gewicht (kg)	50 - 95	52 - 82	52 - 97			
Median	64	57	65,5	0.11	0.93	0.15
Standardabweichung	12,6	10,6	13,9			
Körperoberfläche (m <sup>2</sup> )	1,5 - 2,1	1,5 - 1,9	1,58 - 2,2			
Median	1,72	1,62	1,73	0.55	0.87	<b>0.045</b>
Standardabweichung	0,18	0,12	0,17			
Body-mass-Index (kg/m <sup>2</sup> )	18,4 - 33,5	18,4 - 31,3	18,4 - 34,2			
Median	23,1	23,22	24,2	0.51	0.77	0.42
Standardabweichung	4	4,3	5			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Diagnosen:</b>						
Enorm dilatiertes Vorhof	19	11	6	-	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.001</b>
Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern (in Jahren <5/ >5/ >10) **	19 1 (5%) / 2 (11%) / 13 (68%)	10 (91%) 1 (9%) / 2 (18%) / 7 (64%)	16 5 (31%) / 6 (38%) / 5 (31%)	0.054 0.8	- 0.006	0.08 0.07
pulmonale Hypertonie	15 (79%)	9 (81%)	10 (63%)	0.85	0.15	0.17
Mitralklappenvitium	19	11	16	-	-	-
Insuffizienz : Stenose	17 (90%) : 13 (68%)	8 (72%) : 8 (72%)	14 (88%) 9 (18%)	0.24 : 0.8	0.86 : 0.27	0.33 : 0.23
Z.n. Mitralklappenoperation	9 (47%)	-	3 (19%)	<b>0.006</b>	<b>0.027</b>	0.22
Trikuspidalklappenvitium	18 (95%)	9 (81%)	10 (63%)	0.26	<b>0.02</b>	0.28
Insuffizienz : Stenose	18 (95%) : 0	9 (81%) : 0	10 : 0	0.26 : -	<b>0.02 : -</b>	0.28 : -
Z.n. Trikuspidalklappenoperation	2 (11%)	-	-	0.27	0.18	-
Aortenklappenvitium	10 (53%)	4 (36%)	7 (44%)	0.39	0.37	0.95
Insuffizienz : Stenose	10 (53%) : 2 (11%)	4 (36%) : 1 (9%)	7 (44%) : 2 (13%)	0.39 : 0.9	0.37 : 0.65	0.95 : 0.78
Koronare Herzerkrankung/ Z.n. Myokardinfarkt	2 (11%) / 0	3 (27%) / -	2 (13%) / -	0.24 / -	0.86 / -	0.33 / -
Z.n. Myokardrevaskularisation	-	-	-	-	-	-
Persistierendes Foramen ovale	3 (16%)	2 (18%)	3 (19%)	0.87	0.82	0.97
Z.n. Thromboembolie o. linksatrialer Thrombus	6 (32%)	3 (27%)	4 (25%)	0.8	0.39	0.6
Z.n. Schrittmacher-Implantation	2 (11%)	-	1 (6%)	0.27	0.65	0.4
<b>Klinik</b>						
präOP NYHA I/ II/ III/ IV	0 / 1 / 13 / 5	0 / 0 / 8 / 3	0 / 2 / 12 / 2	0.71	0.09	0.47
postOP NYHA I/ II/ III/ IV	7 / 11 / 1 / 0	1 / 10 / 0 / 0	3 / 13 / 0 / 0	0.066	0.41	0.47
Lungenödem ja	5 (26%)	3 (27%)	3 (19%)	0.95	0.67	0.66
periphere Ödeme ja	10 (53%)	6 (55%)	6 (38%)	0.92	0.46	0.46
Angina-pectoris-Symptomatik ja	5 (26%)	3 (27%)	4 (25%)	0.95	0.98	0.97
Schwindel ja	8 (42%)	5 (45%)	5 (31%)	0.86	0.9	0.78
Synkope ja	3 (16%)	1 (9%)	2 (13%)	0.6	0.84	0.74

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Echo präoperativ</b>						
LA 1 (mm)	60 - 230	42 - 75	37 - 98			
Median	82,5	59	51,5	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.07
Standardabweichung	38,7	10,8	17,7			
LA 2 (mm)	50 - 130	54 - 100	54 - 95			
Median	62	73	69	0.23	0.73	0.5
Standardabweichung	20,5	14,9	18,8			
LA 3 (mm)	44 - 130	50 - 98	55 - 74			
Median	64	72	63	0.23	0.73	0.5
Sabw	22,4	15,4	9,7			
LVEF (%)	30 - 70	20 - 73	35 - 73			
LVEF Median	50	60	57,5	0.1	<b>0.03</b>	0.92
LVEF Standardabweichung	11	15,5	10,7			
LVEDD (mm)	42 - 69	38 - 70	46 - 70			
LVEDD Median	56	55	56,5	0.4	0.68	0.44
LVEDD Standardabweichung	7,2	10	5,2			
RVEF (%)	30 - 60	30 - 70	50 - 60			
RVEF Median	50	60	60	<b>0.026</b>	<b>0.002</b>	0.61
RVEF Standardabweichung	8,5	11,5	3,8			
RVEDD (mm)	19 - 45	25 - 42	20 - 32			
RVEDD Median	30	30	30	0.43	0.11	0.71
RVEDD Standardabweichung	7,1	5,6	3,4			
LA-Index (LA1/ KÖF)	30,1 - 142,3	25,9 - 49,3	20,9 - 60			
LA-Index Median	50,4	37,1	26,8	<b>0.007</b>	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.04</b>
LA-Index Standardabweichung	24,9	7,5	11,4			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Echo postoperativ</b>						
LA 1 (mm)	41 - 94	43 - 93	38 - 94			
Median	59	55	47	0.95	<b>&lt;0.0001</b>	<b>0.001</b>
Standardabweichung	12,9	18,3	13,9			
LA 2 (mm)	59 - 95	43 - 88	45 - 84			
Median	72,5	70	52	0.37	<b>0.003</b>	0.47
Standardabweichung	10,1	15,6	14,1			
LA 3 (mm)	52 - 94	42 - 75	42 - 62			
Median	63,5	68	52	0.37	<b>0.002</b>	0.1
Sabw	14,5	13,5	7			
LVEF (%)	30 - 70	20 - 75	30 - 70			
LVEF Median	56,5	55	55	0.84	0.65	0.83
LVEF Standardabweichung	11,4	16,2	11,5			
LVEDD (mm)	42 - 68	42 - 61	42 - 68			
LVEDD Median	54	52	50,5	0.39	<b>0.039</b>	0.36
LVEDD Standardabweichung	7,3	6,3	7,2			
RVEF (%)	40 - 60	30 - 60	40 - 60			
RVEF Median	50	60	60	0.42	0.06	0.6
RVEF Standardabweichung	6	11,4	6,7			
RVEDD (mm)	18 - 40	22 - 35	25 - 35			
RVEDD Median	30	30	30	0.16	0.69	0.07
RVEDD Standardabweichung	4,5	3,7	2,6			
LA-Index (LA1/ KÖF)	21,9 - 55,7	25,7 - 56,9	22,3 - 54,8			
LA-Index Median	32,7	34,8	25,1	0.68	<b>0.001</b>	<b>&lt;0.0001</b>
LA-Index Standardabweichung	7,8	11,3	8,5			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Lungenfunktion präoperativ</b>						
<b>Ist-Werte</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,02 - 4,32	1,26 - 2,81	1,03 - 3,32			
Median	2,38	1,69	2,16	0.41	0.99	0.17
Standardabweichung	0,91	0,51	0,64			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	0,9 - 4,29	1,22 - 2,64	1,24 - 3,06			
Median	2,09	1,87	2,17	0.84	0.49	0.08
Standardabweichung	0,93	0,43	0,54			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	0,69 - 3,6	0,86 - 2,21	1 - 2,72			
Median	1,56	1,51	1,77	0.89	0.19	0.11
Standardabweichung	0,74	0,41	0,48			
FEV1 % VC IN (%)	56,7 - 83,3	68,2 - 91,9	71,5 - 112			
Median	71,5	78,8	81,8	<b>0.04</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.27
Standardabweichung	7,07	6,9	12,1			
<b>Ist/ Soll % -Werte präoperativ</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (%)	35 - 101,1	52,5 - 99,8	41,2 - 99,8			
Median	73	67,2	65,8	0.45	0.28	0.47
Standardabweichung	18,77	14,3	20,5			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (%)	32 - 96,8	56,1 - 98,5	40 - 98,5			
Median	72	70	68,45	0.15	0.1	0.71
Standardabweichung	18,71	13,4	17,6			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (%)	29 - 100	49,5 - 99,9	37,9 - 98,6			
Median	66,1	72,8	70	0.08	<b>0.02</b>	0.32
Standardabweichung	18,98	16	19,1			
FEV1 % VC IN (%)	68 - 106	92 - 120	91,2 - 150			
Median	91,2	103	107,5	<b>0.006</b>	<b>&lt;0.0001</b>	0.37
Standardabweichung	11,12	9,1	16,3			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Lungenfunktion postoperativ</b>						
<b>Ist-Werte</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	1,15 - 4,26	1,2 - 2,73	1,44 - 3,44	<b>0.033</b>	0.64	0.19
Median	2,43	1,72	2,4			
Standardabweichung	0,94	0,56	0,72			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	1,04 - 4,13	1,1 - 2,57	1,57 - 3,12	0.11	0.82	0.17
Median	2,23	1,72	2,26			
Standardabweichung	0,96	0,49	0,63			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	0,75 - 3,45	0,71 - 2,14	1,25 - 2,5	0.24	0.89	0.23
Median	1,62	1,48	1,76			
Standardabweichung	0,8	0,45	0,43			
FEV1 % VC IN (%)	60 - 81,5	59,5 - 95,2	60,4 - 101	0.065	0.32	0.73
Median	73,7	74,7	78,4			
Standardabweichung	7,13	10	11,9			
<b>Ist/ Soll % -Werte postoperativ</b>						
Inspiratorische Vitalkapazität VC IN (l)	42,2 - 98,4	55,9 - 101	60,9 - 101	0.27	0.5	0.11
Median	75,26	67,8	69,7			
Standardabweichung	16,79	16,7	16,4			
Funktionelle Vitalkapazität FVC (l)	40,1 - 95,7	56,5 - 99,2	58,5 - 99,2	0.82	0.42	0.25
Median	73,2	72,9	72,9			
Standardabweichung	17,15	15,6	14,2			
1-Sekunden-Kapazität FEV1 (l)	34,4 - 96,6	47,2 - 93,4	58,3 - 93,4	0.87	0.48	0.32
Median	70,3	74,1	73,3			
Standardabweichung	19,5	18,2	13,1			
FEV1 % VC IN (%)	79,7 - 105,9	80,3 - 129	79,7 - 114	0.076	0.39	0.69
Median	93,9	97,5	100			
Standardabweichung	8,9	13,9	11,6			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Röntgen präoperativ</b>						
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,52 - 0,93	0,53 - 0,77	0,51 - 0,79			
Median	0,66	0,62	0,57	0.95	<b>0.001</b>	<b>0.005</b>
Standardabweichung	0,09	0,07	0,07			
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,29 - 0,65	0,41 - 0,63	0,42 - 0,71			
Median	0,53	0,53	0,51	0.68	0.92	0.55
Standardabweichung	0,09	0,07	0,08			
* Bifurkationswinkel	80 - 130	75 - 120	75 - 120			
Median	105	100	100	0.42	0.07	0.35
Standardabweichung	14,3	13,8	13,2			
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontale	15 - 42,5	20 - 60	25 - 40			
Median	30	30	30	0.85	0.09	0.17
Standardabweichung	7,4	11	4,8			
* Double-density-Zeichen	7 - 17	8,5 - 12	7 - 14,5			
Median	10,5	9,5	8,5	0.19	<b>0.002</b>	<b>0.007</b>
Standardabweichung	2,5	1,3	1,9			
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung				0.72	0.77	0.48
deutlich	14	9	11			
mäßig	4	2	4			
Keine	1	0	1			
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus				0.53	0.1	0.11
deutlich	12	8	7			
mäßig	5	1	5			
keine	1	1	4			
* retrokardialer Raum				0.64	0.1	0.06
deutlich	12	7	6			
mäßig	4	1	7			
keine	2	2	3			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Röntgen postoperativ</b>						
* Herz/ Thorax-Verhältnis	0,47 - 0,74	0,47 - 0,63	0,41 - 0,72			
Median	0,55	0,6	0,54	0.78	0.06	<b>0.03</b>
Standardabweichung	0,09	0,05	0,06			
* Linker Hauptbronchus/ Trachea-Verhältnis	0,4 - 0,7	0,37 - 0,76	0,44 - 0,76			
Median	0,59	0,5	0,59	0.32	0.79	0.62
Standardabweichung	0,07	0,11	0,08			
* Bifurkationswinkel	70 - 110	65 - 120	70 - 110			
Median	90	85	90	0.35	0.13	0.98
Standardabweichung	11,6	15,7	8,3			
* Winkel linker Hauptbronchus zur Horizontale	15 - 50	20 - 60	25 - 60			
Median	35	40	40	0.71	0.37	0.73
Standardabweichung	9,3	10,8	6,5			
* Double-density-Zeichen	6,5 - 12,5	7 - 10	6 - 12			
Median	10	8,5	7,5	0.1	<b>0.004</b>	0.09
Standardabweichung	1,9	1,0	1,2			
* linksatriale Herzohr-Vergrößerung				0.18	0.28	0.1
deutlich	5	2	5			
mäßig	4	0	12			
Keine	10	9	26			
* Trachea-Oberlappen-Hauptbronchus				0.22	0.12	0.08
deutlich	2	3	1			
mäßig	6	1	7			
keine	8	7	28			
* retrokardialer Raum				0.23	0.31	0.16
deutlich	1	2	1			
mäßig	3	0	4			
keine	12	9	31			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Operationsdaten</b>						
* Vorhofverkleinerung links	19	0	-	<b>&lt;0.0001</b>	<b>&lt;0.0001</b>	-
* Vorhofverkleinerung rechts	4	1	-	0.4	0.05	0.22
* Re-Operation	9	0	3 (19%)	<b>0.006</b>	<b>0.03</b>	0.22
* Trikuspidalklappenoperation	10 (53 %)	4 (36 %)	3 (19%)	0.39	<b>0.013</b>	0.14
* Aortenklemmzeit (min)	38 - 142	55 - 123	37 - 142			
Median	72,5	79,5	67	0.89	0.4	0.41
Standardabweichung	29,5	23,7	28			
* Perfusionszeit (min)	66 - 275	87 - 224	83 - 275			
Median	133	134	113	0.89	0.39	0.41
Standardabweichung	63	49,4	59,3			
* Reperfusionszeit (min)	22 - 105	26 - 108	21 - 108			
Median	50	43,5	35	0.71	0.08	0.26
Standardabweichung	25,8	29,9	28,8			
* Rethorakotomie	3	1	1 (6%)	0.6	0.41	0.82
Nachblutung/ Tamponade	3	1	1	0.6	0.41	0.82

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>postoperativer Verlauf</b>						
* Erreichen von CPAP 30% (Stunden)	3 - 17,5	3 - 84	1 - 84			
Median	7	11,8	6	0.27	0.51	0.54
Standardabweichung	4,2	24	20,2			
* Extubation (Stunden)	5 - 160	6,5 - 70	6,5 - 160			
Median	14	18,5	13	0.58	0.49	0.32
Standardabweichung	36,9	20,7	40,2			
* NO-Beatmung	1 (5%)	1 (9%)	1 (6%)	0.72	0.93	0.78
* Reintubation	0	1 (9%)	1 (6%)	0.18	0.27	0.78
* Tracheotomie	0	2 (18%)	1 (6%)	0.054	0.27	0.33
* Pneumonie	5 (26%)	3 (27%)	6 (38%)	0.95	0.93	0.9
* Low cardiac output	1 (5%)	3 (27%)	-	0.1	0.34	<b>0.03</b>
* Verweildauer auf IPS postoperativ (Tage)	1 - 12	1 - 20	1 - 13			
Median	3	3	2	0.86	0.21	0.19
Standardabweichung	3,5	6,3	3,6			

## Fortsetzung Anlage 5

Nachuntersuchung bei Patienten	mit Vorhofverkleinerung	ohne Vorhofverkleinerung	mit Maze-Prozedur	p-Wert Gruppe 1 + 2	p-Wert Gruppe 1 + 3	p-Wert Gruppe 2 + 3
<b>Pulmonalisdrücke präoperativ</b>						
PA mittel (mmHg)	17 - 51	17 - 70	12 - 70			
Median	30,5	31	24	0.96	0.13	0.18
Standardabweichung	10,3	15,6	15,4			
<b>Pulmonalisdrücke postoperativ (nach 24 h)</b>						
PA mittel (mmHg)	14 - 36	18 - 38	17 - 38			
Median	29	29	24	0.79	0.59	0.35
Standardabweichung	6,8	6,1	7,2			
<b>Herzrhythmus bei Nachuntersuchung</b>				0.24	<b>0.001</b>	0.12
Sinusrhythmus	0	4	12 (75%)			
Arrhythmia absoluta bei Vorhofflimmern	17	7	3 (19%)			
Schrittmacher-Rhythmus	2	0	-			

## **Danksagung**

Hiermit möchte ich Herrn Prof.Dr.med.Dr.h.c.mult.R.Hetzer (Direktor des Deutschen Herzzentrum Berlin) für die Bereitstellung des Themas danken.

Herrn Prof.Dr.med.Dr.M.Pašić danke ich für die Unterstützung bei der Erarbeitung dieser Dissertation und seine wohlwollende Kenntnisnahme.

Herrn PD Dr. H. Siniawski möchte ganz besonders für seine Hilfe und Unterstützung bei den echokardiographischen Untersuchungen danken.

Mein Dank gilt weiterhin Frau Julia Stein für die statistische Bearbeitung der Daten und Herrn Helge Hasselbach für die Grafikbearbeitung.

Danken möchte ich vor allem meinen Eltern, welche mich in jeder nur erdenklichen Weise unterstützen.

Frau Kathrin Oldenburg danke ich herzlichst für ihre persönliche Unterstützung und manch wertvollen Hinweis bei der Fertigstellung der Arbeit.

Berlin, März 2008

## **Erklärung an Eides statt**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit laut der mir bekannten Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin von mir selbständig angefertigt und ausschließlich die angegebenen Hilfsmittel und Literaturquellen benutzt wurden. Ein Promotionsverfahren an anderer Stelle wurde von mir nicht beantragt.

.....

Michael Hofmann

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Berlin, März 2008

.....

Michael Hofmann