

**Aus der Klinik und Poliklinik für Herzchirurgie  
der Universität Rostock**

Direktor

**Prof. Dr. med. C. Etz**

Titel der Arbeit:

**Die Veränderung des Risikoprofils bei herzchirurgischen Patienten mit einer  
Herzklappenerkrankung  
in den Jahren 2001, 2013 und 2020 und der Einfluss auf  
die Morbidität und Mortalität.**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der Medizin**

der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von:

**Stefan Heinzel**

aus:

**Rostock**

Rostock, 2024

Dekan: Prof. Dr. med. univ. Emil C. Reisinger

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Christian Etz
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Hüseyin Ince
3. Gutachter: Prof. Dr. med. Stephan Ensminger

**Datum der Einreichung:** 14.09.2023

**Datum der Verteidigung:** 04.12.2024

## INHALTSVERZEICHNIS

---

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	EPIDEMIOLOGIE	1
1.2	PATHOLOGIE	1
1.3	RISIKOFAKTOREN	2
1.4	SCORING SYSTEME	3
1.5	EuroSCORE	4
1.6	ZIEL DER ARBEIT	5
<b>II.</b>	<b>MATERIAL UND METHODIK</b>	<b>5</b>
2.1	EuroSCORE	5
2.2	PATIENTENKOLLEKTIV	10
2.3	VERTEILUNG DER HERZKLAPPENFEHLER	11
2.4	CHIRURGISCHE TECHNIKEN UND HERZKLAPPENPROTHESEN	12
2.5	STATISTISCHE METHODEN	14
<b>III.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>15</b>
3.1	PRÄOPERATIVE VARIABLEN	15
3.1.1	ALTER	15
3.1.2	GESCHLECHT	16
3.1.3	CHRONISCHE LUNGENERKRANKUNGEN	17
3.1.4	EXTRAKARDIALE ARTERIENERKRANKUNGEN	18
3.1.5	NEUROLOGISCHE FUNKTIONSTÖRUNGEN	19
3.1.6	VORAUSGEGANGENE HERZOPERATIONEN	20
3.1.7	SERUMKREATININ	21
3.1.8	AKTIVE ENDOKARDITIS	22
3.1.9	KRITISCHER PRÄOPERATIVER STATUS	23
3.1.10	INSTABILE ANGINA PECTORIS	24
3.1.11	LINKSVENTRIKULÄRE DYSFUNKTIONEN	25

3.1.12	MYOKARDINFARKT	26
3.1.13	PULMONALE HYPERTONIE	27
3.1.14	NOTFALLEREIGNISSE	28
3.1.15	ANDERE KARDIALE EINGRIFFE	29
3.1.15.1	KARDIALER ZUSATZEINGRIFF „HERZOHROKKLUSION“	31
3.1.15.2	KARDIALER ZUSATZEINGRIFF „ABLATION“	32
3.1.16	CHIRURGISCHE EINGRIFFE AN DER THORAKALEN AORTA	33
3.1.17	HERZSCHEIDEWANDRUPTUR NACH MYOKARDINFARKT	33
3.1.18	ZUSAMMENFASSUNG MIT RISIKOVERTEILUNG	34
3.2	ERGEBNISSE DER POSTOPERATIVEN KOMPLIKATIONEN	35
3.2.1	PERIOPERATIVER MYOKARDINFARKT	35
3.2.2	KARDIALE KOMPLIKATIONEN	36
3.2.3	HERZRHYTHMUSSTÖRUNGEN	37
3.2.4	NIERENINSUFFIZIENZ	38
3.2.5	REANIMATIONSFÄLLE	39
3.2.6	REOPERATIONEN	40
3.2.7	NEUROLOGISCHE KOMPLIKATIONEN	41
3.2.8	WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN	42
3.2.9	ITS – AUFENTHALT	43
3.2.10	MORTALITÄT	44
3.2.10.1	RISIKOEINSTUFUNG DER VERSTORBENEN PATIENTEN	45
3.2.10.2	DURCHSCHNITTSALTER DER VERSTORBENEN PATIENTEN	46
<b>IV.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>47</b>
4.1	DISKUSSION ZIEL DER ARBEIT	47
4.2	PRÄOPERATIVE RISIKOFAKTOREN	48
4.2.1	ALTER	48
4.2.2	GESCHLECHT	49
4.2.3	VORHERIGE HERZOPERATIONEN	50

4.2.4	PULMONALE HYPERTONIE / LINKSVENTRIKULÄRE DYSFUNKTION	50
4.2.5	ANDERE KARDIALE EINGRIFFE	51
4.3	DISKUSSION POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN	52
4.3.1	POSTOPERATIVE HERZINSUFFIZIENZ	53
4.3.2	NEUROLOGISCHE KOMPLIKATIONEN	54
4.3.3	ITS-AUFENTHALT	55
4.3.4	MORTALITÄT	55
4.3.5	HERZRHYTHMUSSTÖRUNGEN	56
4.3.6	PERIOPERATIVER MYOKARDINFARKT	57
4.3.7	REOPERATION	58
4.3.8	WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN	59
4.3.9	NIERENVERSAGEN	59
4.3.10	REANIMATION	60
<b>V.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>61</b>
<b>VI.</b>	<b>THESEN</b>	<b>63</b>
<b>VI.</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>65</b>
<b>VII.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>66</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANHANG</b>	<b>74</b>
<b>IX.</b>	<b>LEBENS LAUF</b>	<b>88</b>
<b>X.</b>	<b>EIDESSTÄTTLICHE VERSICHERUNG</b>	<b>89</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung</b>	<b>Beschriftung</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1	Vergleich der erfassten Patientendaten	10
Abbildung 2	Vergleich der Patienten mit zusätzlicher Bypassoperation	11
Abbildung 3	Prozentuale Verteilung der Herzklappenfehler	11
Abbildung 4	Prozentuale Altersverteilung	15
Abbildung 5	Prozentualer Vergleich der Geschlechterverteilung	16
Abbildung 6	Häufigkeitsvorkommen von chronischen Lungenerkrankungen	17
Abbildung 7	Prozentualer Vergleich der extrakardialen Arterienerkrankungen	18
Abbildung 8	Prozentuale Verteilung der neurologischen Funktionsstörungen	19
Abbildung 9	Prozentuale Häufigkeit vorausgegangener Herzoperationen	20
Abbildung 10	Prozentualer Vergleich der Serumkreatininwerte	21
Abbildung 11	Prozentuale Häufigkeit der aktiven Endokarditis	22
Abbildung 12	Prozentuale Häufigkeit des kritisch präoperativen Status	23
Abbildung 13	Prozentuale Häufigkeit der instabilen Angina pectoris	24
Abbildung 14	Prozentuale Häufigkeit der linksventrikulären Dysfunktion	25
Abbildung 15	Prozentuale Häufigkeit von Myokardinfarkten	26
Abbildung 16	Prozentuale Häufigkeit der pulmonalen Hypertonie	27
Abbildung 17	Prozentuale Häufigkeit der Notfallereignisse	28
Abbildung 18	Prozentuale Häufigkeit anderer kardialer Eingriffe	29
Abbildung 19	Prozentuale Verteilung der kardialen Zusatzeingriffe	30
Abbildung 20	Prozentuale Verteilung des Zusatzeingriffes Herzohrklusion	31
Abbildung 21	Prozentuale Verteilung des Zusatzeingriffes Ablation	32

Abbildung 22	Verteilung der chirurgischen Eingriffe an der thorakalen Aorta	33
Abbildung 23	Häufigkeitsverteilung der Patienten auf die verschiedenen Risikogruppen	34
Abbildung 24	Prozentuale Häufigkeit von perioperativen Myokardinfarkten	35
Abbildung 25	Prozentuale Häufigkeit der kardialen Komplikationen	36
Abbildung 26	Prozentuale Häufigkeit der postoperativen Herzrhythmusstörungen	37
Abbildung 27	Prozentuale Häufigkeit der postoperativen Niereninsuffizienz	38
Abbildung 28	Prozentuale Häufigkeit der postoperativen Reanimationsfälle	39
Abbildung 29	Prozentuale Verteilung der Reoperationen	40
Abbildung 30	Prozentuale Häufigkeit postoperativer neurologischer Störungen	41
Abbildung 31	Häufigkeit von Wundheilungsstörungen mit folgender operativer Revision	42
Abbildung 32	Prozentualer Vergleich der Verweildauer auf der ITS	43
Abbildung 33	Prozentuale Häufigkeit der Mortalität	44
Abbildung 34	Prozentuale Risikoeinstufung der verstorbenen Patienten	45
Abbildung 35	Vergleich des Durchschnittsalters der verstorbenen Patienten	46

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle</b>	<b>Beschriftung</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1	Patientenabhängige Risikofaktoren	6
Tabelle 2	Kardiale Risikofaktoren	7
Tabelle 3	Operationsbedingte Risikofaktoren	7
Tabelle 4	EuroSCORE - Gruppen	8
Tabelle 5	Postoperative Komplikationen	9
Tabelle 6	Häufigkeit der postoperativen Komplikationen	53
Tabelle 7	Vergleich der erfassten und fehlenden Patientendaten	74
Tabelle 8	Prozentuale Verteilung der erfassten Patienten auf die Altersgruppen	74
Tabelle 9	Prozentuale Verteilung der Patienten mit koronarer Herzkrankheit	75
Tabelle 10	Prozentuale Verteilung der Herzklappenfehler	75
Tabelle 11	Prozentuale Verteilung der kombinierten Herzklappenfehler	76
Tabelle 12	Prozentuale Geschlechtsverteilung	76
Tabelle 13	Prozentuale Verteilung der chronischen Lungenerkrankungen	76
Tabelle 14	Prozentuale Verteilung der extrakardialen Arterienerkrankungen	77
Tabelle 15	Prozentuale Verteilung der neurologischen Funktionsstörungen	77
Tabelle 16	Prozentuale Verteilung der vorrausgegangenen Herzoperationen	77
Tabelle 17	Prozentuale Verteilung des Serumkreatininwertes	78
Tabelle 18	Prozentuale Verteilung der aktiven Endokarditis	78
Tabelle 19	Prozentuale Verteilung des kritischen präoperativen Status	78
Tabelle 20	Prozentuale Verteilung der instabilen Angina pectoris	79
Tabelle 21	Prozentuale Verteilung der linksventrikulären Dysfunktion	79

Tabelle 22	Prozentuale Verteilung des Myokardinfarkts	79
Tabelle 23	Prozentuale Verteilung der pulmonalen Hypertonie	80
Tabelle 24	Prozentuale Verteilung des Notfalls	80
Tabelle 25	Prozentuale Verteilung der anderen kardialen Eingriffe	80
Tabelle 26	Prozentuale Verteilung einzelner kardialer Zusatzeingriffe	81
Tabelle 27	Prozentuale Verteilung der Eingriffe an der thorakalen Aorta	81
Tabelle 28	Prozentuale Verteilung der Patienten mit Herzseptumruptur	82
Tabelle 29	Prozentuale Verteilung der Patienten auf die Risikogruppen	82
Tabelle 30	Prozentuale Verteilung des perioperativen Myokardinfarktes	82
Tabelle 31	Prozentuale Verteilung der postoperativen kardialen Komplikationen	83
Tabelle 32	Prozentuale Verteilung der postoperativen Herzrhythmusstörungen	83
Tabelle 33	Prozentuale Verteilung der postoperativen Niereninsuffizienz	83
Tabelle 34	Prozentuale Verteilung der postoperativen Reanimationsfälle	84
Tabelle 35	Prozentuale Verteilung der Reoperationen	84
Tabelle 36	Prozentuale Verteilung postoperativer neurologischer Störungen	84
Tabelle 37	Prozentuale Verteilung der Wundheilungsstörungen	85
Tabelle 38	ITS-Verweildauer	85
Tabelle 39	Prozentuale Verteilung der verstorbenen Patienten	85
Tabelle 40	Risikoeinstufung der verstorbenen Patienten	86
Tabelle 41	Durchschnittsalter der verstorbenen Patienten	86
Tabelle 42	Darstellung der statistischen Auswertung der quantitativen Merkmale	86
Tabelle 43	Darstellung der statistischen Auswertung der qualitativen Merkmale	87

# I. Einleitung

## 1.1 Epidemiologie

Im Jahr 2013 sind laut Statistischen Bundesamt 46 % der Todesfälle auf Herzkreislauferkrankungen zurückzuführen. Herzklappenerkrankungen machen einen Anteil von 15.900 Verstorbenen bundesweit aus [61]. Die Zahl stieg im Jahr 2020 auf 20.108 Verstorbenen. Trotz optimierter Behandlungstechniken und alternativer Therapiemöglichkeiten, steigt die Mortalität und Morbidität der Patienten mit einer Klappenerkrankung kontinuierlich. Jährlich werden bundesweit ca. 32.500 Patienten aufgrund einer Herzklappenerkrankung operiert, dabei ist insbesondere der Anteil der über 75-jährigen Patienten in den letzten 20 Jahren deutlich gestiegen [61,73].

## 1.2. Pathologie

Die hauptsächlichen Ursachen für erworbene Herzklappenfehler stellen degenerative Veränderungen und Verkalkungen der Herzklappen dar. Letztere wie z. B. Verkalkungen oder Fibrosierungen treten vermehrt mit dem höheren Lebensalter auf. Minderperfusion oder bakteriellen Entzündungen stellen nur einen geringen Anteil der Ursachen erworbener Herzklappenfehler dar. [19,61].

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ergebnisse von Herzklappenoperationen erwachsener Patienten unabhängig von deren Ursache.

Obwohl aufgrund der höheren hämodynamischen Belastung der linken Herzkammern häufiger die linksseitigen Herzklappen als die rechtsseitigen Herzklappen von pathologischen Veränderungen betroffen sind, können alle Herzklappen von folgenden krankhaften Veränderungen betroffen sein

Klassifikation der pathogenen Veränderungen von Herzklappen [30]:

- die Herzklappenstenose
- die Herzklappeninsuffizienz
- eine Mischform aus Stenose und Insuffizienz

### 1.3 Risikofaktoren

Ob die Therapie konventionell chirurgisch oder interventionell erfolgt, wird anhand der präoperativen Abschätzung des Operationsrisikos festgelegt. Dieses Risiko gibt an, ob es sich bei dem Patienten um einen Niedrig-, Intermediär- oder Hochrisikofall handelt. Die jeweilige Einstufung erfolgt durch etablierte Berechnungsmodelle (Scoring Systeme) wie dem EuroSCORE oder STS-Score. Hierbei werden jedoch nicht alle spezifischen Risikofaktoren eines Individuums erfasst. Deshalb sind individuelle Merkmale wie Tumorerkrankungen, Patientenwunsch oder vorausgegangene Herzoperationen zu berücksichtigen.

Der Begriff „Risikofaktor“ bezeichnet Zustände oder Eigenschaften, welche exogenen, endogenen oder funktionellen Ursprungs sind und erhöhte Erkrankungswahrscheinlichkeiten darstellen. Somit werden Erkrankungen, Abnormitäten sowie Lebensgewohnheiten angezeigt, welche statistisch mit der Entstehung einer Krankheit in Verbindung stehen, ohne dass diese Merkmale einen kausalen Zusammenhang mit dieser haben müssen. Zudem steigt das Risiko der Erkrankung bei gleichzeitig auftretenden Faktoren [11,13,61].

Laut Nashef et al. sind folgende Risikofaktoren in Verbindung mit einer Herzklappenoperation von signifikanter Bedeutung [13]:

- Alter
- Geschlecht
- Eingeschränkte Nierenfunktion
- Pulmonale Erkrankungen
- Neurologische Dysfunktion
- Extrakardiale Gefäßerkrankungen
- Kritischer präoperativer Zustand
- Herz- und Kreislauferkrankungen
- Kombination mit anderen chirurgischen Eingriffen

Zu den möglichen postoperativen Komplikationen einer Herzklappenoperation zählen:

- Akutes Nierenversagen
- Herzrhythmusstörungen
- Neurologische Ausfälle (z. B. hirnorganisches Psychosyndrom)
- Wundheilungsstörungen aufgrund von Blutungen und/ oder Infektionen
- Perioperativer Myokardinfarkt
- Herz-Kreislaufstillstand mit Reanimation

## 1.4 Scoring Systeme

Scoring-Systeme dienen in der Medizin der Klassifizierung von Krankheitsbildern oder Verletzungsmustern sowie der Erarbeitung von Diagnosen und der Möglichkeit, verschiedene Patientenzustände in einheitlicher Aufstellung beschreiben zu können. Durch statistische Methoden werden Risikofaktoren analysiert sowie in Score-Tabellen dargestellt. Diese ermöglichen eine präoperative Risikoklassifizierung sowie eine Prognose für die postoperative Morbidität und Mortalität, also eine Voraussetzung zur Vorbeugung von Komplikationen. Dabei wirkt sich die Größe der Datenbasis deutlich auf die Aussagekraft aus. Zudem benötigt es eine solide Datenerfassung und sorgfältige, multidisziplinäre Kooperation für eine interne (d.h. klinikeigene) und externe (d.h. regionale, bundesweite oder internationale) Risikountersuchung. Weiterhin ermöglichen sie eine moderate wirtschaftliche Kostenkalkulation [2,3,4,5].

Ziele der Risikoevaluation sind folgende:

- Abschätzung des individuellen Patientenrisikos
- Auswirkungen der Risikovariablen auf die Morbidität und Mortalität
- Klinikvergleich
- Kostenkalkulation
- Operationsvorbereitung
- Patienteninformation
- Qualitätskontrolle

Mit dem Parsonnet-Score entwickelte Viktor Parsonnet 1989 eines der ersten Risikomodelle aus 3.500 Patientendaten zur Abschätzung der postoperativen Mortalität. Mit seinen 15 repräsentativen Variablen galt dieser als richtungsweisend für die Herzchirurgie [4]. Nicht nur postoperative Mortalität, sondern auch Morbidität enthält der 1992 veröffentlichte „Cleveland Clinic Score“ mit 13 Parametern. Neben weiteren Scores wie „French-Score“ (8 Risikofaktoren) oder „Ontario-Province-Risk-Score“, setzte sich Anfang des neuen Jahrtausends - der 1999 publizierte- „European System for Cardiac Operative Risk Evaluation“ (EuroSCORE) durch [2,5,43]. Trotz des fortgeschrittenen Alters ist der EuroSCORE weiterhin Goldstandard für die Herzchirurgie, obwohl andere neue Scores wie der STS (Society of Thoracic Surgeons) oder der ACEF- SVR Score (Age-Creatinine-Ejection-Fraction-surgical ventricular reconstruction score) hinzugekommen sind. [33,43,44,45,46,47,48]. Zum Vergleich die Kurzdarstellung des 2007 publizierten STS- Scores. Er soll über ein leicht anwendbares Computerprogramm die postoperative Mortalität, Bypass-, Klappen- sowie kombinierte

Operationen berechnen [43]. Der German AV Score (AV: „aortic valve“; für den isolierten Aortenklappenersatz) ist ebenso zu erwähnen [57]. Es existieren noch viele weitere Scoring-Modelle, welche jedoch für die Kardiochirurgie nur bedingt praktikabel sind, da sie sich auf ein allgemeinchirurgisches Patientengut beziehen.

## **1.5 EuroSCORE**

Der EuroSCORE ist das in Europa am häufigsten verwendete Scoring-Modell in der Herzchirurgie und basiert auf einer Studie der „European Association for Cardio-Thoracic Surgery“ aus dem Jahr 1995 unter Leitung von S.A.M. Nashef et al. [8,9,10,13,15,16,17,29,32,36,38,39,45]. Publiziert wurde der EuroSCORE in Brüssel auf dem Kongress „Meeting European Association for Cardio-Thoracic-Surgery“ 1998. Durch eine Datenbank, mit 19.030 Patienten aus 128 Zentren in 8 europäischen Ländern, wurden 17 Risikofaktoren erfasst welche patienten-, herz- und operationsabhängig sind (siehe Tab.1, 2 und 3). Durch eine Regressionsberechnung wurden die Variablen bestimmt, welche eine Bedeutung für die postoperative 30-Tage-Mortalität besitzen [13]. Der EuroSCORE gilt nicht nur zur Risikostratifizierung und Qualitätssicherung von Herzoperationen, zudem wird er für Liegedauer im Krankenhaus, finanzielle Ausgaben, individuelle Patientenberatung und den externen Klinikvergleich genutzt [5,15]. Ursprünglich für aortokoronare Bypassoperationen entwickelt, belegen verschiedene Studien eine gute und verlässliche Risikoberechnung des EuroSCOREs bezüglich der Herzklappenoperationen und Operationen an der thorakalen Aorta (Typ A Aortendissektion mit einbezogen) [2,14,15,16,24,29,32,34,38,39,43,45].

Es gibt zwei verschiedene EuroSCORE-Modelle. Mit dem EuroSCORE I, findet sich ein additives Model mit dem der Score durch Summation der jeweiligen Risikovariablen berechnet wird. Dieser „Goldstandard“, ist einfach anzuwenden und gibt Auskunft über das Risiko der 30-Tage-Mortalität. Studien haben jedoch gezeigt, dass die Mortalität bei Hochrisikogruppen unterschätzt bzw. bei Gruppen mit niedrigem Risiko überschätzt wird [12,17,18,20,21,28,31,44]. Infolgedessen wurde der logistische EuroSCORE eingeführt [12,17,49,50,51]. Durch seine EDV-basierte Regressionsberechnung ist er aufwendiger als die Summationsmethode, jedoch präziser und sensitiver bezüglich der Prädiktion von Mortalität in den Hochrisikogruppen. Dabei werden dieselben 17 Risikofaktoren verwendet, wie beim Additionsmodell [12,17,49,40,51].

Das EuroSCORE II Modell:

Aufgrund der Fehleinschätzung bei Hoch- und Niedrigrisikopatienten hinsichtlich der Frühletalität, wurde 2012 eine Weiterentwicklung des EuroSCOREs vorgestellt [12,17,28,40,43,44]. Dieses logistische Model basiert auf einer prospektiven Studie mit 22.381

Patienten in 154 Kliniken aus 43 Ländern. Dadurch wurde eine präzisere Voraussage der postoperativen Mortalität, Morbidität sowie Langzeitüberlebensrate ermöglicht [26,27,34,35,52,53,54]. Trotz sehr guter Diskrimination (ROC-Kurve 0,8095), bestätigen einige Studien eine Unterschätzung der postoperativen Mortalität bezüglich Hochrisiko-Patienten und eine schwache Sensitivität hinsichtlich isolierter Herzklappenoperationen und Eingriffe an der thorakalen Aorta [27,53,54,55].

## **1.6 Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Veränderung des Risikoprofils bei herzchirurgischen Patienten mit einer Herzklappenerkrankung sowie das Auftreten der postoperativen Komplikationen aufzuzeigen. Es werden mithilfe des additiven EuroSCORE-Modells in den Jahren 2001, 2013 und 2020 insgesamt 30 Variablen verglichen. Diese stammen aus den Teilbereichen patientenbezogene, kardiale und operationsbezogene Risikofaktoren. Zudem weist diese Arbeit mit der Etablierung der TAVI im Jahr 2013 und 2020 einen Vergleich der Risikoverteilung zwischen konservativen und interventionellen Eingriffen auf.

# **II. Material und Methodik**

## **2.1 EuroSCORE**

Die Basis des EuroSCORE-Systems bildet die Bewertung spezifischer Vorerkrankungen und Untersuchungsergebnisse mittels eines Punktesystems, welches durch die prozentuale Häufigkeit berechnet wird.

Die in die Berechnung eingehenden Risikofaktoren, werden in die drei folgenden Teilbereiche kategorisiert:

- Patientenabhängige Risikofaktoren
- Kardiale Risikofaktoren
- Operationsbezogene Risikofaktoren

Ein individuelles Risikoprofil für den Patienten wird durch die Addition der Punkte der einzelnen Teilbereiche errechnet.

In dieser Studie kommt das ältere aber sich weiter bewährende Additions-Modell zum Einsatz. Der EuroSCORE II wird trotz besserer Sensitivität und Prädiktion bezüglich Morbidität und

Mortalität, nicht angewendet. Da diese Arbeit einen Vergleich zum Jahre 2001 erstellen soll und bis dato nur das Summationsmodell existierte, basiert die Auswertung der Variablen, aus dem Jahr 2013 und 2020, auf diesem System.

Die einzelnen Variablen werden in den folgenden Tabellen 1 bis 3 dargestellt und definiert.

### Patientenabhängige Risikofaktoren

Risikofaktoren	Definition	Punktzahl
a) Alter	Ab 60 Jahre, alle 5 Jahre zusätzlich 1 Punkt	1
b) Geschlecht	Weiblich	1
c) Chronische Lungenerkrankung	Langzeitlicher Gebrauch von Bronchodilatoren oder Steroiden	1
d) Extrakardiale Arterienerkrankung	z. B.: -Claudicatio intermittens -Karotisverschluss oder –stenose >50 %	2
e) Neurologische Funktionsstörungen	Krankheiten, welche die Gehfähigkeit oder alltägliche Funktionen einschränken	2
f) Vorausgegangene Herzoperationen	Mit Eröffnung des Perikards	3
g) Serumkreatinin	>200 µmol/l vor der Operation	2
h) Aktive Endokarditis	Aktuelle antibiotische Therapie	3
i) Kritischer präoperativer Status	Eine oder mehrere Erkrankungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventrikuläre Tachykardie</li> <li>- Ventrikuläres Flimmern</li> <li>- Asystolie</li> <li>- Präoperative Herzdruckmassage</li> <li>- Präoperative Beatmung</li> <li>- Präoperative inotrope Unterstützung</li> <li>- Intraaortale Ballonpumpen – Gegenpulsation</li> <li>- Präoperatives akutes Nierenversagen</li> </ul>	3

TABELLE 1 PATIENTENABHÄNGIGE RISIKOFAKTOREN

## Kardiale Risikofaktoren

Risikofaktoren	Definition	Punktzahl
k) Instabile Angina pectoris	„Ruheangina“, i. v. benötigte Nitrate	2
l) Linksventrikuläre Dysfunktion	- LVEF 30-50 %	1
	- LVEF < 30 %	3
m) Myokardinfarkt	Vor weniger als 90 Tagen	2
n) Pulmonaler Hypertonie	systolischer Pulmonalarteriendruck > 60 mm Hg	2

TABELLE 2 KARDIALE RISIKOFAKTOREN

## Operationsbedingte Risikofaktoren

Risikofaktoren	Definition	Punktzahl
o) Notfall	stattgefunden oder überwiesen vor Anbruch des nächsten Arbeitstages	2
p) Andere kardiale Eingriffe	andere kardiale Eingriffe als aortokoronarer Bypasschirurgie	2
r) Chirurgische Eingriffe an thorakaler Aorta	Erkrankung der aufsteigenden oder absteigenden Aorta bzw. des Aortenbogens	2
s) Herzscheidewandruptur nach Infarkt		4

TABELLE 3 OPERATIONSBEDINGTE RISIKOFAKTOREN

## **EuroSCORE-Gruppen**

Die Summation der Variablen ergibt eine Gesamtpunktzahl, welche Auskunft über das präoperative Risiko und die Häufigkeit der zu erwartenden postoperativen Komplikationen gibt. Eine Einstufung der Patienten in drei Risikogruppen (geringes, mittleres und hohes Risiko) ist somit möglich. Die EuroSCORE-Gruppe 3 stellt dabei das höchste perioperative Komplikationsrisiko dar.

<b>Risikogruppe</b>	<b>Punktzahl</b>
1 geringes Risiko	0 - 2 Punkte
2 mittleres Risiko	3 – 5 Punkte
3 hohes Risiko	6 Punkte und mehr

TABELLE 4 EUROSCORE-GRUPPEN

## Postoperative Komplikationen

Da sich die Studie mit der Wandlung des Risikoprofils und dem Einfluss auf Morbidität und Mortalität bei Patienten mit Herzklappenoperationen befasst, ist es erforderlich die postoperativen Komplikationen zu evaluieren. Die wichtigsten Komplikationen nach Herzklappenoperationen in der Herzchirurgie der Universität Rostock werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Komplikation	Definition
Myokardinfarkt	- pathologische EKG-Veränderungen - Anstieg von Troponin, CK und CK-MB - Klinik des Patienten
Kardiale Komplikationen	- Herzbeutelamponade - Herzinsuffizienz - Pleuraerguss
Herzrhythmusstörungen	- Supraventrikuläres Flimmern - Ventrikuläre Tachykardie / Kammerflimmern
Niereninsuffizienz	- Serumkreatinin > 200 µmol / l postoperativ
Reanimation	- bei Asystolie oder Kammerflimmern
Reoperation	- aufgrund Blutung / mit anschließender Infektion - aufgrund Infektion
Neurologische Komplikationen	- apoplektischer Insult - hirnorganisches Psychosyndrom
Wundheilungsstörungen	- mit Notwendigkeit der operativen Revision
Mortalität	- postoperativ innerhalb von 30 Tagen

TABELLE 5 POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN

Zum Erfassen der patientenabhängigen, kardialen und operationsbedingten Parameter sowie der postoperativen Komplikationen und der Aufenthaltsdauer auf ITS wurde das Microsoft Office Access (Version 2003) Softwareprogramm verwendet. Die Patientendaten wurden aus den archivierten Krankenakten der Herzchirurgie der Universität Rostock ermittelt. Das Windows Programm SPSS (SPSS Inc. V. 26.0 Chicago) wurde für die statistische Auswertung der erhobenen Daten herangezogen. Mit Microsoft Excel 2003 erfolgte die tabellarische Darstellung der Risikofaktoren.

## 2.2 Patientenkollektiv

Diese Arbeit beinhaltet die Daten von 863 Patienten aus den Jahren 2001, 2013 und 2020, die sich in der Herzchirurgie der Universitätsklinik Rostock einer Herzklappenersatz bzw. Herzklappenrekonstruktion unterzogen haben. Die Eingriffe erfolgten bei einem Teil der Patienten mit zusätzlicher operationspflichtiger koronarer Herzerkrankung. Durch die retrospektive Berechnung mittels des additiven EuroSCORE-Modells, wird die Veränderung des Risikoprofils im untersuchten Zeitraum angezeigt. Zudem erfolgt die Auswertung der postoperativen Komplikationen. Bei 28 Patienten war die Erfassung und Analyse aufgrund fehlender bzw. unvollständiger Daten, nicht möglich. Dabei verteilt sich das Patientengut folgendermaßen (siehe Abb. 1 und Tab. 6 im Anhang): Im Jahr 2001 gehen 209 Patientendaten ein (4 Patientenakten fehlten) und aus dem Jahr 2013 stammen insgesamt 397 Fälle (21 fehlende Akten). 2020 gehen 257 vollständig erfasste Fälle ein.

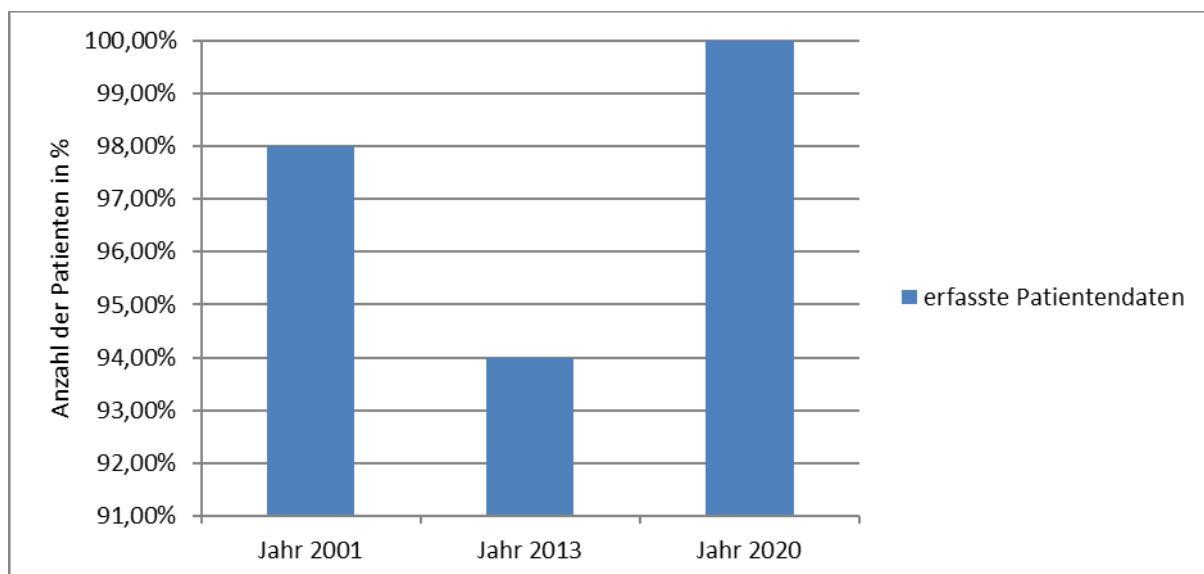


ABB. 1 VERGLEICH DER ERFASSTEN PATIENTENDATEN

Es zeigt sich eine Konstanz der zusätzlichen operationspflichtigen koronaren Herzkrankheit bei Patienten mit Herzklappenoperationen vom Jahr 2001 mit 33 % über 27 % im Jahr 2013 auf 40,5 % im Jahr 2020. (Abb. 2, Tab. 8 im Anhang)

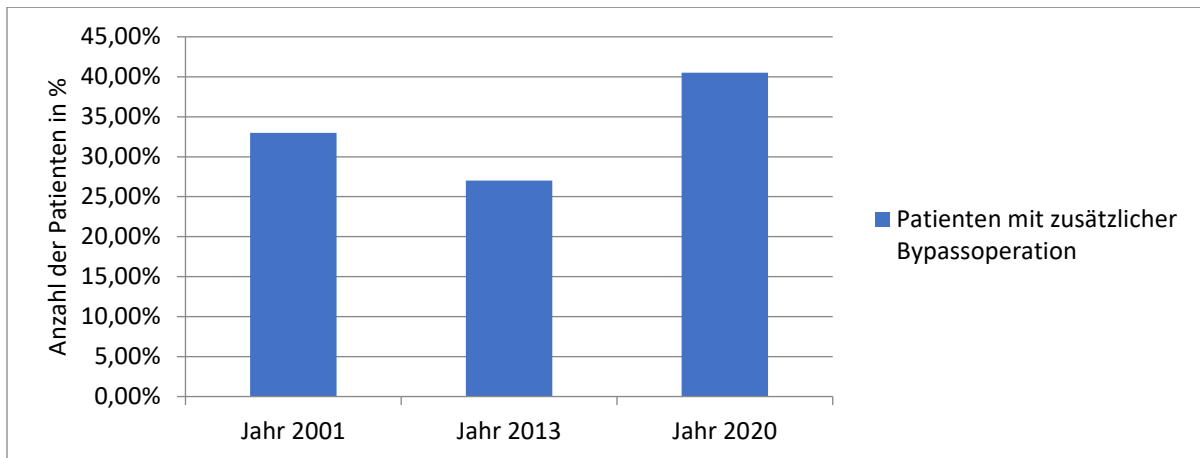


ABB. 2 VERGLEICH DER PATIENTEN MIT ZUSÄTZLICHER BYPASSOPERATION

### 2.3 Verteilung der Herzklappenfehler

In der folgenden Abbildung sind die häufigsten Indikationen für chirurgisch-konventionelle Eingriffe an den Herzklappen abgebildet. Dabei wird angezeigt, dass die Mitralklappeninsuffizienz die Aortenklappenstenose als führende Indikation abgelöst hat. Zunehmende Gründe für einen operativen Eingriff sind Aortenklappeninsuffizienz und kombinierte Herzklappenfehler. (Abb. 3, Tab. 10 im Anhang)

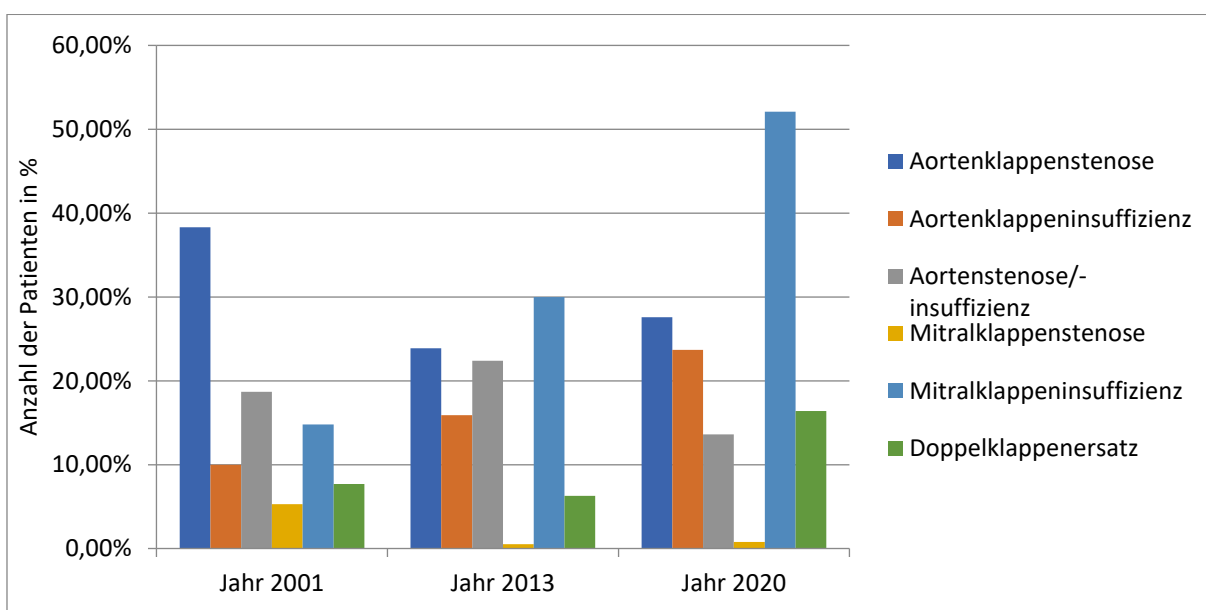


ABB. 3 PROZENTUALE VERTEILUNG DER HERZKLAPPENFEHLER

## 2.4 Chirurgische Techniken und Herzklappenprothesen

Die Operationsindikation wird nach der Diagnostik und interdisziplinärer Beratung der Kardiologen, Anästhesisten und Kardiochirurgen festgelegt. Dabei entscheidend sind neben der Anamnese die Befunde der klinischen Untersuchung, des Herzkatheters, der Echokardiografie, des Elektrokardiogramms, des Thorax-Röntgen, der Laboruntersuchungen, der Spirometrie sowie der Duplex-/ Dopplersonographie der supraaortalen Gefäßen und ggf. der Angiografie. Zudem bestimmen kardiale oder extrakardiale Erkrankungen, ob der Patient operationsfähig ist und ein chirurgischer oder interventioneller Eingriff vorgenommen wird. Weiterhin wird geklärt in welchem Zeitraum mit der Therapie begonnen wird [57]. Neben der Aufklärung des Patienten und dessen Zustimmung sowie der Diagnostik des Patienten, ist die interdisziplinäre Teamentscheidung bestimmend für die Art des OP-Eingriffs. Lediglich der Zugang wird allein durch die Chirurgen bestimmt. [57,58,69].

Für die Therapie von Herzklappenerkrankungen gibt es unterschiedliche Methoden wie die rein medikamentöse, die interventionelle und die operative Therapie. Ist ein chirurgischer Eingriff indiziert, gibt es zwei verschiedene Therapiestrategien: die erhaltende Herzklappenrekonstruktion und der Herzklappenersatz.

Bei der Herzklappenrekonstruktion werden lediglich starre, flexible oder semiflexible Anuloplastieringe, als Zusatzmaterial, verwendet. Ist ein Klappenerhalt nicht umsetzbar, so unterscheidet man zwischen biologischen und mechanischen Herzklappenersatz. Die mechanischen Klappen besitzen meist eine lebenslange Haltbarkeit, weswegen sie hauptsächlich bei jüngeren Patienten verwendet werden. Sie bringen jedoch ein hohes thromboembolisches Risiko mit sich, was den Patienten zu einer dauerhaften Antikoagulationstherapie mit Kumarin-Derivaten verpflichtet. Hauptvertreter unter den künstlichen Herzklappen sind die Doppelflügelprothesen. Sie bestehen aus einem Graphitkern mit einer Polycarbonbeschichtung. In der Regel werden für Patienten über der 70. Lebensjahr biologischen Prothesen verwendet. Sie zeichnen sich durch eine geringere Komplikationsrate aus, da weniger Ereignisse von Thromboembolie, paravalvulärem Leck oder Hämolyse auftreten. Zudem geht der Trend in den letzten Jahren deutlich zu den biologischen Prothesen [61,107]. Im Deutschen Herzbericht 2016 beträgt die Anzahl der Eingriffe bezüglich mechanischen Aortenklappenersatz, im Jahre 2001, 4.667. Der biologische Aortenklappenersatz erfolgte 4.809-mal. 2013 zeigte sich ein Anstieg auf 11.555 biologische Klappenprothesen: lediglich 1.506 mechanische Aortenklappenprothesen wurden verwendet [61]. Die Haltbarkeit der biologischen Klappenprothesen fällt jedoch geringer aus als bei den mechanischen Prothesen, variiert zwischen 10 bis 20 Jahren und kann durchaus stark verkürzt sein, z. B. abhängig durch den Implantationsort oder eine schnellere Verkalkung als Folge

einer Dialysetherapie [57]. Durch die geringere Thrombogenität ist nur eine kurzzeitige Antikoagulation von meist 3 Monaten postoperativ erforderlich. Die biologischen Klappen lassen sich nochmalig in drei Subgruppen unterteilen: Xenografts, Homografts (Allograft) und Autografts.

Xenografts werden aus Aortenklappen vom Schwein oder aus Rinderperikard hergestellt und sind meistens durch Gerüste verstärkt, welche für die Fixierung des Klappengewebes in seiner natürlichen bzw. anatomisch-funktionellen Position verantwortlich sind (Stent-Bioprothesen). Stentless-Bioprothesen ohne stabilisierendes Gerüst besitzen günstigere hämodynamische Flusseigenschaften und größere Öffnungsflächen. Dies bedingt jedoch eine kompliziertere Implantationstechnik im Vergleich zu gerüsttragenden Xenografts. Homografts, bestehen aus kryopräservierten und Antibiotika vorbehandelten humanen Herzklappen. Sie bieten eine längere Haltbarkeit als Xenografts. Jedoch fällt die Implantationsrate aufgrund der Verfügbarkeit und der aufwendigeren Operation geringer aus. Mit dem Autograft wird die körpereigene Pulmonalklappe als Aortenersatz in der sog. „Ross-Operation“ transferiert. Durch ein Mitwachsen des Autografts, werden diese bevorzugt bei Kindern eingesetzt. Zudem weisen sie geringe Raten an Degeneration, Endokarditiden sowie Thrombogenität auf und verfügen über exzellente hämodynamische Eigenschaften [7,56,57,58,70].

Im Vergleich zu den vergangenen Jahren ist die Anzahl der Herzklappenoperationen deutlich angestiegen. So wurden im Jahr 2001 an 80 herzchirurgischen Zentren insgesamt 15.952 (45 % weiblich, 55 % männlich) chirurgische Eingriffe an den Herzklappen vorgenommen. 2013 waren es 21.950 Operationen (zzgl. 7.722 TAVI-Eingriffe) an 79 Zentren. Die Geschlechterverteilung blieb bundesweit konstant bei 45 % weiblichen und 55 % männlichen Anteilen. 2001 war eine Aortenklappenerkrankung Hauptindikation für 9.851 Operationen. 2013 waren es 11.891 Fälle (zzgl. 7.246 TAVI-Eingriffe). Zusätzlich zeigt sich ein Anstieg von 4.943 Fällen in 2001 auf 10.259 Fälle im Jahr 2013 für die Verwendung der biologische Aortenklappenprothese. Die Anzahl an mechanischen Prothesen fällt von 4.747 im Jahr 2001 auf 1.506 Operationen in 2013. Eine Mitralklappenerkrankung war 2001 mit 3.843 Fällen und 2013 mit 5.631 (zzgl. 462 Katheter-Eingriffe) der Hauptgrund für einen kardiochirurgischen Eingriff [59,60].

## 2.5 Statistische Methoden

Die Berechnung und Auswertung des gewonnenen Datenmaterials erfolgte in kooperativer Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Informatik und Biometrie der Universität Rostock. Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ( $\chi^2$ -Test) war die Methode der Wahl zur Auswertung der Signifikanz der Ergebnisse bei qualitativen Merkmalen und unabhängigen Stichproben. Dies galt für Variablen mit nominalem Skalenniveau zur Überprüfung von Häufigkeitsverteilungen. Es ist also eine Kontrolle der Hypothese, ob sich zwei Merkmale unabhängig voneinander unterscheiden.

Die Normalverteilung der quantitativen Merkmale (Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt, ITS-Aufenthaltsdauer, Summe der Risikofaktoren) wurde durch den Kolmogorow-Smirnov-Anpassungstest berechnet. Zudem erfolgte die Analyse der statistischen Signifikanz mithilfe des Mann-Whitney-Tests. Eine Signifikanzprüfung (mit  $p < 0,05$  als statistische Signifikanz) erfolgte bei den errechneten Korrelationskoeffizienten. Die Kontrolle der Signifikanz zeigt dabei nur eine Irrtumswahrscheinlichkeit an, wenn eine Verallgemeinerung auf die Grundgesamtheit der Probanden vorliegt.

Der Zitierstil erfolgte nach der Vancouver Variante.

### III. Ergebnisse

#### 3.1 Präoperative Variablen

##### 3.1.1 Alter

In der Altersverteilung wird eine Verschiebung ins hohe Lebensalter sichtbar. Im Jahr 2001 liegt der Altersdurchschnitt der erfassten Patienten bei 65,0 Jahren. Im Jahr 2013 und 2020 beträgt er 68,0 bzw. 67,8 Jahre. Dabei ist der Anteil der Patienten jünger als 60 Jahre relativ stabil. Der Anteil der 71 bis 75-jährigen steigt leicht von 22,0 % auf 24,7 % und sinkt stark auf 14,8 % im Jahr 2020. Eine erhebliche Zunahme zeigt sich ab den Jahrgängen älter 75 Jahre. 2001 war nur jeder fünfte Patient (19,2 %) älter als 75, ab 2013 ist es jeder Dritte (30,8 %), 2020 (29,2 %). (Abb. 4, Tab. 11 im Anhang)

Es zeigt sich ein signifikanter Anstieg des Alters der operierten Patienten im Verlauf des Untersuchungszeitraumes. (Abb. 4; Tab. 41 im Anhang)

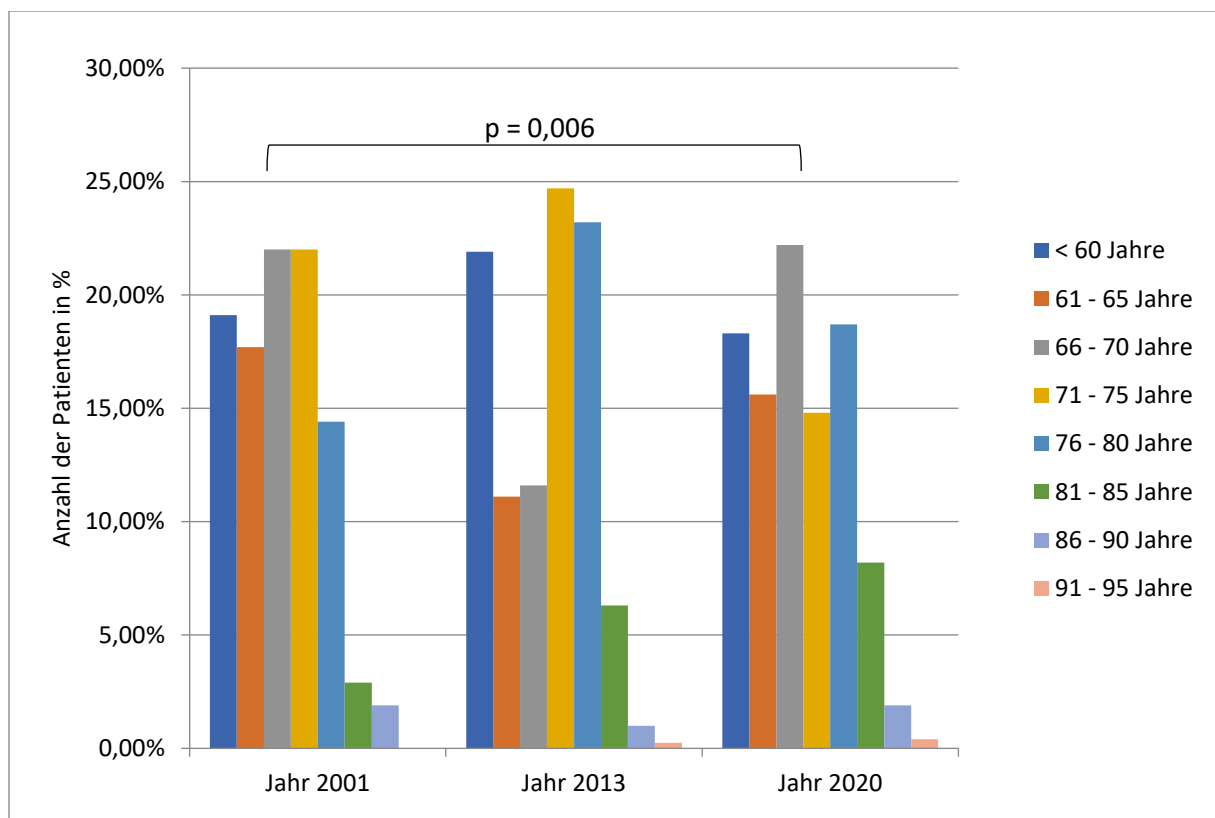


ABB. 4 DIE PROZENTUALE ALTERSVERTEILUNG

### 3.1.2 Geschlecht

Die Geschlechterverteilung zeigt im Untersuchungszeitraum einen deutlichen Anstieg des männlichen Anteils der Herzklappenpatienten auf 72,0 %. Demnach ist in den letzten 19 Jahren ein Rückgang weiblicher Patienten von 47,8 % im Jahr 2001 auf 28,0 % 2020 festzustellen. (Abb. 5, Tab. 12 im Anhang)

In den untersuchten Jahren zeigt der patientenabhängige Risikofaktor „Geschlecht“ statistisch signifikante Veränderungen. (siehe Tab. 42 im Anhang)

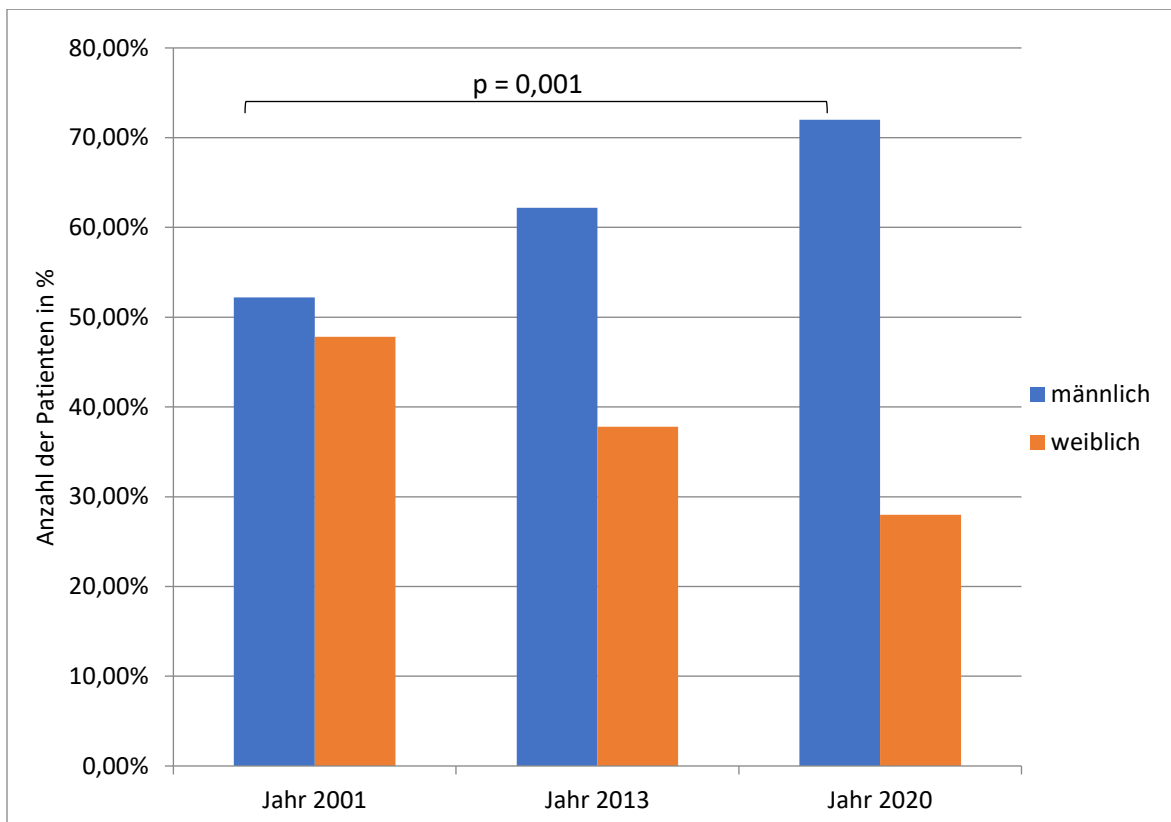


ABB. 5 PROZENTUALER VERGLEICH DER GESCHLECHTERVERTEILUNG

### 3.1.3 Chronische Lungenerkrankung

Im Untersuchungszeitraum ist ein steigender Anteil der zusätzlichen pulmonalen Erkrankungen bei Herzklappenpatienten nachzuweisen. Somit ist ein Anstieg um 6,5 % der pulmonal erkrankten Patienten zwischen den Jahren 2001 und 2020 angezeigt. (Abb. 6, Tab. 13 im Anhang)

Trotz Erhöhung besteht kein statistisch signifikantes Auftreten beim patientenabhängigen Risikofaktor „chronische Lungenerkrankungen“. (Tab. 42 im Anhang)

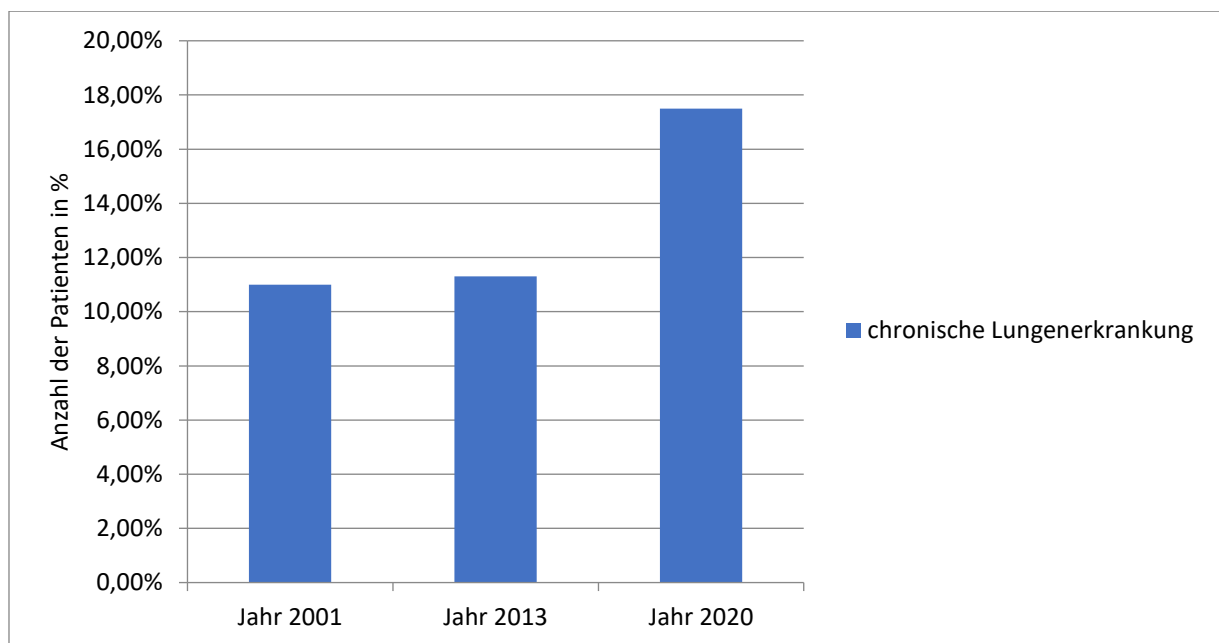


ABB. 6 HÄUFIGKEITSVORKOMMEN VON CHRONISCHEN LUNGENERKRANKUNGEN

### 3.1.4 Extrakardiale Arterienerkrankungen

Es ist im Untersuchungszeitraum bei den extrakardialen Arterienerkrankungen ein konstanter Anstieg zu verzeichnen. Im Jahre 2001 waren 14,8 % aller Patienten von einer zusätzlichen extrakardialen Arterienerkrankung betroffen, 2020 stieg die Zahl auf fast jeden dritten Patienten. (Abb. 7, Tab. 14 im Anhang)

Jedoch besteht eine statistisch signifikante Erhöhung für den patientenabhängigen Risikofaktor „extrakardiale Arterienerkrankungen“. (Tab. 42 im Anhang)

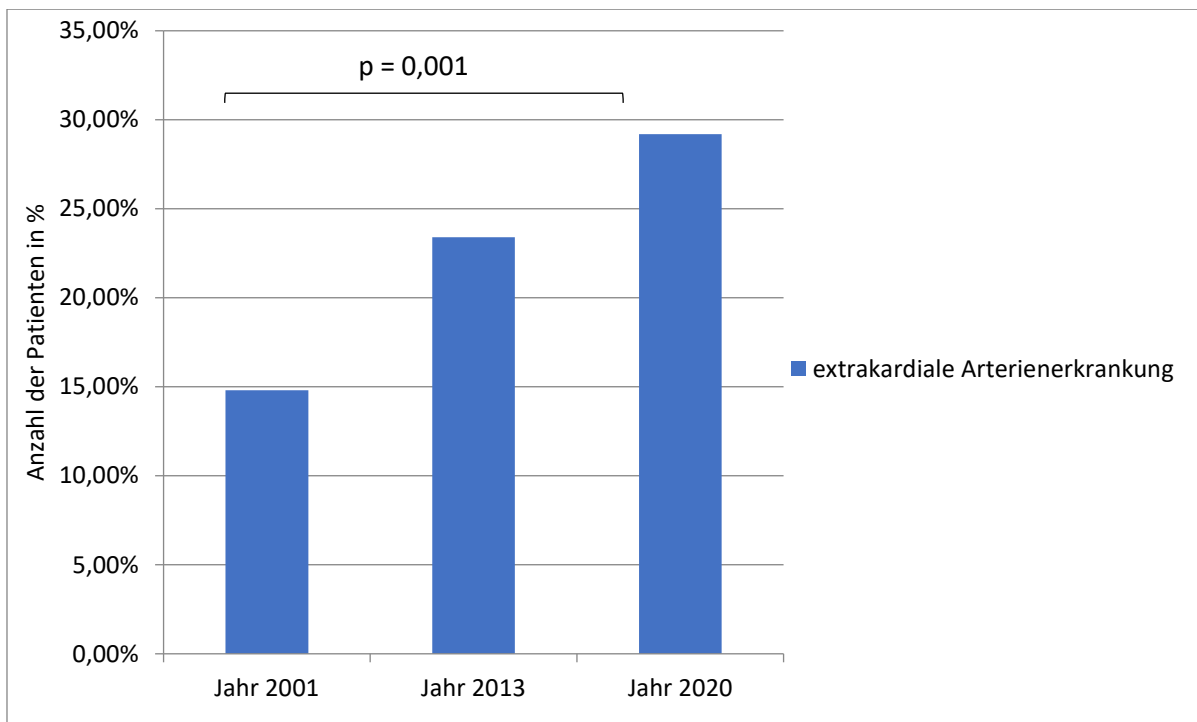


ABB. 7 PROZENTUALER VERGLEICH DER EXTRAKARDIALEN ARTERIENERKRANKUNGEN

### 3.1.5 Neurologische Funktionsstörungen

Die prozentuale Verteilung der neurologischen Funktionsstörungen ist unregelmäßig. 2001 hatten 8,6 % der operierten Patienten zusätzlich neurologische Ausfälle, 2013 waren es nur noch 5,3 % mit Defiziten des ZNS. 2020 war ein Anstieg auf 13,2 % zu verzeichnen. (Abb. 8, Tab. 15 im Anhang)

Es unterliegen statistisch signifikante Veränderungen für den patientenabhängigen Risikofaktor „neurologische Funktionsstörungen“ im Untersuchungszeitraum. (Tab. 42 im Anhang)

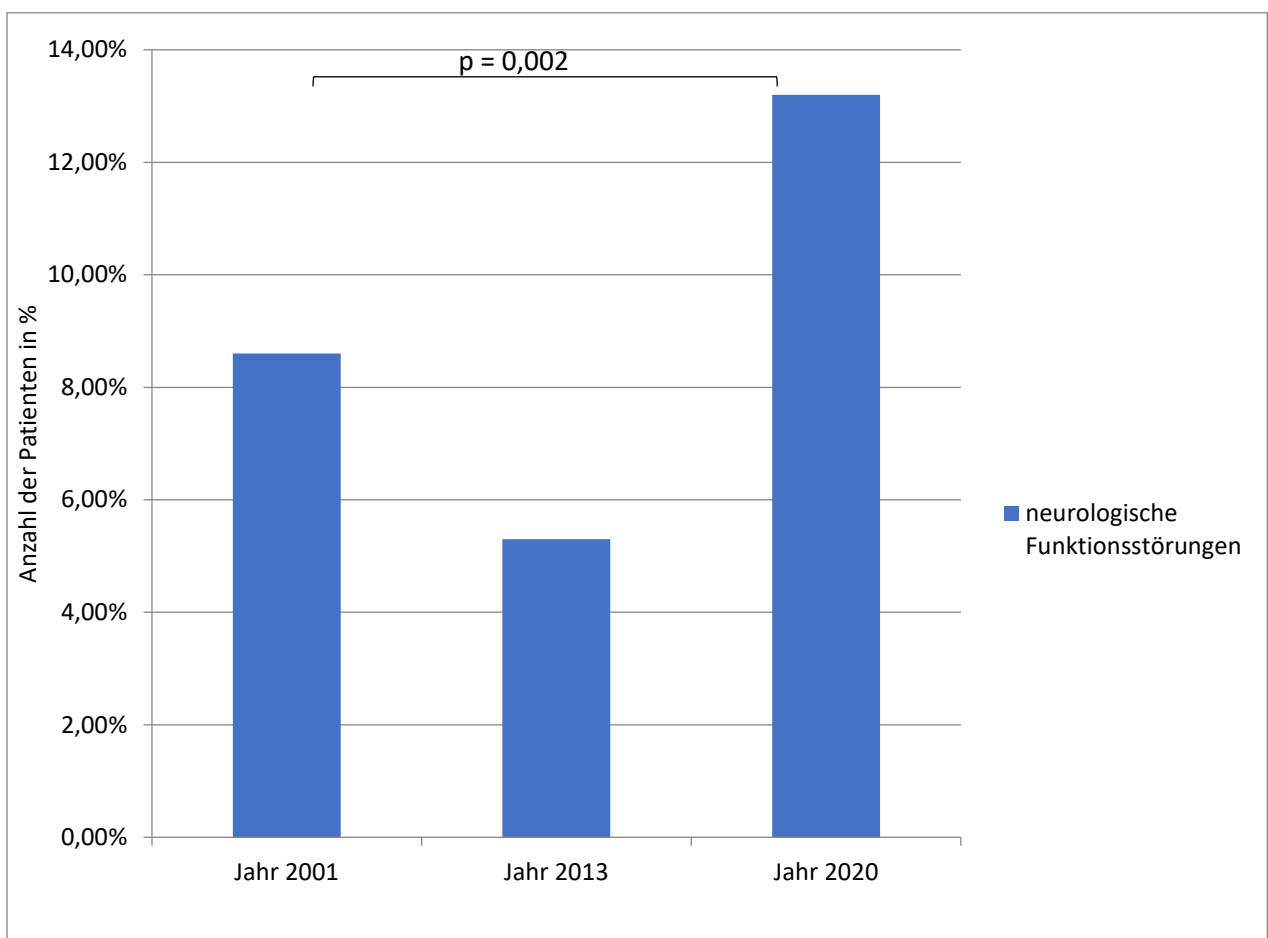


ABB. 8 PROZENTUALE VERTEILUNG DER NEUROLOGISCHEN FUNKTIONSSTÖRUNGEN

### 3.1.6 Vorausgegangene Herzoperationen

Im Untersuchungszeitraum gibt es einen deutlichen Anstieg der als Reoperation durchgeführten Herzoperationen. 2001 war es kein Patient, 2013 und 2020 waren es konstant 13,6 % aller Patienten, welche sich einem weiteren chirurgischen Eingriff am Herzen unterzogen haben. (Abb. 9, Tab. 16 im Anhang)

Die Statistische Auswertung zeigt eine signifikante Veränderung für den patientenabhängigen Risikofaktor „vorausgegangene Herzoperationen“ in den untersuchten Jahren. (Tab. 42 im Anhang)

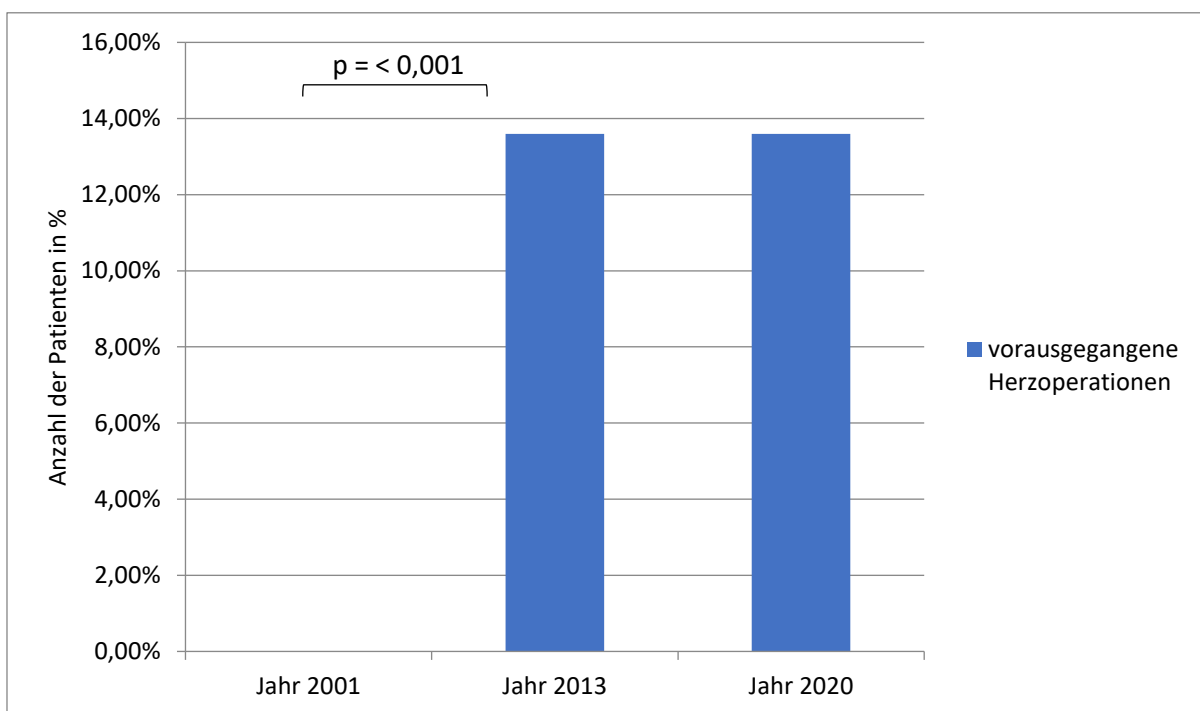


ABB. 9 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VORAUSGEGANGENER HERZOPERATIONEN

### 3.1.7 Serumkreatinin

Es liegt eine allgemein niedrige Verteilung des Risikofaktors „Serumkreatinin“ mit Werten über 200µmol/l vor, mit einer unregelmäßigen Tendenz im Untersuchungszeitraum. 2001 sind es 5,3 %, 2013 nur noch 3,3 % und 2020 sogar 8,2 % aller Patienten mit einer zusätzlichen Nierenfunktionsstörung. (Abb. 10, Tab. 17 im Anhang)

Der patientenabhängige Risikofaktor „Serumkreatinin“ zeigt statistisch signifikante Veränderungen in der Studie. (Tab. 42 im Anhang)

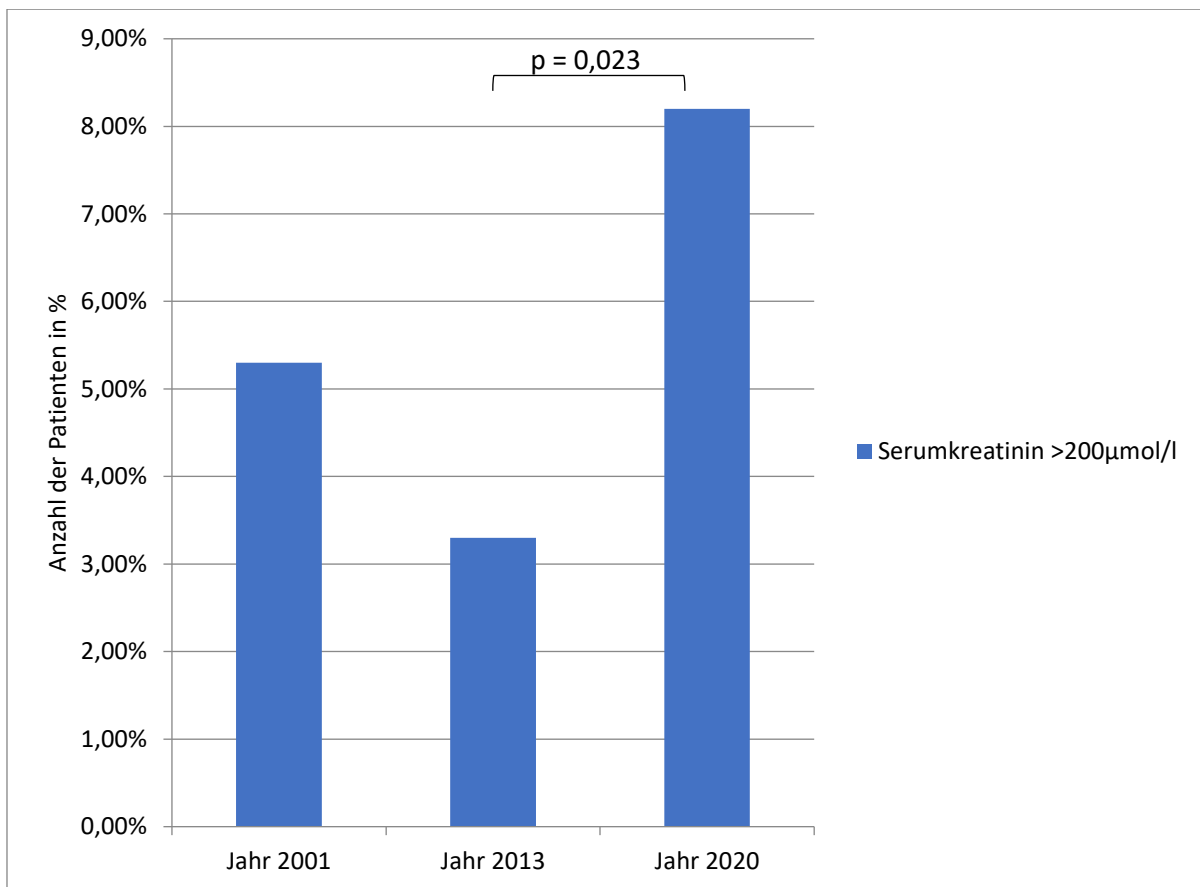


ABB. 10 PROZENTUALER VERGLEICH DER SERUMKREATININWERTE

### 3.1.8 Aktive Endokarditis

Es liegt ein deutlicher Anstieg der Patienten mit aktiver Endokarditis zum Operationszeitpunkt vor. Die Häufigkeit der entzündlichen Zusatzerkrankung verdoppelt sich von 2001 mit 6,2 % auf 12,5% im Jahr 2020 zu. (Abb. 11, Tab. 18 im Anhang)

Es zeigt sich ein zunehmendes, statistisch signifikantes Auftreten des patientenabhängigen Risikofaktors „aktive Endokarditis“ im Untersuchungszeitraum mit den Jahren. (Tab. 42 im Anhang)

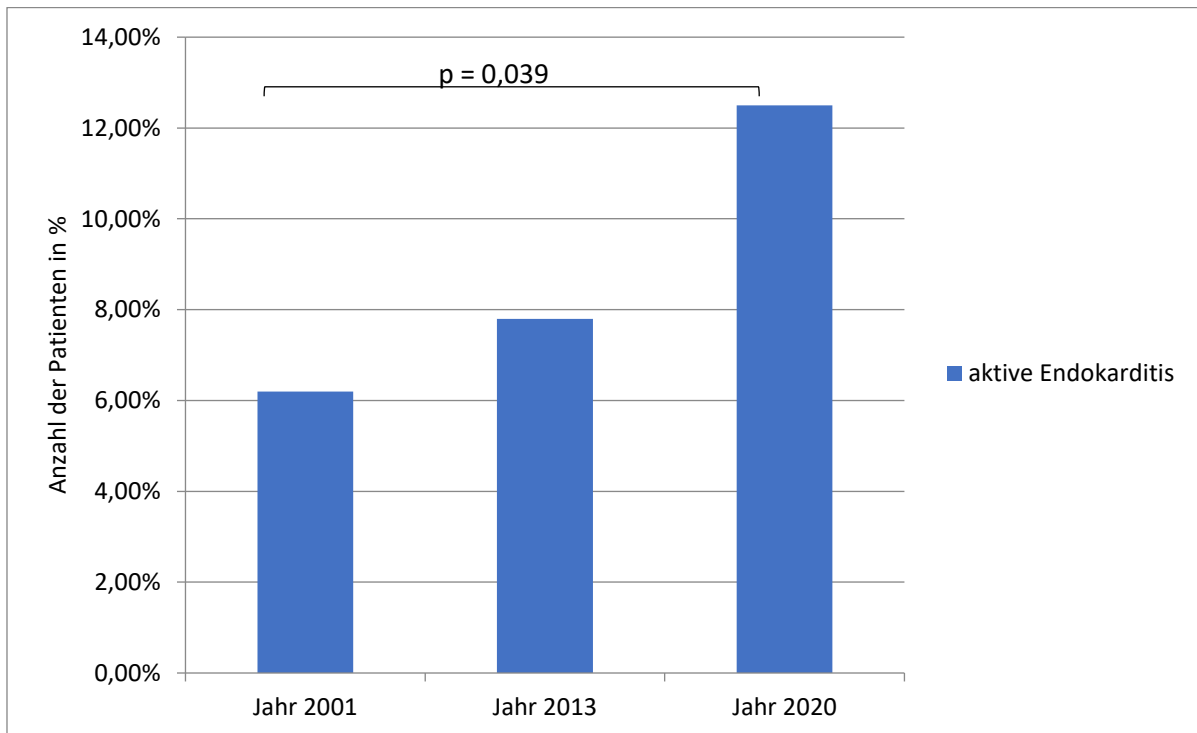


ABB. 11 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER AKTIVEN ENDOKARDITIS

### 3.1.9 Kritischer präoperativer Status

Die Auswertung der Patientendaten zeigt, dass der Anteil der Herzklappenpatienten mit kritischem präoperativem Status erheblich gesunken ist. 2001 sind es 17,7 %, 2020 fiel es, in der Covid19-Pandemie, auf 0,8 % in dieser Patientengruppe. (Abb. 12, Tab. 19 im Anhang) In den untersuchten Jahren liegt eine statistisch signifikante Verminderung für den patientenabhängigen Risikofaktor „kritisch präoperativer Status“ vor. (Tab. 42 im Anhang)

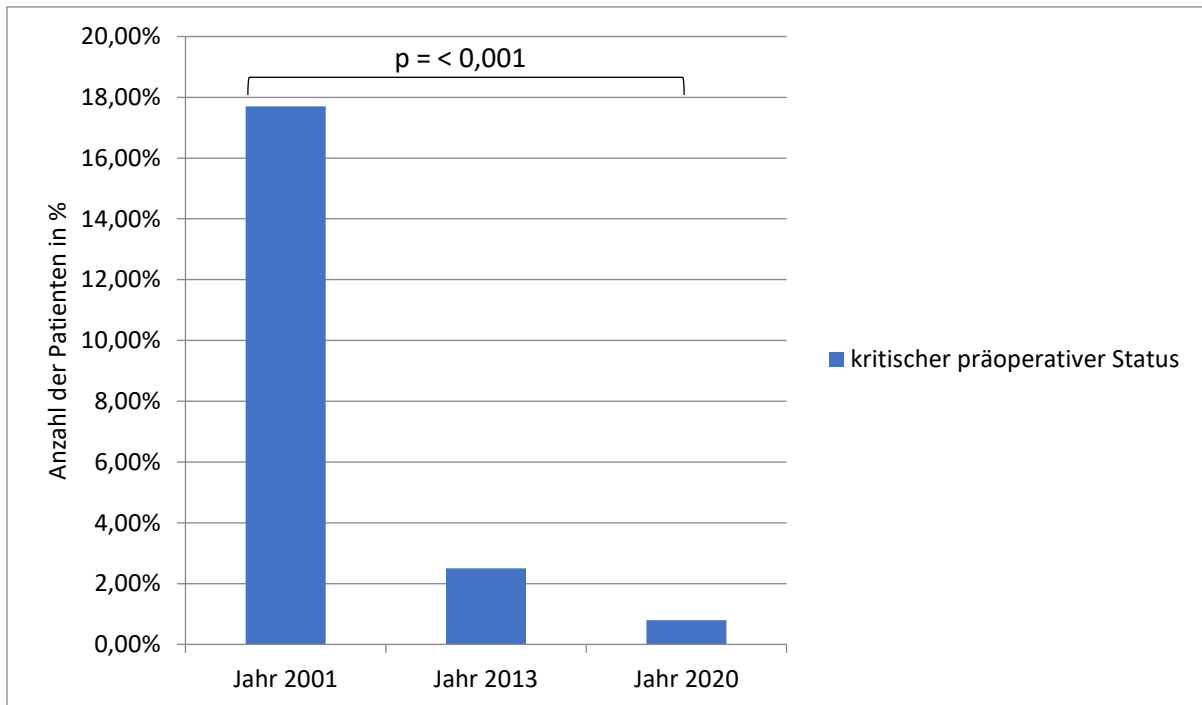


ABB. 12 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DES KRITISCH PRÄOPERATIVEN STATUS

### 3.1.10 Instabile Angina pectoris

Es zeigt sich ein Anstieg der Häufigkeit der instabilen Angina pectoris bei unserem Patientengut. 2001 traten die zusätzlichen Beschwerden bei 1,0 %, 2020 bei 6,2 % der Patienten mit bevorstehender Herzklappenoperation auf. Dies ist vor allem dem Anstieg der gleichzeitigen ACVB-Operationen in 2020 geschuldet. (Abb. 13, Tab. 20 im Anhang)

Beim kardialen Risikofaktor „instabile Angina pectoris“ bestand im Untersuchungszeitraum eine statistisch signifikante Veränderung. (Tab. 42 im Anhang)

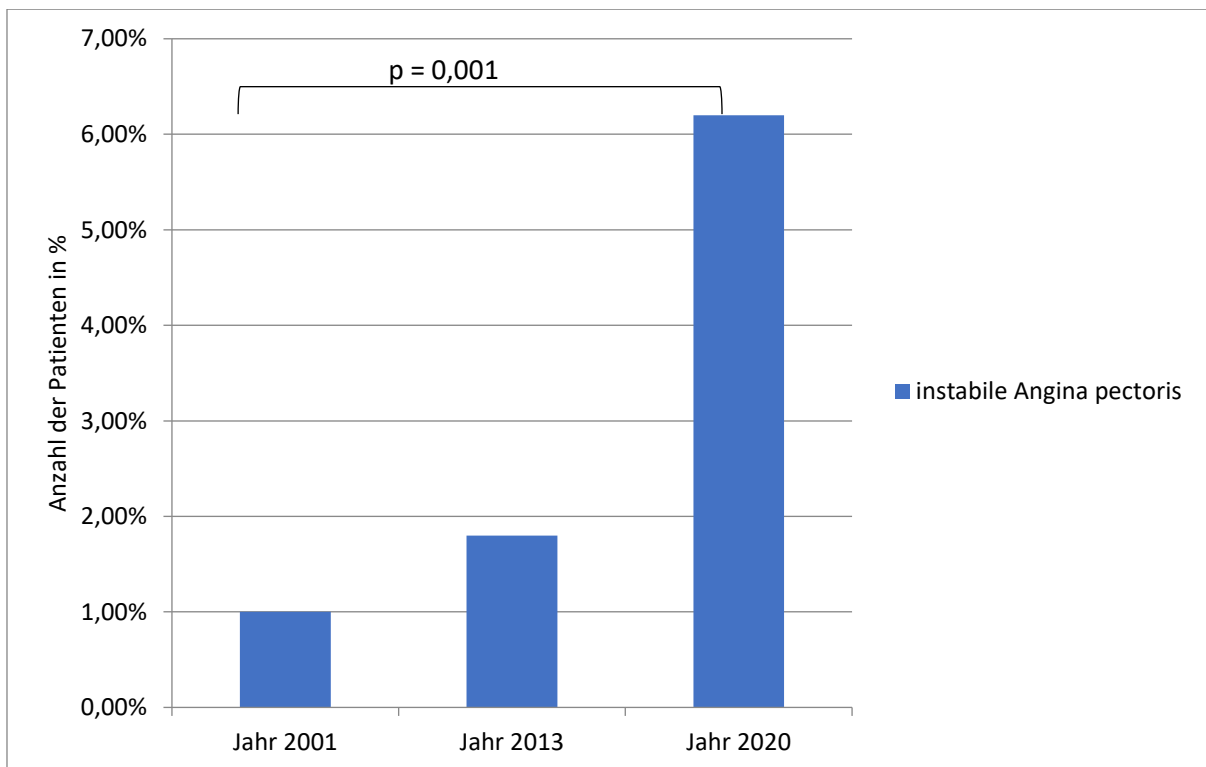


ABB. 13 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER INSTABILEN ANGINA PECTORIS

### 3.1.11 Linksventrikuläre Dysfunktion

Die prozentuale Verteilung der linkventrikulären Dysfunktionen ist über die Jahre unregelmäßig zu verzeichnen. Bei der Patientengruppe mit einer Auswurfleistung von 30 % - 50 % hat sich der Anteil initial mehr als verdoppelt mit 19,1 % auf 46,7 % im Jahr 2013 und ist 2020 auf 31,1 % gesunken.

Die Auswertung der Auswurfleistung unter 30 % zeigt ein stabil niedriges Vorkommen von 3,8 % über 9,8 % auf 4,3 % im untersuchten Zeitraum. (Abb. 14, Tab. 21 im Anhang)

Es liegen statistisch signifikante Steigerungen des kardialen Risikofaktors „linksventrikuläre Dysfunktion“ mit den Auswurfleistungen 30 % - 50 % und unter 30 % vor. (Tab. 42 im Anhang)

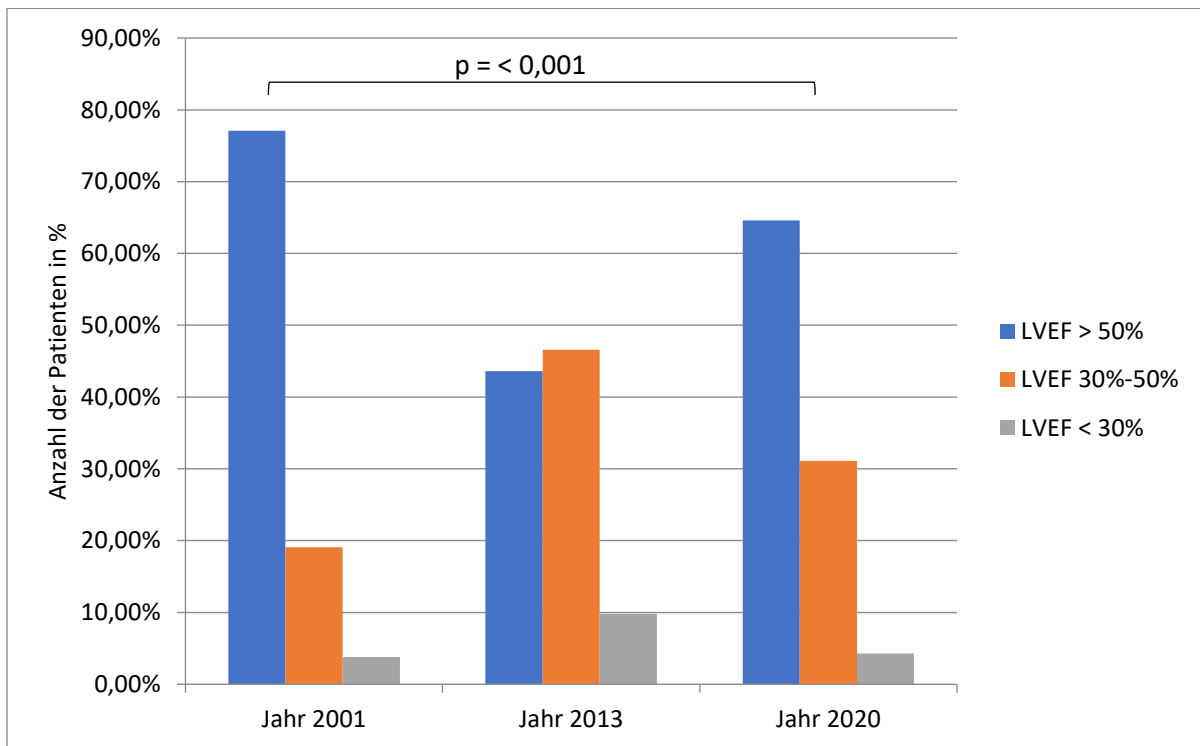


ABB. 14 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER LINKSVENTRIKULÄREN DYSFUNKTION

### 3.1.12 Myokardinfarkt

Die Auswertung der Jahre zeigt einen Anstieg des Vorkommens eines Myokardinfarktes innerhalb von drei Monaten vor einem chirurgischen Eingriff an den Herzklappen. Zwischen den Jahren 2001 mit 4,3 % und 2020 mit 10,5 % hat sich der Anteil eines präoperativen Myokardinfarktes bei unserem Patientengut mehr als verdoppelt. (Abb. 15, Tab. 22 im Anhang) Die statistische Auswertung des kardialen Risikofaktors „Myokardinfarkt“ zeigt eine signifikante Veränderung im untersuchten Zeitraum. (Tab. 42 im Anhang)

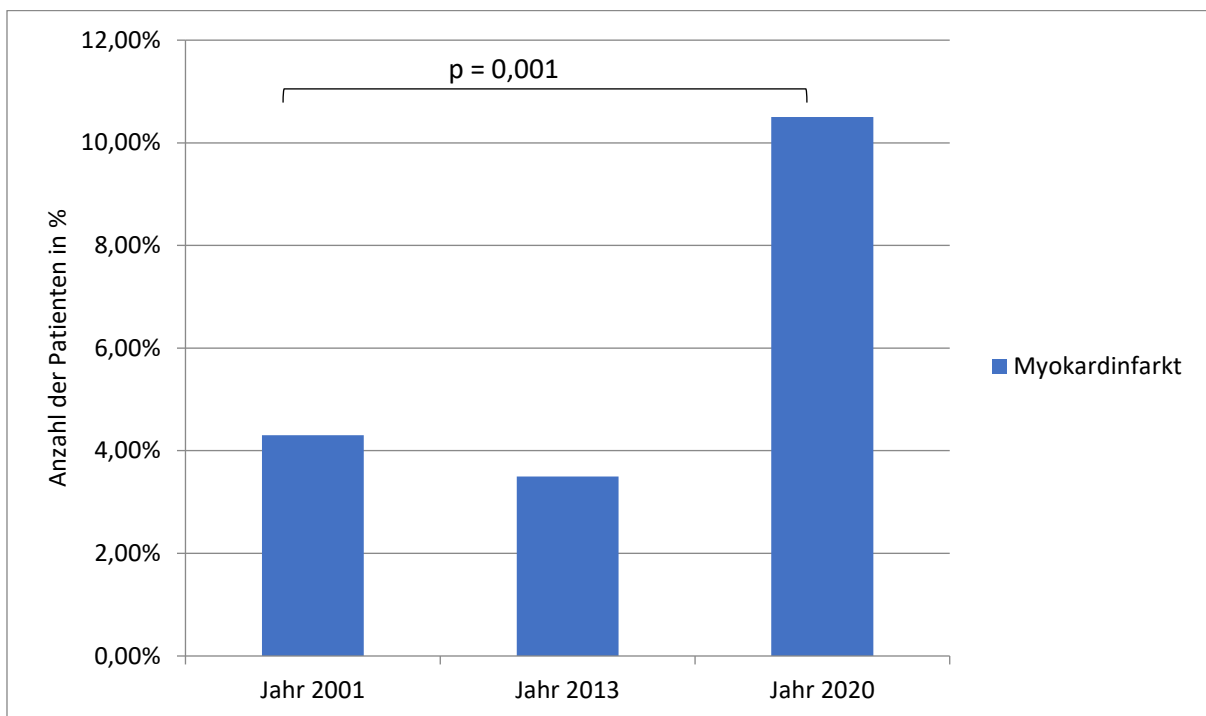


ABB. 15 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON MYOKARDINFARKTEN

### 3.1.13 Pulmonale Hypertonie

Es lässt sich eine zwischenzeitliche Zunahme des pulmonalen Hochdrucks als zusätzliches Risiko bei unserem Patientengut, im beobachteten Zeitraum feststellen. Im Jahr 2001 betrug der Anteil der Betroffenen lediglich 1,4 %. 2013 stieg der Anteil um den Faktor 30 auf 42,3 % und sank 2020 auf 4,7 %. (Abb. 16, Tab. 23 im Anhang)

Bei dem kardialen Risikofaktor „pulmonaler Hochdruck“ lässt sich in der untersuchten Studie eine statistisch signifikante Erhöhung nachweisen. (Tab. 42 im Anhang)

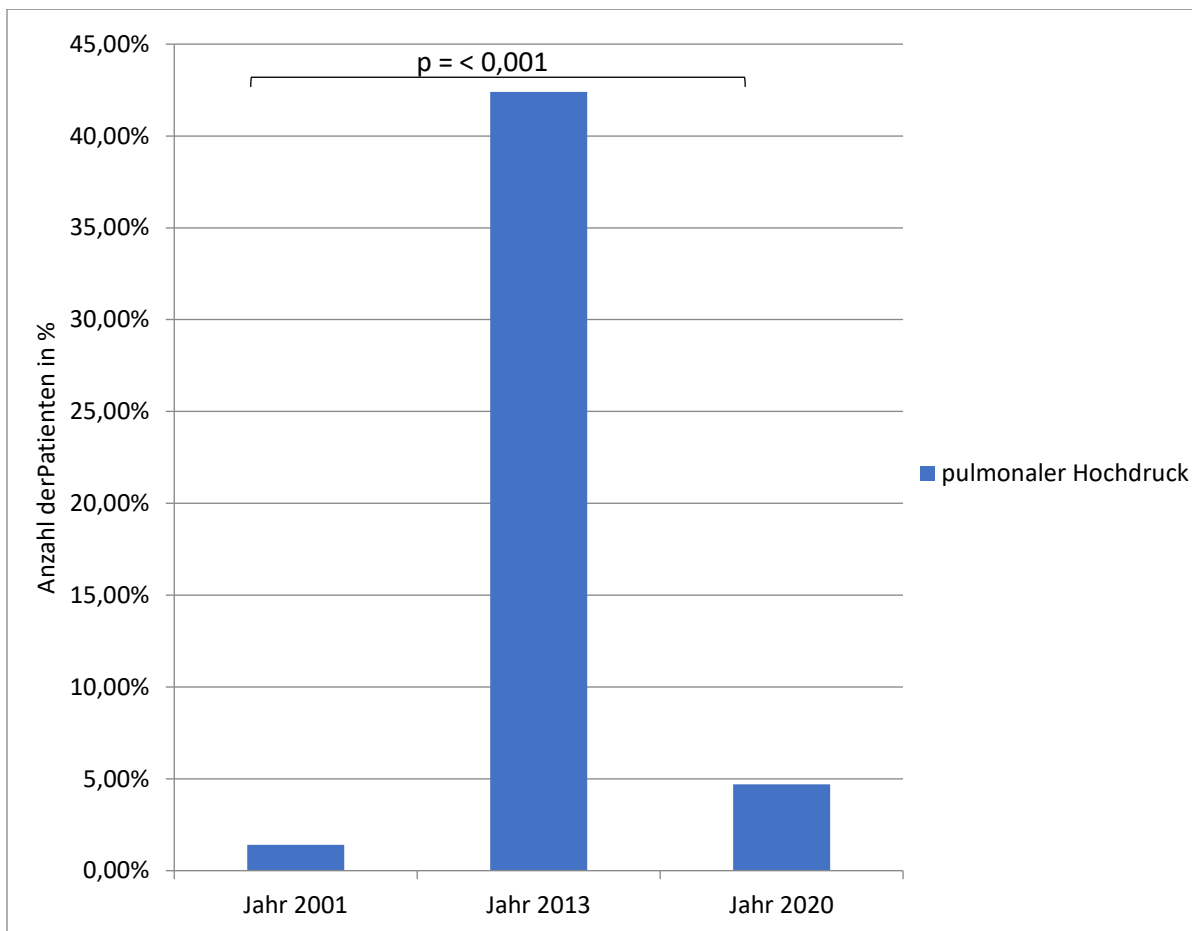


ABB. 16 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DES PULMONALEN HOCHDRUCKS

### 3.1.14 Notfallereignisse

Es zeigt sich ein insgesamt niedriges Vorkommen von Notfällen unter den Herzklappenpatienten ist im Untersuchungszeitraum. 2001 waren 2,4% und 2020 waren 1,9% der Patienten notfallmäßig operiert. Im Jahr 2013 hat sich der Anteil der Betroffenen zwischenzeitlich auf 5,0% verdoppelt. (Abb. 17, Tab. 24 im Anhang)

Es liegen keine statistisch signifikanten Veränderungen für den operationsbedingten Risikofaktor „Notfallereignisse“ in den untersuchten Jahren vor. (Tab. 42 im Anhang)

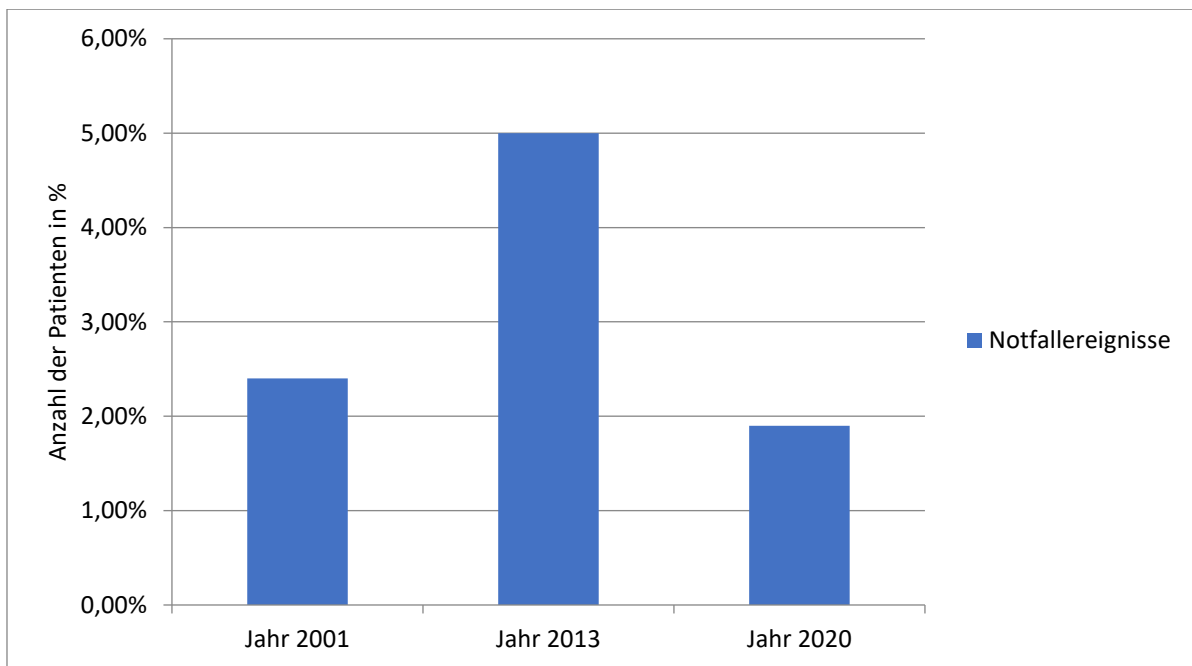


ABB. 17 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER NOTFALLEREIGNISSE

### 3.1.15 Andere kardiale Eingriffe

Die Auswertung der Patientendaten zeigt, dass der Anteil der anderen kardialen Eingriffe außer simultaner Bypasseingriffe, welche in Zusammenhang mit dem Herzklappeneingriffen stehen, im Untersuchungszeitraum gestiegen ist. 2001 liegt der Anteil der Betroffenen bei 11,5 %. 2013 hat sich das Vorkommen mit 41,6 % und 2020 mit 37,7 % fast vervierfacht. (Abb. 18, Tab. 25 im Anhang)

Es lässt sich im untersuchten Zeitraum ein statistisch signifikant erhöhtes Vorkommen für den operationsbedingten Risikofaktor „andere kardiale Eingriffe“ ermitteln. (Tab. 42 im Anhang)

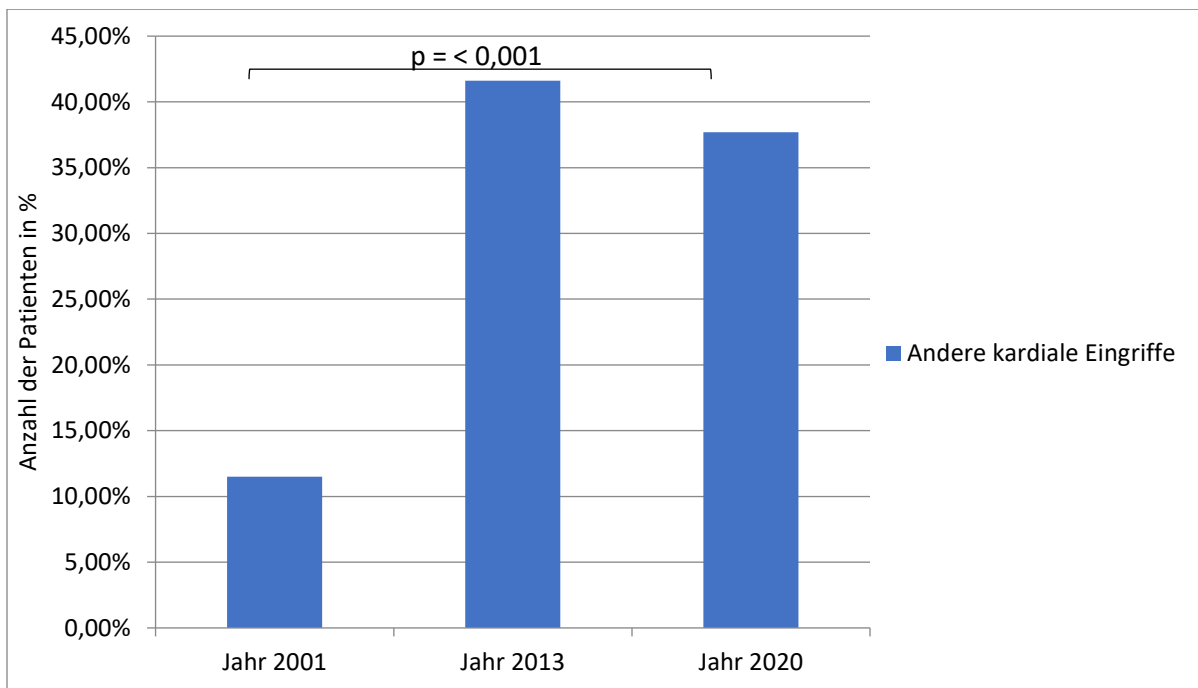


ABB.18 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT ANDERER KARDIALER EINGRIFFE

Folgende kardiale Eingriffe werden simultan zur Herzklappenoperation durchgeführt:

- Herzohrklusionen
- Thrombektomien
- Partielle Entkalkung (z. B. des Mitralsegels, der Vorhofwand, des Aortenklappenringes)
- Abszesshöhlenräumung und operativer Verschluss
- Vorhofseptumverschluss
- Intrakardiale Verletzungen
- Muskelresektionen / Eingriffe an den Chordae tendineae
- Ablationen

Abbildung 19 zeigt die prozentuale Häufigkeit der kardialen Zusatzeingriffe im Untersuchungszeitraum. Die Herzokklusion zeigt einen steigenden Anteil von 66,7 % in 2013 auf 86,7 % in 2020 aller zusätzlichen kardialen Eingriffe. Der zusätzliche Eingriff Ablation nimmt auch zu. Es finden sich 2001 keinem Herzklappenpatienten mit Ablation, in 2020 sind es fast ein Drittel. (Abb. 19, Tab. 26 im Anhang)

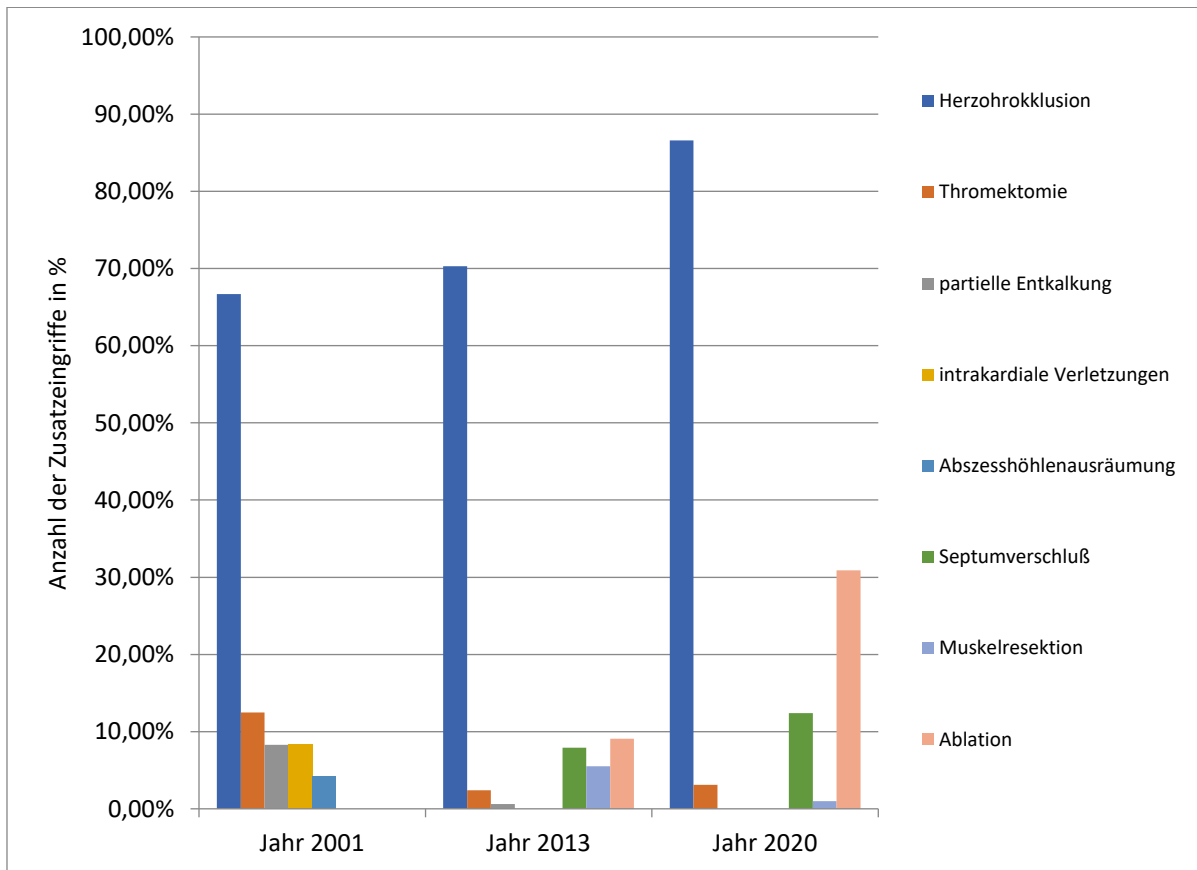


ABB. 19 PROZENTUALE VERTEILUNG DER KARDIALEN ZUSATZEINGRIFFE

### 3.1.15.1 Kardialer Zusatzeingriff – Herzohroklusion

Es liegt ein deutlicher Anstieg der Patienten mit Herzohroklusionen zum Operationszeitpunkt vor. Die Häufigkeit der Zusatzeingriffe nimmt von 2001 mit 7,7 % auf 29,2 % in 2013 sowie 32,7% in 2020 aller Patienten zu. (Abb. 20, Tab. 28 im Anhang)

Es zeigt sich ein erhöht statistisch signifikantes Auftreten des kardialen Zusatzeingriffes „Herzohroklusion“ im Untersuchungszeitraum. (Tab. 41 im Anhang)

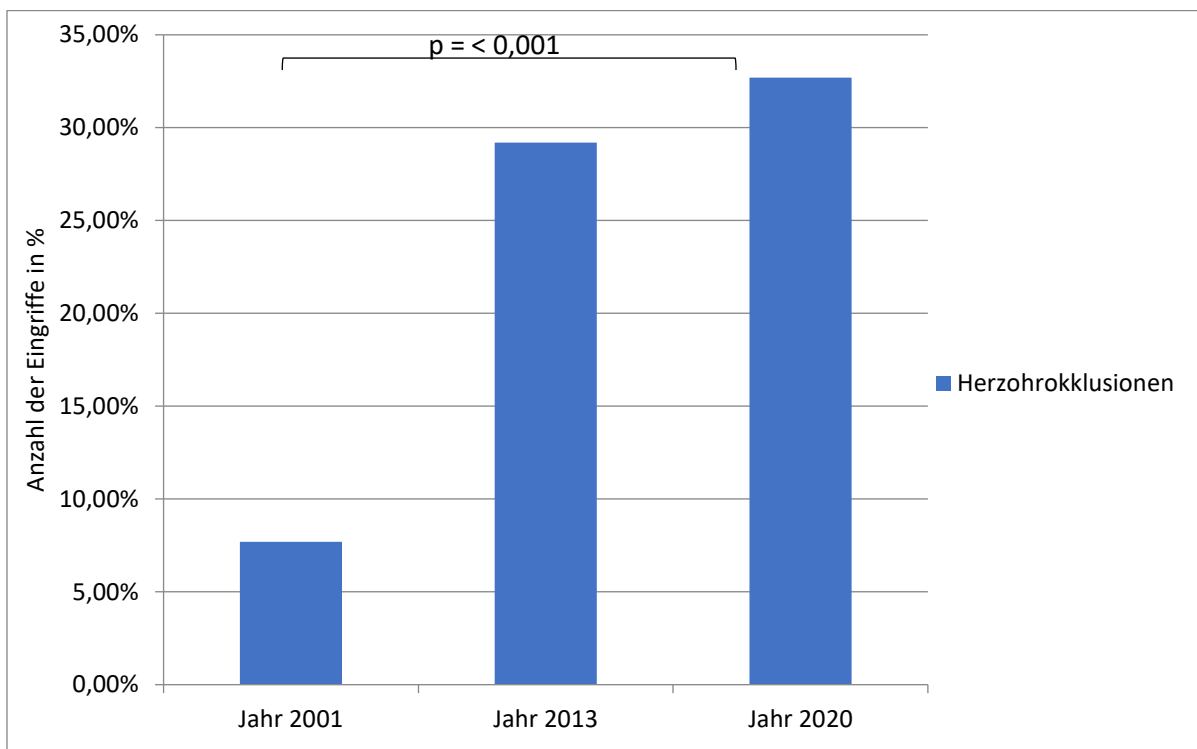


ABB. 20 PROZENTUALE VERTEILUNG DES ZUSATZEINGRIFFES HERZOHROKLUSION

### 3.1.15.2 Kardialer Zusatzeingriff – Ablation

Der chirurgische Zusatzeingriff „Ablation“ tritt im Jahr 2001 bei keinem einzigen Fall auf. 2013 tritt lediglich bei 3,8 % aller Patienten der Zusatzeingriff auf. 2020 steigt die Gesamtzahl aller Patienten mit zusätzlicher Ablation auf 11,7%. (Abb. 21, Tab. 28 im Anhang)

Die ermittelten Daten der operierten Patienten sind statistisch signifikant verändert. (Tab. 42 im Anhang)

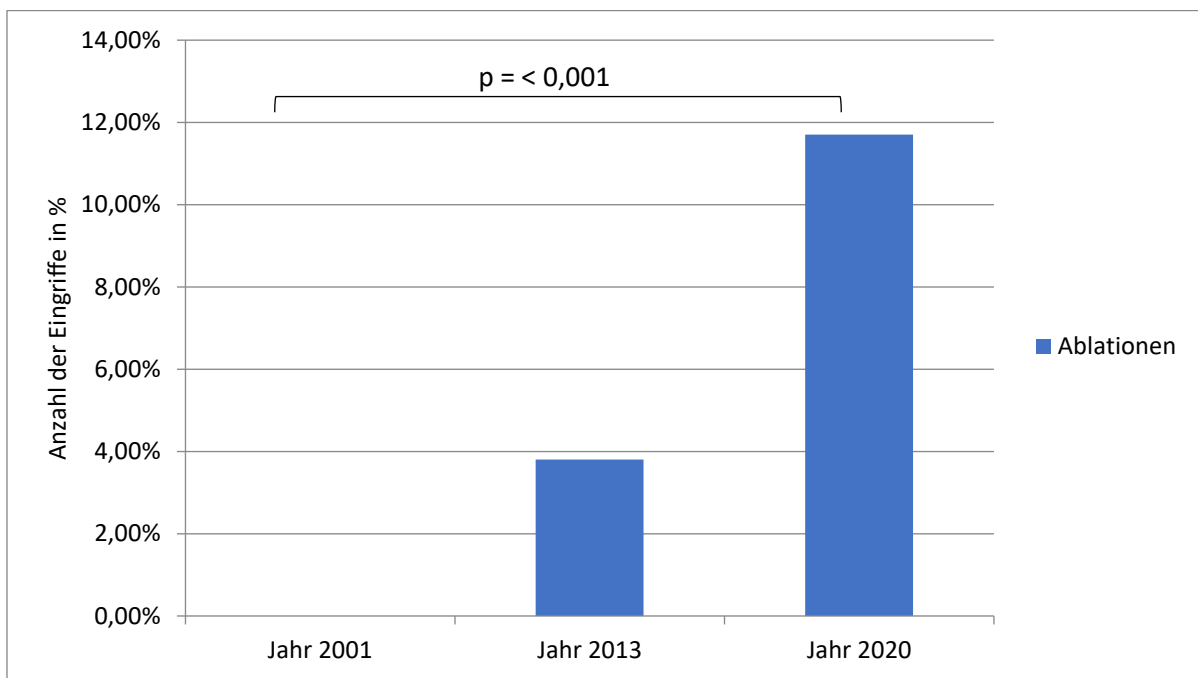


ABB. 21 PROZENTUALE VERTEILUNG DES ZUSATZEINGRIFFES ABLATION

### 3.1.16 Chirurgische Eingriffe an der thorakalen Aorta

Die prozentuale Häufigkeit des Auftretens „chirurgische Eingriffe an der thorakalen Aorta“ ist gestiegen. 2001 war keiner der operierten Herzklappenpatienten betroffen, 2013 waren es 9,1 % in 2013 und weiter steigend auf 13,6 % in 2020. (Abb. 22, Tab. 27 im Anhang)

Der operationsbedingte Risikofaktor „chirurgische Eingriffe an der thorakalen Aorta“ erweist sich in dieser Studie als statistisch signifikant erhöht. (Tab. 42 im Anhang)

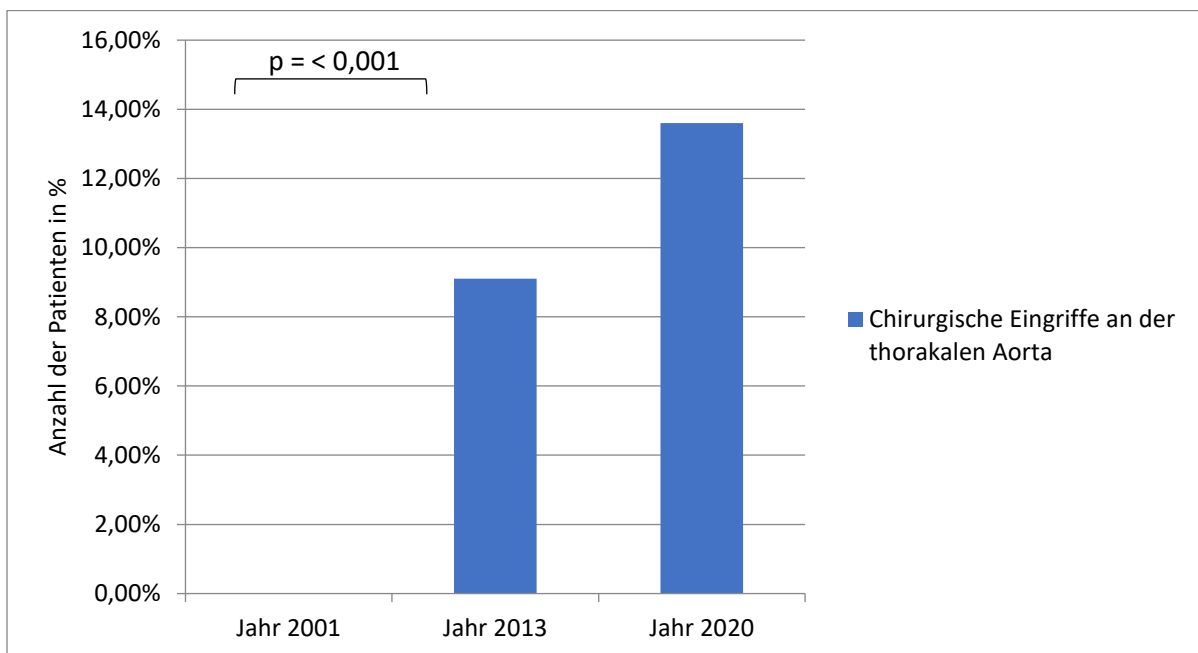


ABB. 22 VERTEILUNG DER CHIRURGISCHEN EINGRIFFE AN DER THORAKALEN AORTA

### 3.1.17 Herzscheidewandruptur nach Myokardinfarkt

Die prozentuale Häufigkeit des Risikofaktors „Herzseptumruptur nach Myokardinfarkt“ ist in der untersuchten Studie als statistisch nicht signifikant zu beurteilen, da 2001 und 2013 kein einziger Fall auftrat und 2020 lediglich 1 Fall (0,4 %). Ursächlich dafür ist am ehesten, dass das untersuchte Patientenkollektiv hauptsächlich an der Herzklappe erkrankt ist und nicht primär an der koronaren Herzkrankheit (Tab. 42 im Anhang)

### 3.1.18 Zusammenfassung mit Risikoverteilung

Durch die Auswertung der erfassten Patientendaten mit ihren Risikofaktoren resultiert die anschließende Risikoverteilung.

Der Anteil der Patientengruppe mit niedrigem Risiko zeigt das geringste Vorkommen. 2001 waren es 19,6 % aller Patienten. 2013 hat sich die Anzahl mit 7,8 % mehr als halbiert. 2020 stieg sie erneut auf 16,7%. Die prozentuale Häufigkeit der mittleren Risikogruppe nimmt leicht ab. Dabei errechnet der EuroSCORE für das Jahr 2001 44,0 % der Herzklappenpatienten. 2013 fällt der Anteil auf 28,0 % und 2020 auf 35,0 %. Die Anzahl der Patienten mit dem höchsten Risiko ist folglich angestiegen. 2001 waren es 36,4 %, 2013 sind es mit 64,2 % fast zwei Drittel und 2020 mit 48,2 % fast die Hälfte der untersuchten Patienten.

Die Studie errechnet für das Jahr 2001 die Patientengruppe mit dem mittleren Risiko als am stärksten vertreten, wobei dicht gefolgt von der höchsten Risikogruppe. Dieser Anteil bildet später in den Jahren 2013 und 2020 die deutliche Mehrheit. (Abb. 23, Tab. 28 im Anhang)

In den untersuchten Jahren lässt sich eine Steigerung des individuellen Risikos der Herzklappenpatienten als statistisch signifikant erhöht nachweisen. (Tab. 42 im Anhang)

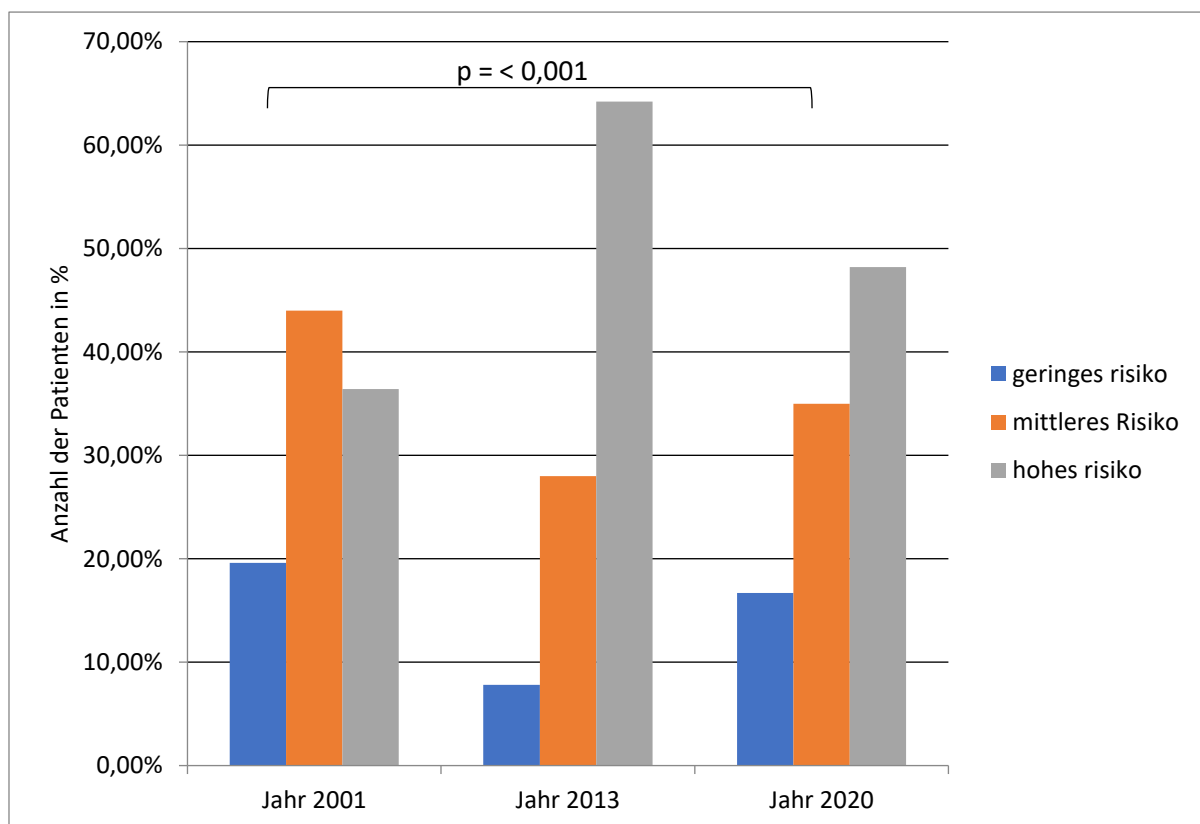


ABB. 23 HÄUFIGKEITSVERTEILUNG DER PATIENTEN AUF DIE VERSCHIEDENEN RISIKOGRUPPEN

## 3.2 Ergebnisse der postoperativen Komplikationen

### 3.2.1 Perioperativer Myokardinfarkt

Im Untersuchungszeitraum ist ein Rückgang des Myokardinfarktes, als postoperative Komplikation, angezeigt. Das geringe Vorkommen von 2,9 % im Jahr 2001 sinkt weiter auf jeweils einen Fall in den Jahren 2013 und 2020. (Abb. 24, Tab. 29 im Anhang)

Die Abnahme der postoperativen Komplikation „perioperativer Myokardinfarkt, zeigt sich in der Studie als statistisch signifikant. (Tab. 42 im Anhang)

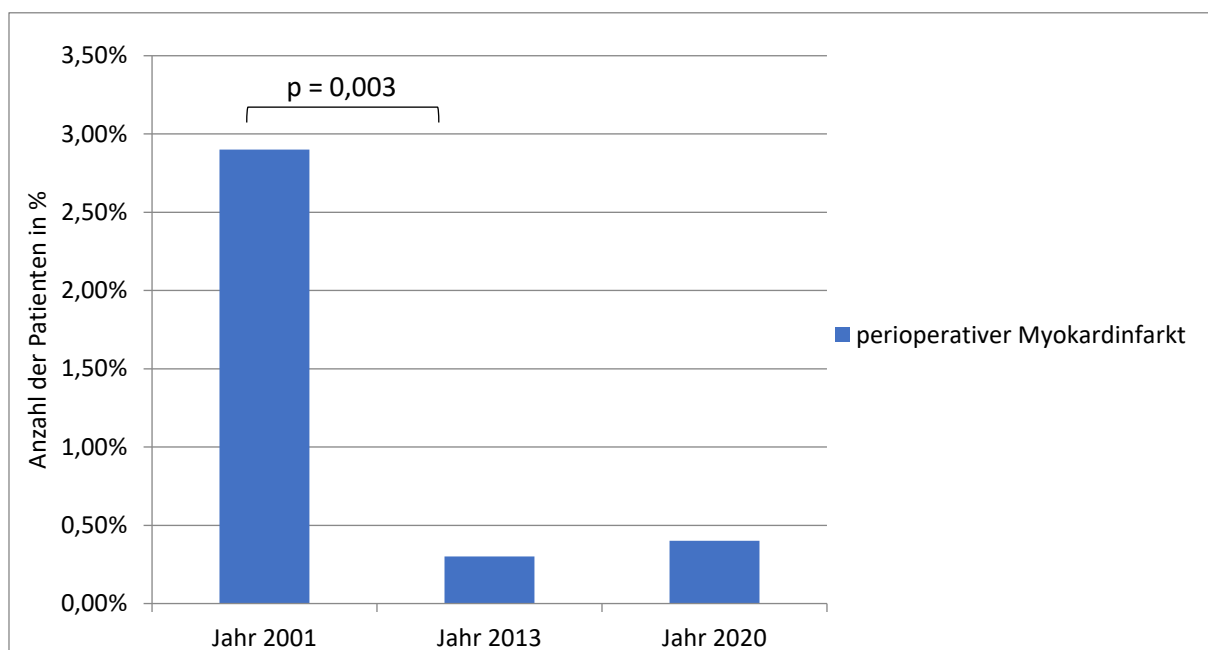


ABB. 24 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON PERIOPERATIVEN MYOKARDINFARKTEN

### 3.2.2 Kardiale Komplikationen

Unter den angezeigten postoperativen Komplikationen hebt sich die postoperative Herzinsuffizienz deutlich hervor. Noch 2001 mit einem geringen Vorkommen von 2,4 % der untersuchten Patienten, steigt der Anteil 2013 auf 14,1 % sowie 6,6 % in 2020.

Zudem zeigt sich ein starker Anstieg der Komplikation Pleura-/ Perikarderguss im Jahr 2020. Andere kardiale Komplikationen, wie die Hämatom, sind im Jahr 2001 mit keinem Fall vertreten und zeigen in den Folgejahren nur ein geringes Vorkommen mit 0,25 % - 3,5 %.

(Abb. 25, Tab. 30 im Anhang)

Es besteht eine statistisch signifikante Veränderung für die postoperative Komplikation „Herzinsuffizienz“ und „Pleura-/ Perikarderguss“ im Untersuchungszeitraum.

Die anderen postoperativen Komplikationen stellen sich nicht als statistisch signifikant erhöht dar. (Tab. 42 im Anhang)

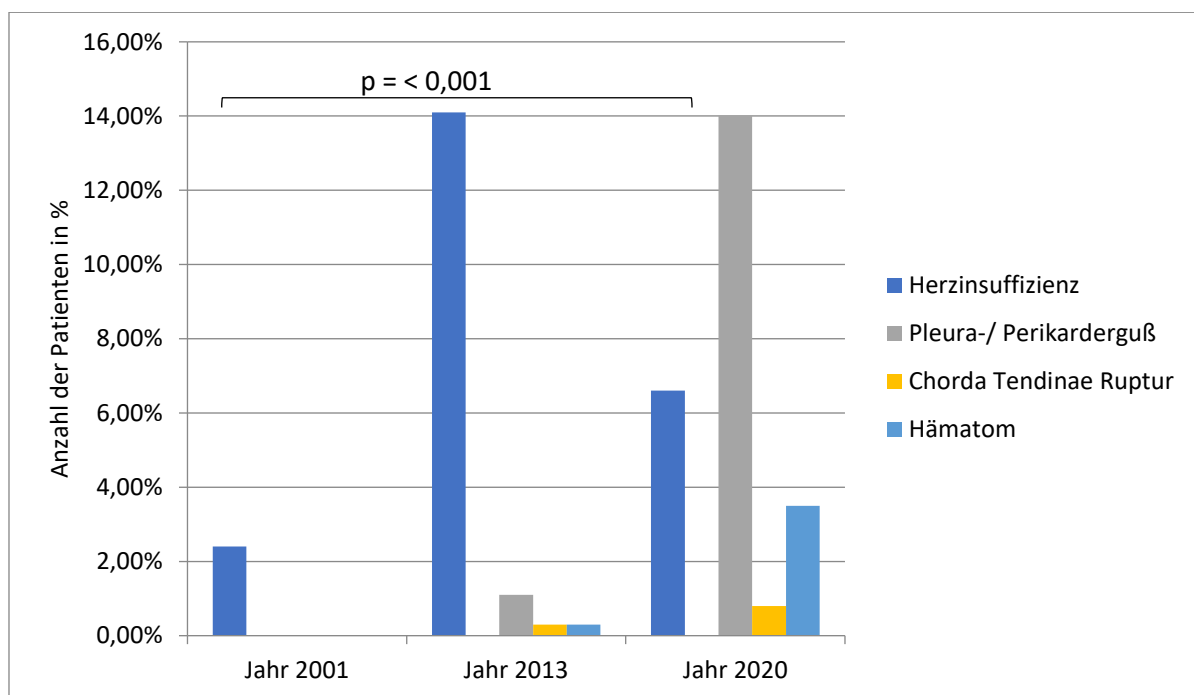


ABB. 25 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER VERSCHIEDENEN KARDIALEN KOMPLIKATIONEN

### 3.2.3 Herzrhythmusstörungen

Die Anzahl der Herzklappenpatienten mit der postoperativen Komplikation „Herzrhythmusstörungen“ vermindert sich im untersuchten Zeitraum. Der Anteil vom Jahr 2001 mit 46,6 % sinkt auf 25,9 % im Jahr 2013 und bleibt konstant bei 27,6 % in 2020. Dabei liegt der Anteil des postoperativen Vorhofflimmerns, bezüglich aller Herzrhythmusstörungen, bei 82,5 % in 2013 und 47,9 % in 2020. (Abb. 26, Tab. 31 im Anhang)

Das Auftreten der postoperativen Komplikation „Herzrhythmusstörungen“ hat sich in der untersuchten Studie statistisch signifikant verringert. (Tab. 42 im Anhang)

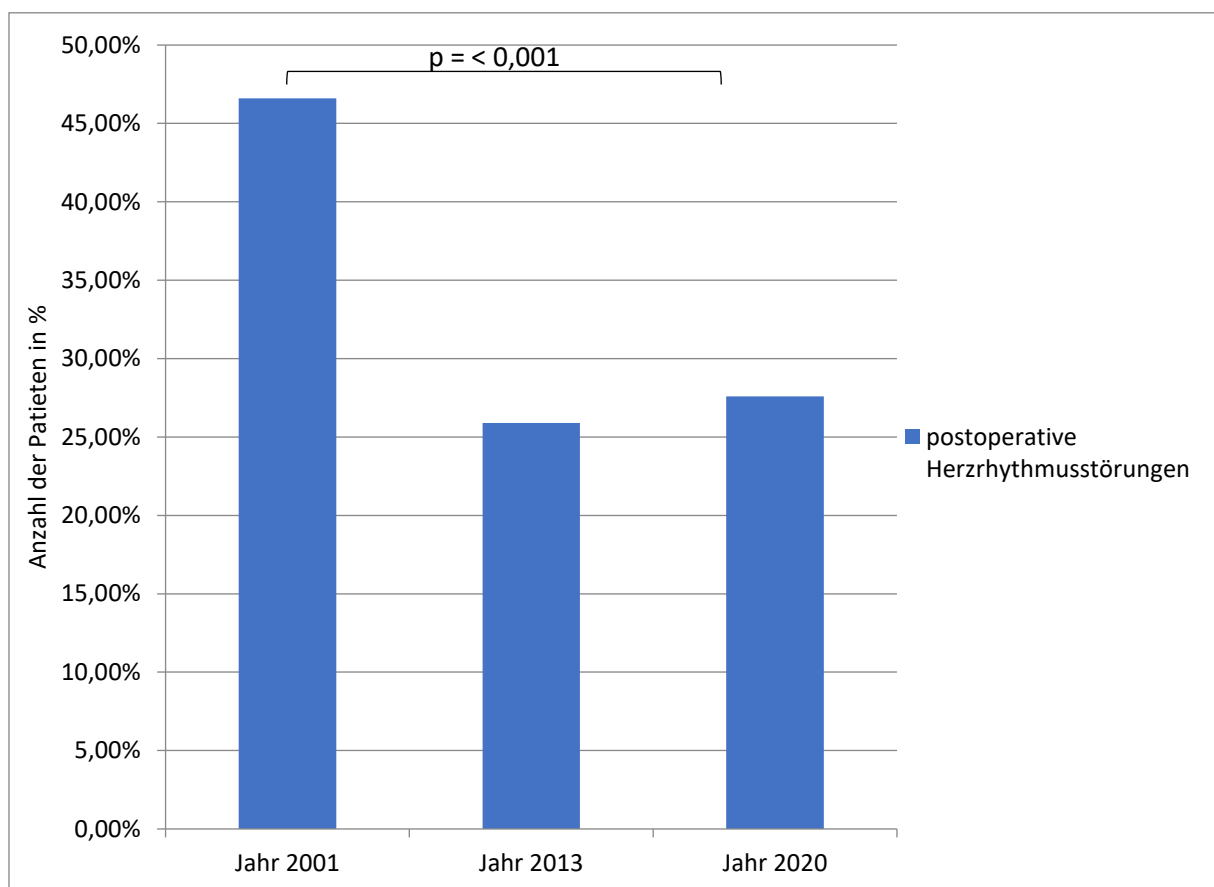


ABB. 26 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER POSTOPERATIVEN HERZRHYTHMUSSTÖRUNGEN

### 3.2.4 Niereninsuffizienz

Bei Betrachtung der Verteilung der postoperativen Niereninsuffizienz lässt sich einen initialen Rückgang mit anschließendem Anstieg feststellen. 2001 waren es 8,1 % aller Patienten. Das Vorkommen halbierte sich fast auf 4,3 % im Jahr 2013 bis es sich 2020 mit 15,2 % fast verdoppelte. (Abb. 27, Tab. 32 im Anhang)

Bei der postoperativen Komplikation „Niereninsuffizienz“ zeigt sich eine statistisch signifikante Verschiebung. (Tab. 42 im Anhang)

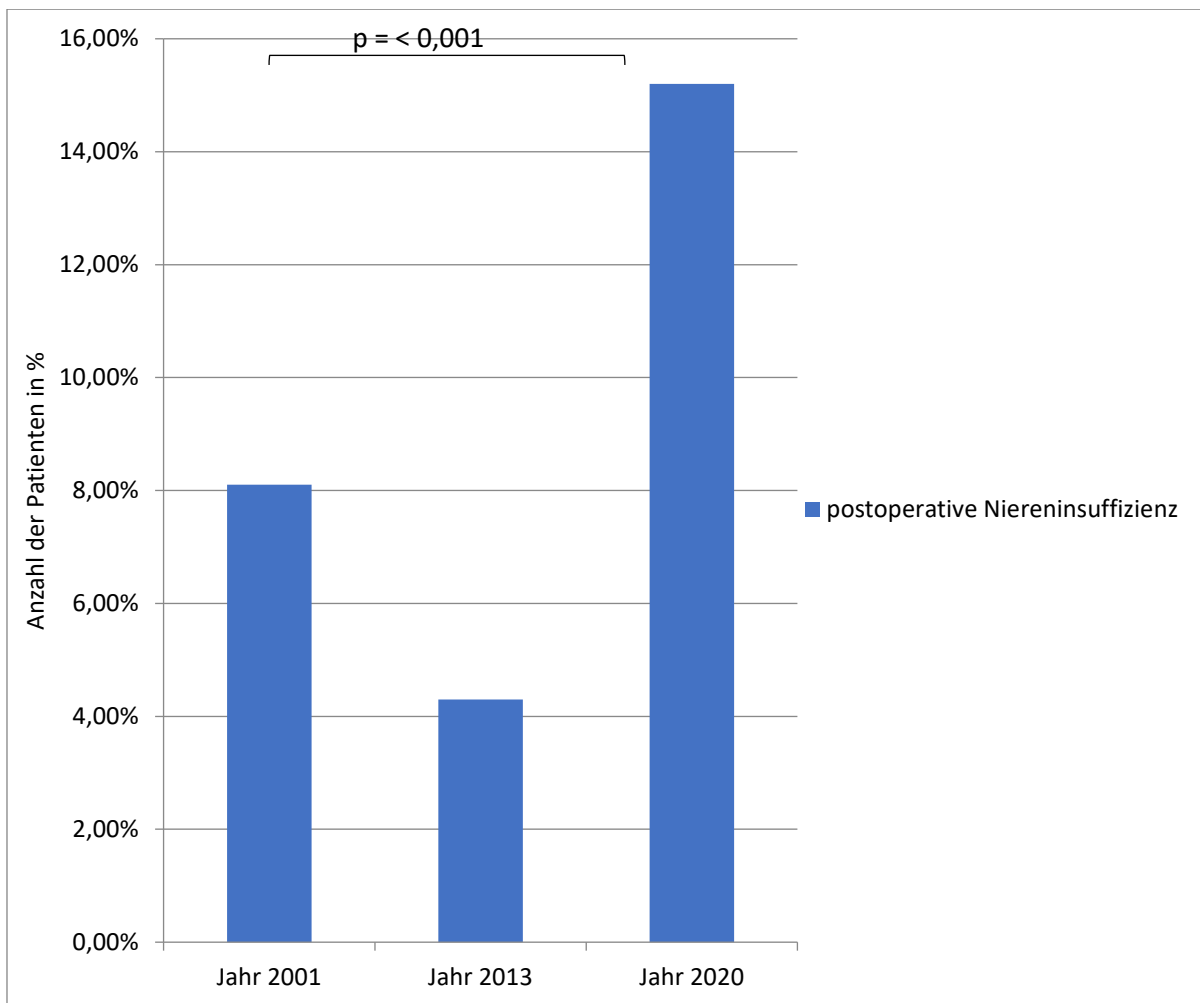


ABB. 27 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER POSTOPERATIVEN NIERENINSUFFIZIENZ

### 3.2.5 Reanimationsfälle

Das Vorkommen der reanimationspflichtigen Herzklappenpatienten ist im Untersuchungszeitraum sehr gering. So ist 2001 bei 1,9 % der Patienten eine Wiederbelebung notwendig. Im Jahr 2013 sinkt die Anzahl auf nur 1 %, verdreifacht sich jedoch in 2020 auf 3,5 %. (Abb. 28, Tab. 33 im Anhang)

Bei der vorliegenden Studie hat sich das Auftreten der postoperativen Komplikation „Reanimationsfälle“ nicht statistisch signifikant verändert. (Tab. 42 im Anhang)

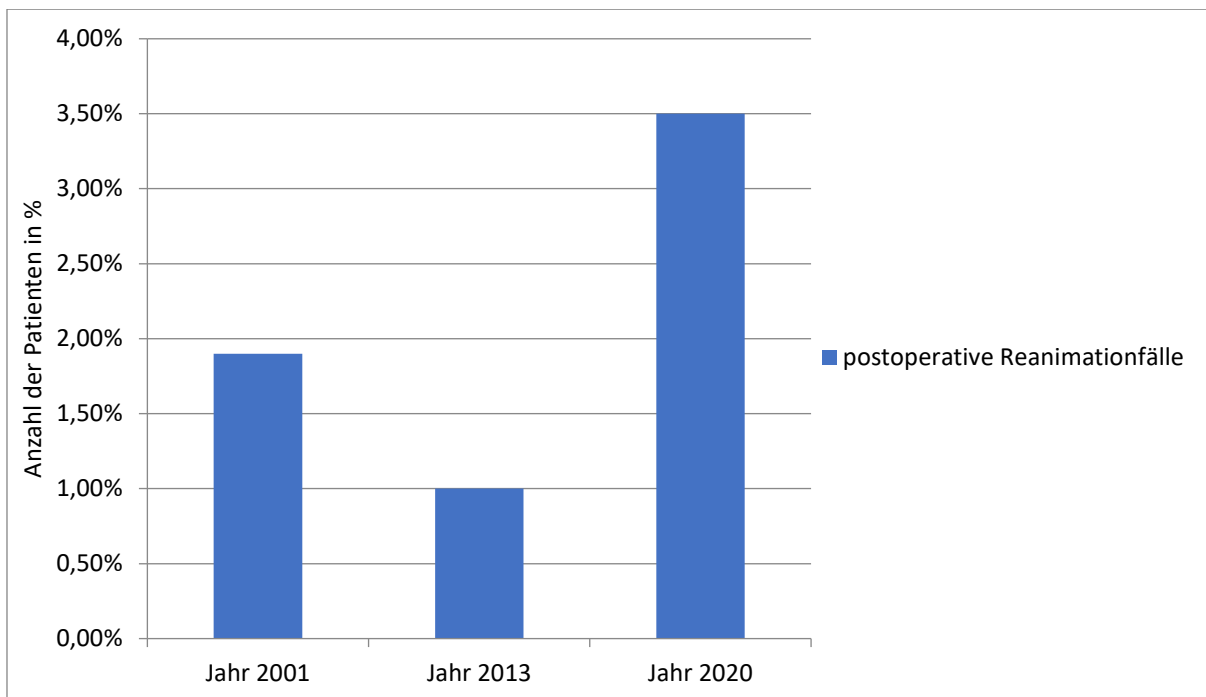


ABB. 28 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER POSTOPERATIVEN REANIMATIONSFÄLLE

### 3.2.6 Reoperationen

Es zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Indikation für eine erneute Operation in den untersuchten Jahren vor. 2001 erfolgte aufgrund einer Blutung bei 5,7 % aller Fälle eine Revision. 2013 zeigt sich vorerst einen Rückgang 2,3 %, in 2020 jedoch stieg die Anzahl der postoperativen Komplikation auf 16,7 % an.

Zur Reoperation aufgrund einer tiefen sternalen Wundinfektion sind nur 1,0 % aller Patienten im Jahr 2001 aufgetreten. In den Jahren 2013 und 2020 ist kein einziger Fall angezeigt.

Die Kombination von Blutung mit anschließenden Infektion trat in den untersuchten Jahren bei keinem Herzklappenpatienten auf und gilt damit als statistisch nicht relevant. (Abb. 29, Tab. 34 im Anhang)

Die postoperative Komplikation „Reoperation“ ist in den untersuchten Jahrgängen statistisch signifikant erhöht. (Tab. 42 im Anhang)

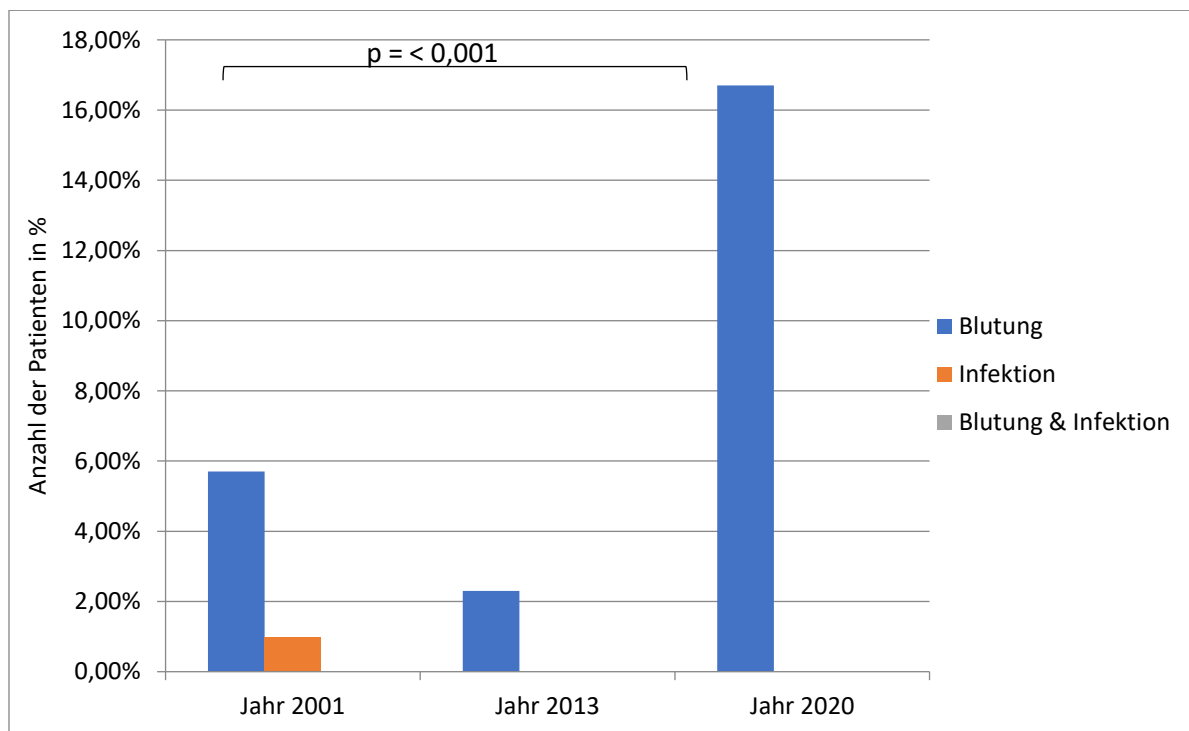


ABB. 29 VERTEILUNG DER REOPERATIONEN

### 3.2.7 Neurologische Komplikationen

Im mittleren Untersuchungszeitraum zeigt sich eine deutliche Zunahme der postoperativen neurologischen Störungen. Zu dieser möglichen Komplikation zählen neurologische Ausfälle und postoperative psychoorganische Durchgangssyndrome. Im Vergleich zu 2001 mit 9,1 % (Daten für Unterteilung HOPS/ Insult liegen nicht vor) und 2020 mit 9,3 % (mit 6,2% Insult und 3,1% HOPS), sind 2013 16,4 % (mit 3,0% Insult und 13,3% HOPS) der Patienten betroffen. (Abb. 30, Tab. 35 im Anhang)

Es liegt für die postoperative Komplikation „neurologische Störungen“ im untersuchten Zeitraum eine statistisch signifikante Erhöhung vor. (Tab. 42 im Anhang)

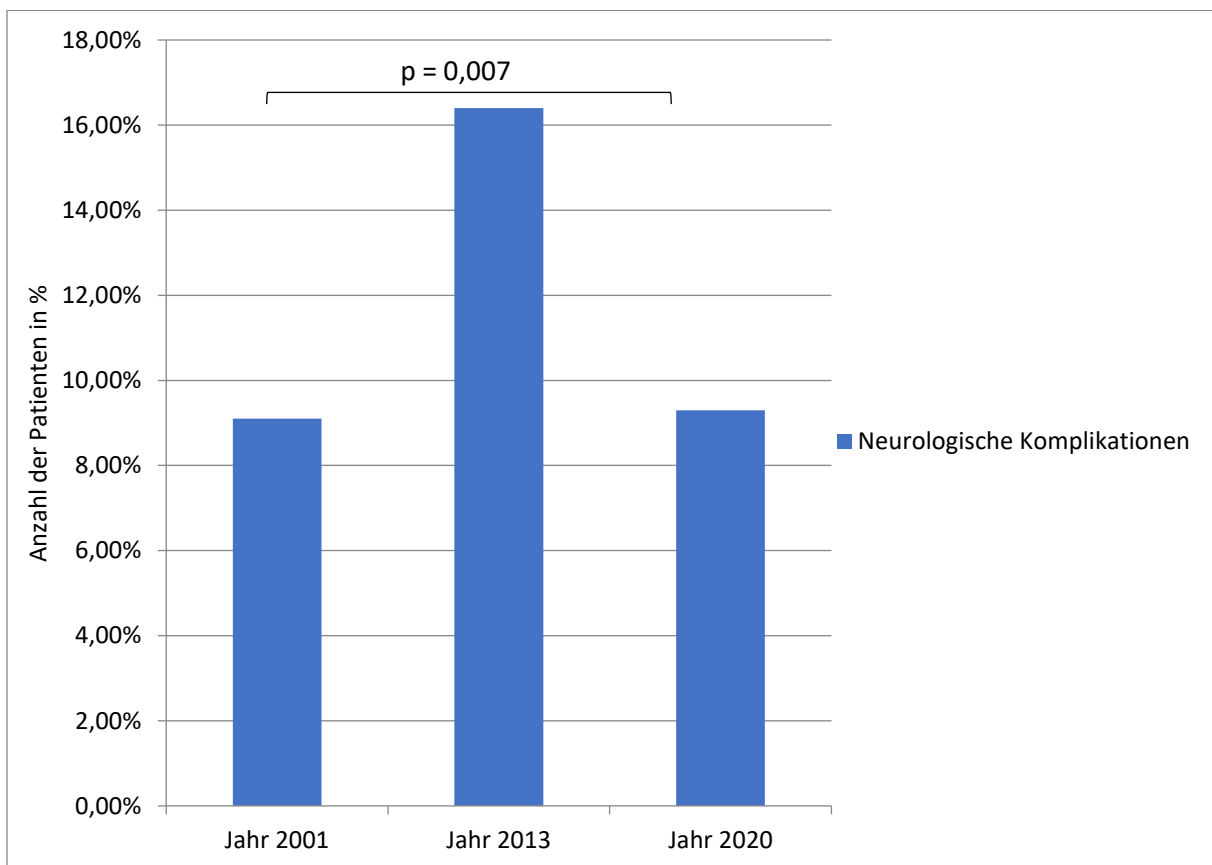


ABB. 30 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT POSTOPERATIVER NEUROLOGISCHER STÖRUNGEN

### 3.2.8 Wundheilungsstörungen

Die postoperative Komplikation „Wundheilungsstörungen“ mit der Folge eines erneuten chirurgischen Eingriffs tritt im Jahr 2001 bei nur einem Patienten auf. Im Jahr 2013 gibt es keinen einzigen Fall, im Jahr 2020 gibt es 11 Fälle (4,3 %) von Störungen der Wundheilung. (Abb. 31, Tab 36 im Anhang)

Es liegt eine statistisch signifikante Veränderung bei der postoperativen Komplikation „Wundheilungsstörungen“ im Untersuchungszeitraum vor. (Tab. 42 im Anhang)

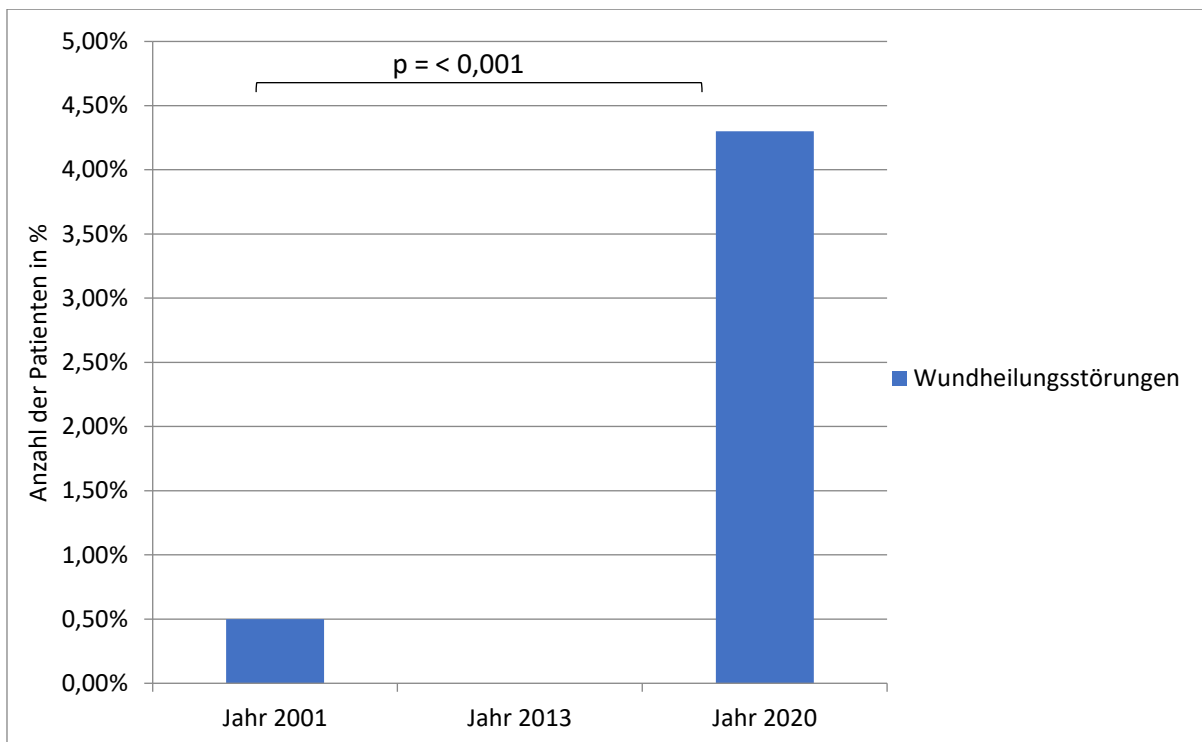


ABB. 31 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT VON WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN MIT FOLGENDER OPERATIVER REVISION

### 3.2.9 ITS - Aufenthalt

Die postoperative Verweildauer auf der ITS nimmt im Untersuchungszeitraum zu. Dabei nimmt die Aufenthaltszeit von 2 Tagen auf der ITS deutlich ab von 2001 mit 78,0 % auf 58,4 % 2013 bzw. 58,0 % 2020. Diesbezüglich ist zu erwähnen, dass 2 Tage ITS-Aufenthalt aufgrund der Mitternachtsstatistik zwar 2 Tage zählen, der Patient jedoch nur 1 Nacht auf der Station verbleibt. So hat sich der Anteil der Herzklappenpatienten welche länger als 6 Tage auf der ITS verbleiben mussten, von 6,0 % 2001 über 10,6 % auf 16,3 % fast verdreifacht. (Abb. 32, Tab. 37 im Anhang)

Ein verändertes Auftreten der Verweildauer für den untersuchten Zeitraum ist statistisch signifikant. (Tab. 41 im Anhang)

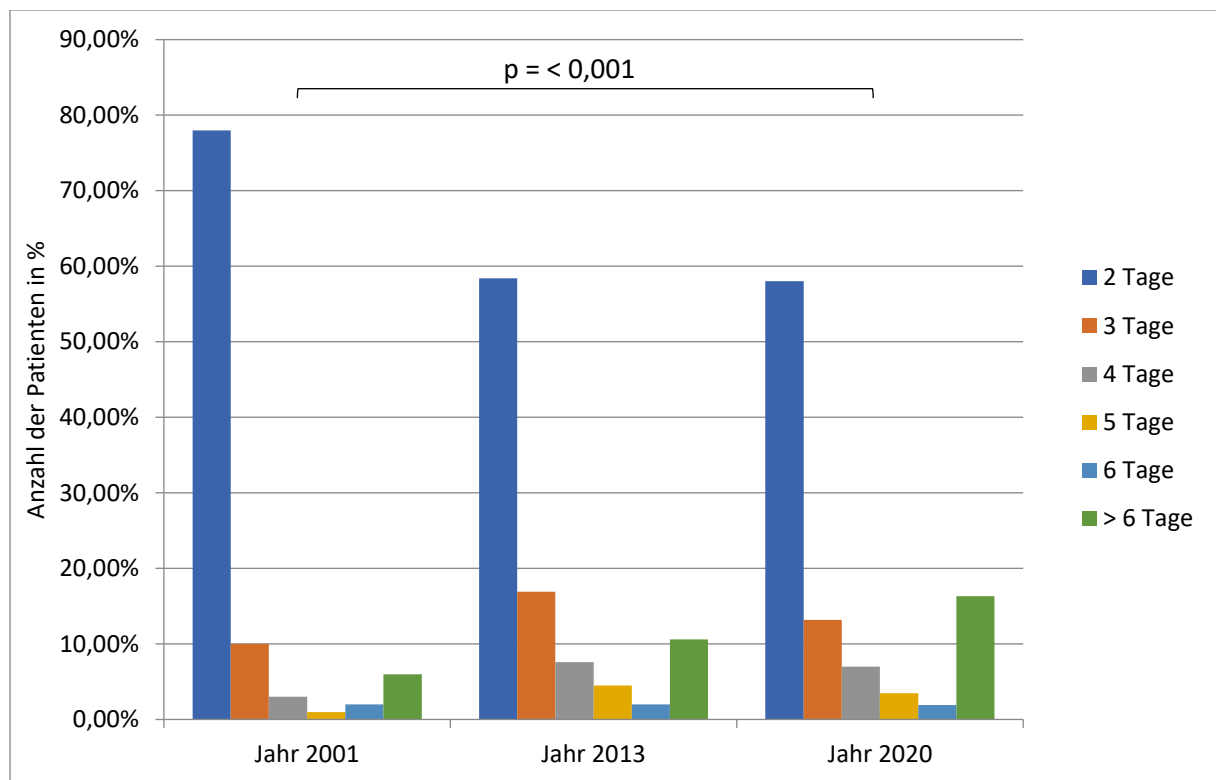


ABB. 32 PROZENTUALER VERGLEICH DER VERWEILDAUER AUF DER ITS

### 3.2.10 Mortalität

Es liegt ein Anstieg der Mortalität im Untersuchungszeitraum vor. Vorerst konstant mit 1,4 % in 2001 und 1,8 % in 2013, stieg diese Komplikation in 2020 auf 7,0 % der Fälle. (Abb. 33, Tab. 38 im Anhang)

Für das qualitative Merkmal „Mortalität“ liegt eine statistisch signifikante Veränderung vor. (Tab. 42 im Anhang)

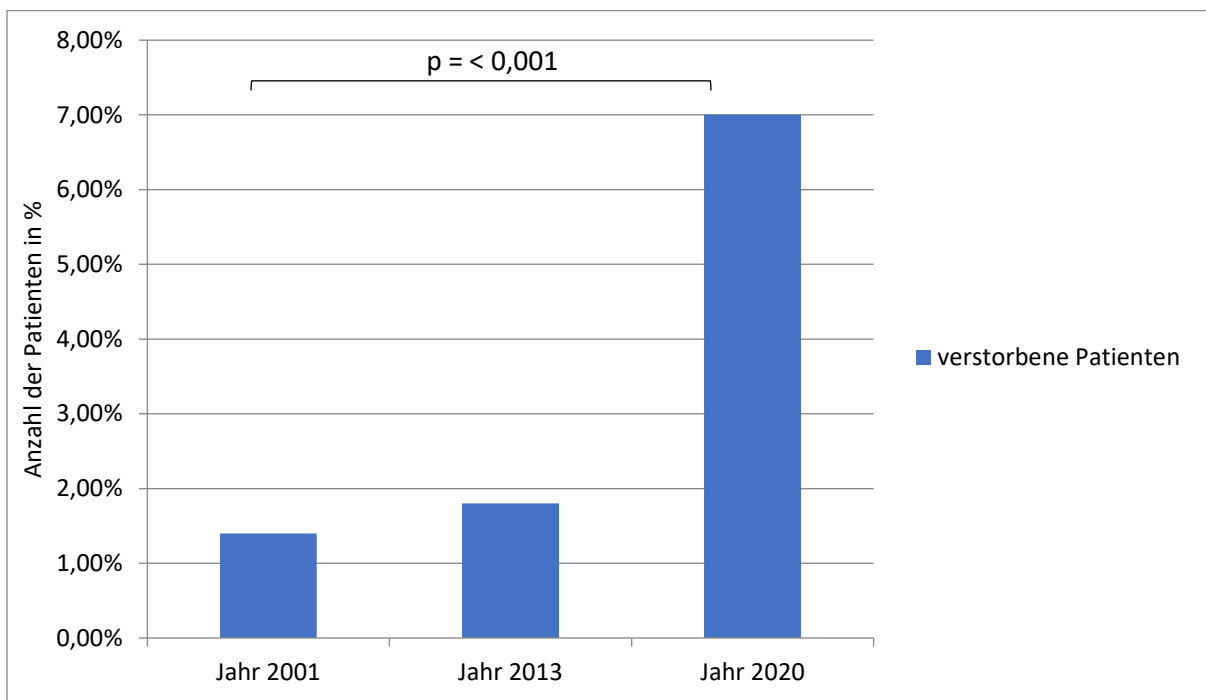


ABB. 33 PROZENTUALE HÄUFIGKEIT DER MORTALITÄT

### 3.2.10.1 Risikoeinstufung der verstorbenen Patienten

In allen Jahrgängen verstarb kein Patient mit niedriger Risikoklassifizierung. Die Zahl der Todesfälle mit einer mittleren Risikoeinstufung beträgt in den untersuchten Jahren 2 (66,7 %) im Jahr 2001 und lediglich 1 Patient (14,3 %) im Jahr 2013. Dementsprechend stieg der Anteil der Verstorbenen mit einer hohen Risikoeinstufung deutlich von 1 (33,3 %) 2001 über 6 Patienten (85,7 %) in 2013 auf 18 Patienten (100 %) in 2020. (Abb.34, Tab. 39 im Anhang)  
Die ermittelten Daten der Risikoeinstufung von verstorbenen Patienten sind statistisch signifikant verändert. (Tab. 42 im Anhang)

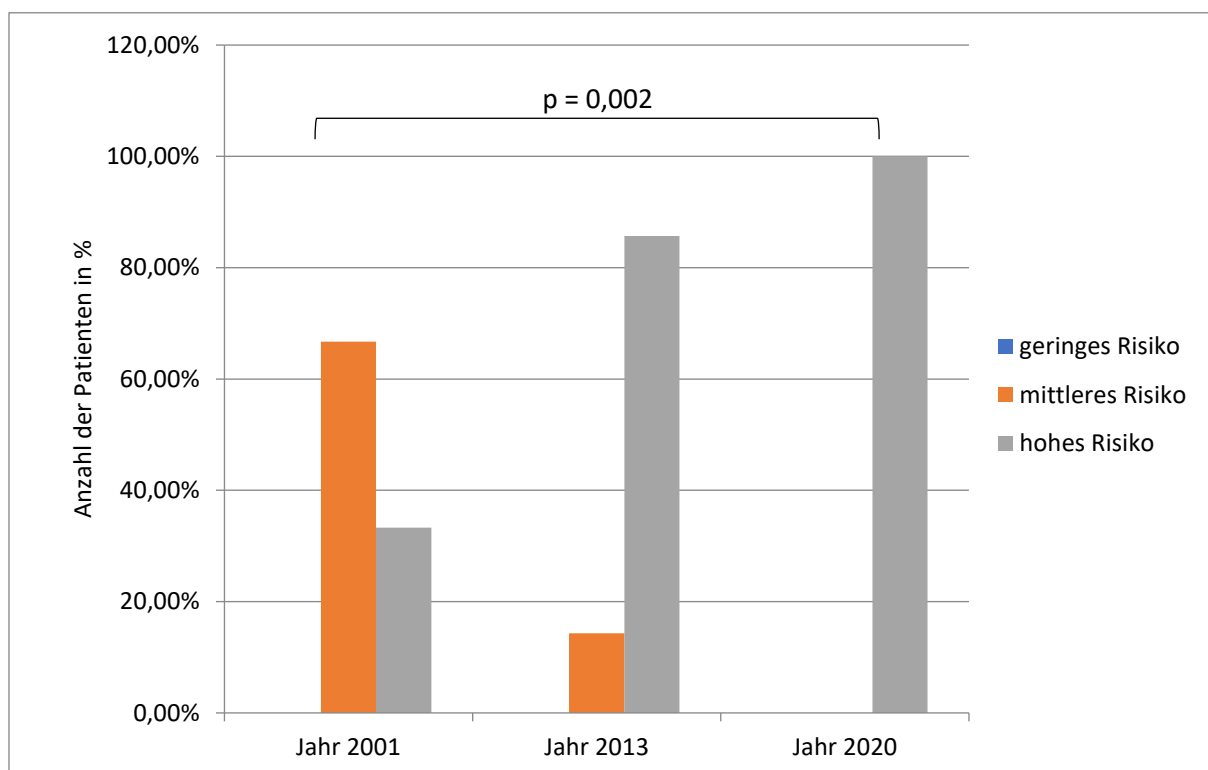


ABB. 34 PROZENTUALE RISIKOEINSTUFUNG DER VERSTORBENEN PATIENTEN

### 3.2.10.2 Durchschnittsalter der verstorbenen Patienten

Das durchschnittliche Lebensalter verstorbener Herzklappenpatienten ist in den untersuchten Jahren deutlich gestiegen. Im Jahr 2001 lag das Alter der Verstorbenen bei 60,6 Jahren. 2013 stieg es über 75,9 Jahre auf 78,0 Jahre in 2020. (Abb. 35, Tab. 40 im Anhang)

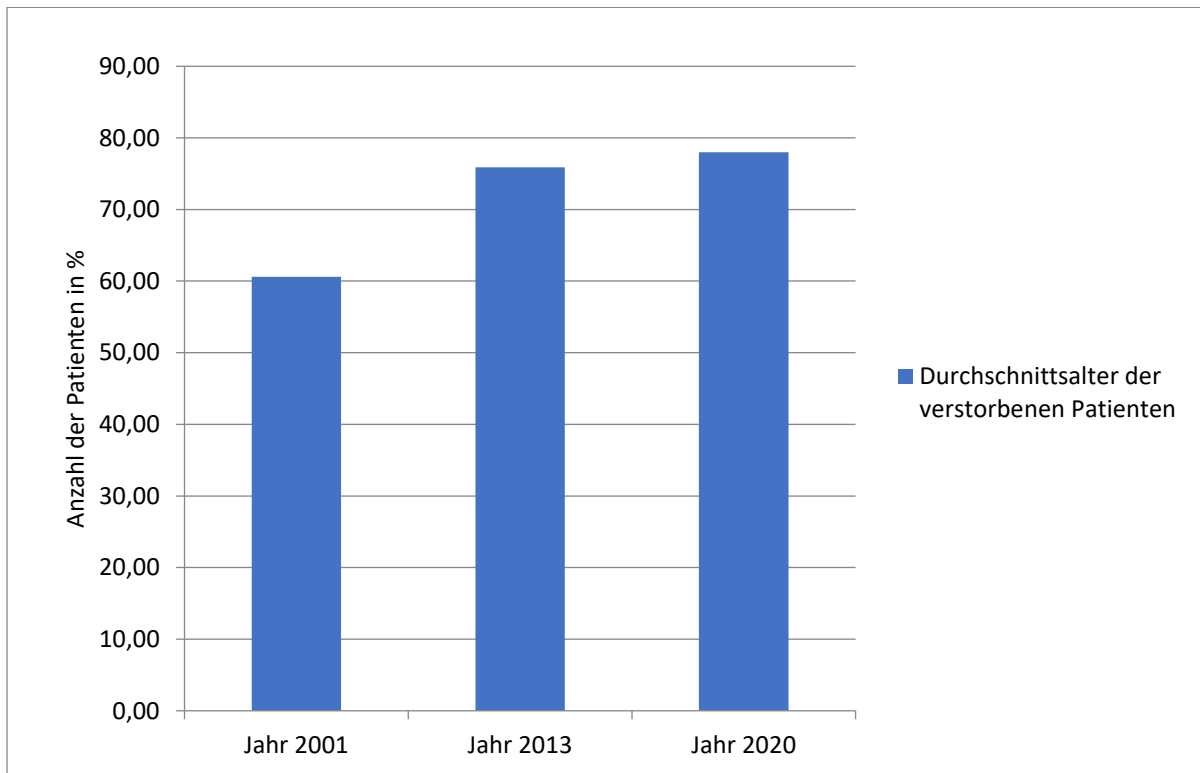


ABB. 35 VERGLEICH DES DURCHSCHNITTSALTERS DER VERSTORBENEN PATIENTEN

## **IV. Diskussion**

### **4.1 Ziel der Arbeit**

Die Zielsetzung dieser Studie ist es, die Veränderung des Risikoprofils bei Patienten mit Herzklappenerkrankungen zwischen den Jahren 2001, 2013 und 2020 zu untersuchen sowie eine Überprüfung des Einflusses auf Morbidität und Mortalität vorzunehmen. Die Resultate dieser Untersuchung sollen einer besseren Risikostratifizierung dienen und auf diese Weise zur Reduktion der perioperativen Morbidität und Mortalität führen. Weiterhin sind aus den gewonnenen Daten verbessernde Maßnahmen bezüglich der Operationsplanung und Vorbereitung sowie der Qualitätssicherung möglich.

Im Rahmen der Studie erfolgt die Datenerfassung retrospektiv für die präoperativen Risikofaktoren, intraoperativen Daten, die perioperativen Komplikationen und die postoperative Verweildauer der Patienten auf der ITS aus den Krankenunterlagen der Klinik und Poliklinik für Herzchirurgie der Universitätsmedizin Rostock.

Das Zusammentragen der Daten und ihrer individuellen Risikostratifizierung in dieser Studie ermöglicht der additive EuroSCORE (European System for Cardiac Operative Risk Evaluation). Dieser Methode, ist weiterhin „Goldstandard“ der Risikostratifizierung gehört [12, 14]. Obwohl sich der logistische EuroSCORE in der Europäischen Gesellschaft für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie aktuell etabliert hat, nutzt diese Studie den additiven EuroSCORE, um eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen; er fungierte bereits als Berechnungsmodell für die Daten aus dem Jahr 2001.

Die Resultate dieser retrospektiven Studie bestätigen eine statistisch signifikante Erhöhung des individuellen Patientenrisikos im Untersuchungszeitraum (Tab. 43 im Anhang). Waren es 2001 noch 19,6 % aller Patienten mit einem niedrigen Risiko, fällt der Anteil im Jahr 2013 auf 7,8 % bzw. 16,7 % im Jahr 2020. Auch das Vorkommen der mittleren Risikogruppe nimmt ab: Dabei errechnet der EURO-Score für das Jahr 2001 einen Anteil von 44 %; 2013 fällt dieser Prozentsatz auf 28 % und 35,0 % 2020. Die Anzahl der Patienten mit dem höchsten Risiko ist folglich stark angestiegen. Im Jahr 2001 waren es 36,4 %, während es 2013 mit 64,2 % beinahe zwei Drittel und 2020 mit 48,2 % die Hälfte der Patienten sind. Die Risikogruppe 3 stellt im Jahr 2013 und 2020 das höchste Vorkommen.

## 4.2 Präoperative Risikofaktoren

### 4.2.1 Alter

Die statistisch signifikante Steigerung des patientenabhängigen Risikofaktors „Alter“ wird durch den demografischen Wandel bedingt. Wie durch Untersuchungen bestätigt wird, waren im Jahr 2013 mehr als 25 % der Bevölkerung älter als 60 Jahre. Prognostisch wird diese Zahl für das Jahr 2030 auf über 35 % steigen [61]. Im Zeitraum von 2001 bis 2013 ist allein die allgemeine Lebenserwartung in Deutschland um 2,2 Jahre auf 80,5 angestiegen, was größtenteils durch die optimierte Versorgung bei Herz-Kreislaufkrankungen bewirkt wurde [62]. Mit zunehmendem Alter steigt die Anzahl der Komorbiditäten bei Patienten in der Herzchirurgie, folglich erhöhen sich ebenso das Vorkommen für intra- und postoperative Komplikationen. Dennoch steigt die Anzahl an Herzoperationen bei älteren Patienten.

So ist laut Meinertz [61] im Zeitraum von 1995 bis 2015 in der Altersgruppe der über 75-Jährigen eine starke Zunahme der stationären Morbiditätsziffer von 224 auf 593 pro 100.000 Einwohner zu verzeichnen. Dabei ist gleichzeitig ein dezenter Rückgang in den jüngeren Altersgruppen (50 bis 60 Jahre und 60 bis 70 Jahre) zu verzeichnen. Die Tatsache der Verschiebung des Patientengutes in ein höheres Alter spiegelt sich gleichfalls in dieser Arbeit wider. Im Jahre 2001 sind 41,2 % der Patienten älter als 70 Jahre, 2013 steigt der Wert auf 55,5 %. Das Durchschnittsalter liegt im Jahr 2001 bei 65,0 Jahren, während es 2013 auf 68,0 Jahre bzw. 2020 auf 67,8 Jahre ansteigt, was sich auch im bundesweiten Vergleich widerspiegelt [61]. Die vorliegende Arbeit zeigt einen Anstieg der Anzahl von Herzklappeneingriffen im höheren Lebensalter. Im Jahr 2001 wurden 209 Patienten kardiochirurgisch an der UMR versorgt, 2013 hingegen beinahe die doppelte Anzahl mit 421. In diesen Zahlen sind die 2013 durchgeführten interventionellen Aortenklappenimplantationen (TAVIs) mit 90 Patienten (transfemorale 69, transapikale 21 Patienten) noch nicht eingeschlossen. Die Anzahl der versorgten Herzklappenpatienten an der UMR 2020 zeigt sich mit 257 konventionell chirurgischen Operationen rückläufig, aufgrund des Anstiegs interventioneller Implantationen mit 256 Patienten in 2020. Dabei ist zu erwähnen, dass sich im COVID-Zeitraum, in der Gesamtzahl der durchgeführten Operationen eine proportionale Zunahme der konventionellen Herzklappenoperationen zeigt. Dem positiven Trend der zunehmenden Lebenserwartung folgt der negative Trend des vermehrten Aufkommens der Herzklappenerkrankungen. Aufgrund verbesserter Diagnostik und zunehmender Versorgung mittels Herzkatheterlaboren, überleben heute mehr Patienten einen Myokardinfarkt. Auffällig zeigen sich später überproportional Folgen wie Herzrhythmusstörungen oder Klappenerkrankungen [63]. Die häufigste Ursache sind jedoch Sklerosierungen sowie degenerative Umbauprozesse, die zu Stenosen und/oder Insuffizienzen der Herzklappen

führen. Weiterhin lassen sich in diesem Kontext Ventrikeldilatationen und chronische Entzündungen bzw. bakterielle Infektionen nennen. Komorbiditäten wie arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus Typ 2 und Nikotinabusus sind Risikofaktoren, die sich erst nach jahrzehntelangem Bestehen als kritisch an den Herzklappen manifestieren können [64].

#### **4.2.2 Geschlecht**

Neben dem Faktor „Alter“ hat sich in den letzten Jahren auch der patientenabhängige Risikofaktor „Geschlecht“ deutlich verändert. Lag der Bundesdurchschnitt im Jahr 2001 für männliche und weibliche Patienten nahezu gleich auf, so steigt der Anteil der behandelten männlichen Patienten im Jahr 2013 auf 60,4 %, im Jahr 2019 auf 57,3 % [73]. Die vorliegende Arbeit zeigt sogar eine größere Verschiebung: War das Geschlechterverhältnis mit 47,8 % Frauenanteil im Jahr 2001 noch ausgeglichen, so sank dieser Wert über 2013 mit 37,8 % auf 28,0 % in 2020.

Ursachen für den sinkenden Anteil an weiblichen Patienten sind das höhere Risikoprofil und die damit einhergehende reduzierte Anzahl der Indikationen für einen chirurgischen Eingriff [61]. Nachgewiesen ist, dass Frauen eher unterdiagnostiziert und demnach auch untertherapiert werden als Männer [65]. Beispielsweise haben Frauen einen niedrigeren Fibrosegrad beim Krankheitsbild der Aortenklappenstenose. So zeigen Studien, dass Männer bei vergleichbarer kontraktile Funktion eine höhere endsystolische transmurale Wandspannung, schlechtere Ejektionsfraktion sowie einen niedrigeren endsystolischen Blutdruck aufweisen [66]. Folglich erkranken Frauen erst in einem höheren Alter als Männer, sind dann jedoch symptomatisch stärker belastet (z. B. weisen sie einen durchschnittlich höheren NYHA-Grad auf) sowie mit einer höheren Risikoklassifizierung des logistischen EuroSCORES behaftet [71]. Eine Alternative zum konventionellen Aortenklappenersatz ist bei älteren morbidem Patienten die TAVI. Erstmals seit 2013 wurden bundesweit mehr interventionelle Aortenklappenimplantationen (transfemorale 7.620 und transapikale 2.821 Eingriffe) durchgeführt als konventionell chirurgisch (9.899 Eingriffe). Einen steigenden Trend zeigt der Herzbericht 2020. Nur rund jeder vierte Aortenklappenpatient wurde konventionell operiert (7.905, transfemorale 22.973 und transapikale TAVI 1.413) im Jahr 2019. [63,73]. So beschreibt diese Studie (sowie auch Meinertz) im untersuchten Zeitraum einen Anstieg der konventionell-chirurgischen Operationen und des Risikoprofils, trotz Einführung der TAVI und des MitraClips bei den männlichen Patienten [61,73].

### **4.2.3 Vorhergehende Herzoperationen**

Studien zeigen, dass eine begrenzte Haltbarkeit der biologischen Herzklappen nach 15 bis 20 Jahren der Erstimplantation eine Reoperation notwendig macht [61,62,73]. Im Patientenkollektiv von 2013 wird ein statistisch signifikanter Anstieg des patientenabhängigen Risikofaktors „vorhergehende Herzoperationen“ angezeigt. Zudem verursachen individuelle Einflussfaktoren wie Alter, Immunsystem, Kalksalzgehalt die zunehmende Zahl der erneuten Eingriffe am Herzen (von 2001 mit 0,0 % und 2013 und 2020 mit 13,6 %). Durch den stetig zunehmenden Anteil biologischer Prothesen können Patienten postoperativ zwar auf eine dauerhafte Antikoagulation verzichten, jedoch ist die Lebensdauer aufgrund degenerativer Prozesse der Bioprothesen zeitlich begrenzt. Danach beginnt die strukturelle Degeneration. So liegt das Risiko bei 10 % pro Patientenjahr, nach 10 Jahren eine erneute Klappenimplantation durchzuführen. Zudem steht das höhere Lebensalter in Wechselbeziehung mit der Anzahl an invasiven Untersuchungen (z. B. Koloskopie, Bronchoskopie, Biopsie), die das Endokarditisrisiko für biologische und mechanische Klappen sowie für native, bereits vorgeschädigte Herzklappen erhöht. Weiterhin sind bessere Outcomes und eine höhere Lebensqualität im Alter entscheidende Faktoren für Reoperationen [61,62,72].

### **4.2.4 Pulmonale Hypertonie und Linksventrikuläre Dysfunktion**

Das erhöhte Vorkommen der kardialen Risikofaktoren „pulmonaler Hypertonie“ und „linksventrikuläre Dysfunktion“ ist zum Teil auf das gestiegene Durchschnittsalter der Patienten als auch auf die verbesserte Diagnostik zurückzuführen. Weiterhin lässt sich der Anstieg dadurch erklären, dass in den letzten Jahren deutlich mehr Operationen mit multimorbiden Patienten erfolgten, die früher abgelehnt wurden [6,61,72-77].

In dieser Studie steigt der Anteil der Patienten mit pulmonalem Hochdruck von 1,4 % über 42,3 % auf 4,7 %. Bezüglich der LVEF ist der Anteil der Auswurfleistung von 30 % - 50 % mit 19,1 % über 46,7 % im Jahr 2013 auf 31,1 % im Jahr 2020 deutlich gestiegen. Die Auswurfleistung unter 30 % zeigt eine kurzzeitige Zunahme von 3,8 % über 9,8 % auf 4,3 % im untersuchten Zeitraum. Die Ausweitung der präoperativen Diagnostik – insbesondere bei älteren Patienten – ist durch die Verbesserung der apparativen Ausstattung der Kliniken sowie der Verfügbarkeit neuester Untersuchungstechniken seit 2013 leichter zu ermöglichen. Beispielsweise gibt es hochauflösende Ultraschallgeräte oder die kardiale Magnetresonanztomographie. Letztere ist eine nichtinvasive, strahlungsfreie Methode zur strukturellen und funktionellen Beurteilung der

Herzklappen sowie zur Ermittlung der Aortenklappenöffnungsfläche. Für Patienten mit eingeschränkter Nierenfunktion ist diese Methode besonders wichtig.

#### **4.2.5 Andere kardiale Eingriffe**

Der signifikante Anstieg „Ablation“ und „Herzohrklusion“ ist vor allem durch die aktuellen Leitlinien für Vorhofflimmern bedingt. Zur Schlaganfallprophylaxe wird bei Patienten mit indizierter Herzoperation und gleichzeitigem Vorhofflimmern – gemäß der Leitlinie ab 2012 – das linke Herzohr verschlossen, bei komplexeren VHF sollte zusätzlich ablatiert werden. Der simultane Anstieg beider Zusatzeingriffe ist zudem bedingt durch bessere Ergebnisse bei permanentem Vorhofflimmern und großem Vorhof angezeigt, da es ohne Ablation zu einem Umbau des Gewebes kommt. Zudem standen zielgerichtete Therapiemöglichkeiten wie epikardiales „Staplern“ oder „Occluder“ für dem untersuchten Zeitraum des Jahres 2001 in dem Maße noch nicht zur Verfügung. [78,79,80,81].

#### **4.2.6 Kritischer präoperativer Status**

Der vermindert signifikante Faktor „kritischer präoperativer Status“ ist unter anderem dem stetigen Rückgang der langen Wartelisten zu verdanken. So wurden Patienten im Jahr 2001 aufgrund unzureichender Versorgung und langen Wartelisten mit einem höheren Operationsrisiko eher abgelehnt als in den anderen untersuchten Jahren. Zudem gehen die Patienten durch nichtinvasive Diagnostik wie TTE und durch effizientere medikamentöse Vorbehandlung der Herzinsuffizienz mit einem stabileren Zustand in eine Herzoperation heutzutage durch bessere Verlaufskontrollen der Klappenerkrankungen [61,64]. Dies spiegelt sich ebenso in der vorliegenden Patientengruppe wider: Der Anteil des Jahres 2001 sinkt von 17,7 % auf 2,5 % auf 0,8 % in 2020. Auch die veränderten Risikofaktoren „Notfall“, „Myokardinfarkt“ und „instabile Angina Pectoris“ werden durch die flächendeckende Versorgung (vermehrte CPUs und Herzkatheterlabore) sowie die fortschrittlichen medikamentösen Verzögerungen bei Herzerkrankungen beeinflusst. Zudem limitiert die Covid-Pandemie bezüglich reduzierter elektiver Eingriffe und Unterdiagnostik den untersuchten Zeitraum [73].

### 4.3 Postoperative Komplikationen

Pathophysiologische Veränderungen sind durch die Komplexität der Herzklappenoperation und den Einsatz der HLM bedingt [82,83,84]:

- Elektrolytungleichgewicht
- Hypo- und Hyperthermie
- Wechselnde hämodynamische Zustände
- Transiente Funktionsstörungen von Leber, Niere und Gastrointestinaltrakt
- Metabolische Schwankungen
- Gewichtszunahme
- Transiente Gasaustauschstörungen
- Neurologisch-psychiatrische Störungen

Mögliche Komplikationen nach Herzklappenoperationen sind folgende [4,82,83,84]:

- Niereninsuffizienz
- Herzinsuffizienz
- Herz-Kreislaufstillstand mit Reanimation
- Neurologische Komplikationen
- Blutungen und Infektionen
- Herzrhythmusstörungen
- Perioperativer Myokardinfarkt
- Wundheilungsstörungen

Folgende postoperative Komplikationen in der Herzchirurgie der Universitätsmedizin Rostock werden in dieser retrospektiven Studie untersucht: perioperativer Myokardinfarkt, Herzrhythmusstörungen, Herzinsuffizienz, Reoperation, Niereninsuffizienz, Reanimation, neurologische Komplikationen und Wundheilungsstörungen aufgrund von Blutungen mit nachfolgender operativer Revision (siehe Tab. 7).

## Häufigkeit der postoperativen Komplikationen

erhöht statistisch signifikant	vermindert statistisch signifikant	erhöht statistisch nicht signifikant
postoperative Herzinsuffizienz  neurologische Komplikationen  ITS-Aufenthalt  Mortalität  Niereninsuffizienz  Komplikationen der Wundheilung	perioperativer Myokardinfarkt  Reoperation  Herzrhythmus- störungen	Reanimation

TABELLE 6 HÄUFIGKEIT DER POSTOPERATIVEN KOMPLIKATIONEN

### 4.3.1 Postoperative Herzinsuffizienz

Das erhöhte Vorkommen der postoperativen Herzinsuffizienz ist auf die Kombination des zunehmenden Patientenalters mit verringerten präoperativen LVEFs durch langjährige kardiale Grunderkrankungen trotz effektiveren medikamentösen Therapien prä- und postoperativ bedingt. Erklärend für den „Low Output“ in der frühen postoperativen Phase zeigen Studien wie Yamashita et al. mit Patientenpopulationen ähnlicher Altersgruppen, dass mit einer unveränderten bzw. sogar verminderten LVEF sieben Tage nach dem Eingriff zu rechnen ist (LVEF präop. 69,0 %, sieben Tage postop. 65,0 %, ein Jahr postop. 71,0 %,  $p = 0,002$ ). Diese Studie zeigt den steigenden Anteil der Patienten mit verringerter LVEF. Obwohl sich der Anteil „Notfällen“ im Zuge dieser Arbeit und der COVID-Pandemie signifikant verändert, zeigte sich eine Abnahme des LCOS von 2013 auf 2020. Ursächlich hierfür sind die Optimierung der Operationstechniken (Traumen am Myokard), der HLM sowie der Kardioplegie. Diese Faktoren bedingen den oxidativen Stress mit Ischämien und Apoptose im

größeren Ausmaß. Jedoch zeigen Langzeitstudien, dass neben den Signalen des Zelltodes auch Kaskaden des Zellwachstums aktiviert werden, was letztlich – ein Jahr postoperativ – zu einem erhöhten Schlagvolumen führt [61,85,86,87].

Zur postoperativen Therapie dieses „Low Cardiac Output Syndroms“ wird vorrangig die Katecholamintherapie angewandt. Bei Versagen der pharmakologischen Ansätze stehen Systeme zur mechanischen Kreislaufunterstützung wie die intraaortale Ballonpulsation (IABP), die veno-arterielle extrakorporale Membranoxygenierung (va-ECMO) oder dauerhafte ventrikuläre Assist-Devices (VAD) zur Verfügung [83,84,88].

#### **4.3.2 Neurologische Komplikationen**

In der vorliegenden Studie zeigen sich statistisch signifikant Veränderungen der postoperativen neurologischen Komplikationen. Hauptursächlich hierfür ist das höhere Alter der Operierten. Das zeigt ebenso der Deutsche Herzbericht 2016, der schildert, dass 0,6 % der herzchirurgischen Patienten unter dem 75. Lebensjahr an neurologischen Komplikationen leiden. Die Inzidenz verdreifacht sich auf 1,8 % bei den über 75-Jährigen [61]. In dieser Studie treten im Jahr 2001 bei 9,1 % der Patienten postoperative neurologischen Störungen auf. Die Zahl steigt zum Jahr 2013 auf 16,4 %, sinkt jedoch erneut auf 9,3 % in 2020. Eine erhebliche Zunahme zeichnet sich ab den Jahrgängen über 75 Jahren ab. Im Jahr 2001 war lediglich jeder fünfte Patient (19,2 %) älter als 75; 2013 und 2020 ist es hingegen jeder Dritte (30,8 % bzw. 29,2 %). Ab dem Jahr 2013 zeigt sich zudem der Trend, Patienten über dem neunzigsten Lebensjahr an den Herzklappen zu operieren.

Weitere Studien wie jene von Baranowska et al. (2012) weisen ähnliche Ergebnisse (11 % der Patienten mit postoperativen neurologischen Komplikationen) und begünstigende Faktoren prä- und intraoperativ auf, wie Diabetes mellitus 1 oder 2, Herzklappenersatz an sich, neurologische oder psychiatrische Vorerkrankungen, beeinträchtigte Herz-Kreislauffunktion, lange extrakorporale Zirkulationszeit, Nierenfunktionsstörungen, VHF, ein Alter über 68 Jahren, Hämatokrit über 28 % sowie einen EuroSCORE ab sechs Punkten. Wilbring zeigt mit reoperierten Hochrisikopatienten im Jahr 2013 sogar Inzidenzen von 28,3 % für HOPS und 5,7 % für TIA/ Hirninfarkte [40]. Die meisten dieser Komorbiditäten deuten in der vorliegenden Studie auf ein erhöhtes Vorkommen hin und korrelieren gut mit den Ergebnissen von Baranowska und Bakker [96,97,98]. Durch die Optimierung der Faktoren bspw. Reduktion der HLM-Zeit, verbesserte Antikoagulation und gleichzeitige LAA mit Ablation, zeigte sich ein Abfall der Zahl neurologischer Komplikationen von 2013 zu 2020.

### 4.3.3 ITS-Aufenthalt

Die 2013 und 2020 operierten Patienten zeigen eine erhöhte Dauer der postoperativen ITS-Aufenthalte. Studien von Burger und Wiedemann mit ähnlicher Patientenklientel deuten ebenfalls eine verlängerte postoperative Liegedauer von 3,7 ( $\pm$  7,1 Tage) bzw. 3,3 ( $\pm$  1,2 Tage) auf der ITS an. Dort steht die Alterszunahme der Patienten für eine erhebliche Risikoerhöhung für postoperative Komplikationen und einen längeren ITS-Aufenthalt [99,100].

Beträgt der Anteil der Patienten in dieser Studie mit einem Zwei-Tages-Aufenthalt im Jahr 2001 noch 78,0 %, so fällt dieser über 58,4 % auf 58,0 %. Gleichzeitig hat sich der Anteil der Herzklappenpatienten, die länger als sechs Tage auf der ITS verbleiben mussten, von 6,0 % im Jahr 2001 über 10,6 % auf 16,3 % beinahe verdreifacht. Die Gründe für diese signifikante Steigerung sind das erhöhte Alter mit der damit verbundenen verminderten Belastbarkeit sowie die zunehmende Multimorbidität. Die daraus resultierenden vermehrten postoperativen Komplikationen sind ebenso für eine längere Verweildauer auf der Intensivstation verantwortlich [1,61] Die Covid-Pandemie ist weitere Faktor für die verlängerte Verweildauer auf der ITS im Jahr 2020, da Patienten durch geringe Kapazitäten eine verzögerte Therapie, mit teilweise erhöhtem Risikoprofil erfuhren [73].

### 4.3.4 Mortalität

Laut Funkat et al. steigt die bundesweite perioperative Mortalität im untersuchten Zeitraum auf 4,1 % im Jahr 2013 [60]. Die Literatur gibt für die 30-Tages-Mortalität bei Herzklappenoperationen – je nach Alter und Eingriff – 1,0 % bis 20,4 % an [60,61,71,99-105, 107]. Dabei ist zu beachten, dass Eingriffe an der (isolierten) Aortenklappe mit einer niedrigeren perioperativen Mortalität (2,1 % bis 3,1 %) einhergehen als Eingriffe an der Mitralk- oder Trikuspidalklappe [60,61,73]. Angesichts dessen ist jedoch auch darauf hinzuweisen, dass die Mortalität bei Kombinationseingriffen stark erhöht ist. So zeigen Studien bspw. eine Zunahme der Sterblichkeit im untersuchten Zeitraum bei kombinierten Mitralklappen- und Bypassoperationen auf 8,4 % bis 13,2 %; mit Doppelklappenersatz und ACVB sind es 20,4 % [60,100,102]. Ein weiterer Faktor für erhöhte Mortalität nach Klappenoperationen ist das steigende Alter. Leontyev und Meinertz weisen erhöhte Inzidenzen mit 8,8 % bis 9,2 % bei Patienten in der achten Lebensdekade mit isolierten Aortenklappeneingriffen nach [61,105]. Laut Deutschem Herzbericht sind im Jahr 2001 10,2 Menschen pro 100.000 Einwohnern an einer Herzklappenerkrankung verstorben. Im Jahr 2013 liegt die Sterbeziffer bei 19,7, wobei die Inzidenz mit 20,1 Patienten im Jahr 2020 weiter steigt. Demnach handelt es sich in den letzten 20 Jahren nahezu um eine Verdopplung der Sterblichkeitsrate [61,73]. In der

vorliegenden Studie zeigt sich eine Zunahme der perioperativen Mortalität von 1,4 % über 1,8 % auf 7,0 % aller Patienten für das Jahr 2020.

Weiterhin deutet sich eine Korrelation zu der erhöhten Mortalitätsrate mit der gleichzeitig steigenden Fallzahl der verstorbenen Patienten mit hoher Risikoklassifizierung an. Im Jahr 2001 beträgt das Durchschnittsalter der Verstorbenen 60,6 Jahre, wobei ein Drittel der Patienten der hohen Risikoklasse zuzuordnen sind. Im Jahr 2013 tragen hingegen 85,7 %, 2020 sogar 100 % ein hohes Risiko und das Durchschnittsalter liegt bei 75,9 bzw. 78,0 Jahren. Ähnliche Daten weist auch Meinertz für den untersuchten Zeitraum aus. Aufgrund der altersabhängigen demographischen Entwicklung mit vermehrten Komorbiditäten steigt der Anteil der Hochrisikopatienten. Dementsprechend erhöht sich die stationäre Morbiditätsziffer der über 75-Jährigen um 163,2 % von 224 im Jahr 1995 auf 590 im Jahr 2014 pro 100.000 Einwohner. Gleichzeitig steht diesem Anstieg ein Rückgang in den meisten anderen Altersgruppen gegenüber. Weiterhin ist es auch dem medizinisch-technischen Fortschritt zu verdanken, dass immer ältere und multimorbide Patienten mit einem akzeptablen Outcome offen chirurgisch therapiert werden. So verdoppelt sich die bundesweite Anzahl der operativen Klappeneingriffe im Jahr 2001 von 17.400 auf 36.650 im Jahr 2019. Dabei ist die Aortenklappenstenose im fortgeschrittenen Lebensalter aktuell die häufigste interventionspflichtige Klappenerkrankung. Wird jedoch nach Altersgruppen gelistet, zeigt sich die Mitralklappeninsuffizienz mit zunehmendem Alter an der Stelle der häufigsten Herzklappenerkrankungen [61,107]. Diese Daten spiegeln sich gut in den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit wider. Die erhöhte Mortalität in 2020 wird weiterhin durch die COVID-Pandemie mit sinkender Kapazität und steigender Risikoklassifizierung [73].

#### **4.3.5 Herzrhythmusstörungen**

Studien wie jene von Thies et al. weisen im Jahr 2013 eine signifikant starke Reduktion aufgetretener Herzrhythmusstörungen aus, und zwar trotz der erhöhten Morbidität und dem zunehmenden Altersdurchschnitt der untersuchten Gruppe [89]. Eine neu aufgetretene supraventrikuläre Rhythmusstörung gilt als häufigste Komplikationen nach herzchirurgischen Operationen. Der Deutsche Herzbericht präsentiert einen Anteil von 11,3 % mit postoperativen Herzrhythmusstörungen für das Jahr 2014 bei isolierten AKEs [61]; diese Daten decken sich eher mit den 16,1 % in der vorliegenden Arbeit. Die höchste Inzidenz für Vorhofflimmern erreicht in dieser Studie die kombinierten Bypass- und Klappeneingriffe mit 26,4 %. Der Großteil der postoperativen Rhythmusstörungen wird somit durch die kombinierten Klappeneingriffe geprägt (41,4 %). Im Jahr 2001 litten 46,6 % der Patienten Rhythmusstörungen nach der Operation, wobei es 2013 und 2020 nur noch rund 26 % bzw.

27,4 % 2020 waren. Dabei beträgt der absolute Anteil des Vorhofflimmerns 2013 84,5 % und 2020 47,9 %.

Bis heute ist der genaue Entstehungsmechanismus von postoperativem Vorhofflimmern nicht vollständig geklärt und unterliegt vermutlich multifaktorieller Genese. Das höhere Patientenalter gilt als wichtigster Prädiktor für ein erhöhtes Risiko, an postoperativen Herzrhythmusstörungen zu erkranken. Zudem werden Komorbiditäten wie Niereninsuffizienz, chronische Lungenerkrankungen (COPD), Herzinsuffizienz, höhergradige KHK, neurovaskuläre Erkrankungen und extrakardiale Arterienerkrankungen diskutiert. Einen Beitrag für den Rückgang des Risikos für postoperatives Vorhofflimmern könnte eine niedrigere Inzidenz für neurovaskuläre Erkrankungen liefern [89,90,91].

Trotz technischen Fortschritts im kontinuierlichen Monitoring mittels Holter-EKG und Bedside-Monitoren und der sich daraus resultierenden steigenden Detektion von postoperativem Vorhofflimmern zeigte sich in dieser Studie eher das Gegenteil [57,90]. Der Grund hierfür hängt mitunter vom erstmaligen Auftreten des VHF ab, dass meist erst ab dem zweiten oder dritten postoperativen Tag vorkommt. In diesem Zeitraum können Faktoren wie Elektrolytverschiebungen mit daraus resultierenden Hypokaliämien oder Hypomagnesiämien auftreten [57,90,92]. Studien zeigen darüber hinaus, dass wahrscheinlich entzündliche Reaktionen des Vorhofmyokards auf Ischämie und Reperfusion, gesteigerte Aktivitäten des Sympathikus durch Katecholamingabe sowie Schmerzen und Stress durch den Eingriff eine erhebliche Rolle spielen [57,89,90,92]. Eine Arbeitsgruppe um Hogue zeigt mit dem prophylaktischen Reduzieren der letztgenannten Einflüsse im Jahr 2005 unterdessen eine Terminierung des postoperativen VHF's [93].

So entwickelten sich auch an der UMR in den Folgejahren 2013/ 2020 effektivere Strategien für intra- und postoperative Abläufe. Exemplarisch lassen sich hier kürzere Abklemmzeiten, engmaschige Blutentnahmen zur Elektrolytkontrolle sowie eine effizientere Schmerztherapien nennen. Weiterhin wird in den letzten Jahren vermehrt initial Amiodaron bei hämodynamisch stabilen Patienten eingesetzt. Eine Arbeitsgruppe um Gillinov et al. mit 2.109 Patienten bestätigt das Therapieschema der UMR. Ebenfalls bestätigen Studien wie Junki et al. aus dem Jahr 2017 die möglichst kurze Pausierung der Langzeit-Betablockertherapie, um eine optimale Frequenzkontrolle postoperativ zu erlangen [93,94].

#### **4.3.6 Perioperativer Myokardinfarkt**

Die Literatur weist auf einen signifikanten Abfall der perioperativen Myokardrate hin. Meinertz zeigt einen bundesweiten Durchschnitt von 0,5 % (2014) für intraoperative Myokardinfarkte [61]. Ähnliche Studien bestätigen den abfallenden Trend durch patienten- und

operationstechnische Risikofaktorenreduktion bei Aortenklappeneingriffen mit 0,3 % bis 0,7 % [103,105,106] bzw. Mitralklappeneingriffen mit 2,1 % [100]. So ist die Senkung der Inzidenz von 2,9 % aller Patienten im Jahre 2001 über 0,3 % im Jahr 2013 auf 0,4 % in 2020, gut mit dem bundesweiten Durchschnitt vergleichbar. Ursächlich könnten hierfür die heutigen schonenderen Therapieverfahren sowie das ausgeweitete Monitoring intra- und postoperativ sein [61]. Andererseits sind patientenabhängige Risikofaktoren wie KHK, vorrausgegangener Myokardinfarkt, kritischer präoperativer Status und neurologische Funktionsstörungen im untersuchten Zeitraum reduziert. Ebenfalls zeigt sich 2013 die Anzahl zusätzlicher Bypassoperationen sowie die postoperative Komplikation „Herzrhythmusstörungen“ vermindert, was das Outcome erklären könnte.

#### **4.3.7 Reoperationen**

Die Literatur beschreibt in Untersuchungen mit ähnlichen Patientenkollektiv aufgrund von Blutungen eine rückgängige Inzidenzspanne von 4,7 % bis 5,6 % für Reoperationen [37,42,100]. Ein höheres Vorkommen an operationspflichtigen Blutungen zeigen Funkat et al. im bundesweiten Durchschnitt für alle Herzoperationen im Jahr 2013 mit 8,1 % [60]. Die Anzahl der Fälle, in denen eine Reoperation notwendig ist, veränderte sich in dieser Studie statistisch signifikant. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Reduktion der Rethorakotomien aufgrund von Blutungen von 5,7 % auf 2,3 % in 2013 durch Fortschritte in den Operationstechniken und dem postoperativen Management zu erklären ist. Die erneute Zunahme der Reoperationen auf 16,7 % in 2020 ist neben gestiegene Patientenalter und Risikoprofil, auch durch die Covid-Pandemie zu erklären. Es zeigte sich ein Anstieg der Dualen Antikoagulation der Patienten, bedingt durch vorherige Stent-Implantation bei KHK.

Deutlich geringer fällt die Anzahl der Fälle für Reoperationen aufgrund von Infektionen aus. Untersuchungen wiesen hier einen starken Rückgang im untersuchten Zeitraum mit 0,0 % bis 1,9 % auf [41,42]. Obwohl bei erhöhtem Alter und Klappenimplantation an sich erhöht, zeigt die vorliegende Studie einen Abfall von 1,0 % auf 0,0 %. Risikofaktoren dieser Komplikation sind vor allem Diabetes mellitus, Operationsdauer und tageszeitabhängiger Operationsbeginn. Eine weitere Reduktion der infektionsbedingten Reoperationen ist unter anderem durch optimierte Therapien der Komorbiditäten sowie kürzere Eingriffszeiten und ein gesichertes postoperatives Wundmanagement realisierbar [61].

In den untersuchten Jahrgängen tritt kein einziger Fall einer Reoperation aufgrund einer Blutung mit anschließender Infektion auf. Auch die Literatur zeigt hierzu keine nennenswerten Daten [61,73].

#### **4.3.8 Wundheilungsstörungen**

Die Rubrik postoperative Wundheilungsstörungen zeigt einen statistisch signifikanten Anstieg von 0,5 % auf 4,3 %. In der Literatur als seltenere Komplikation (0,0 % bis 1,7 %) angesehen zeigen Untersuchungen jedoch erhöhte Inzidenzen von 1,9 % bis 2,1 % bei Hochrisikoeingriffen. Die Fallanzahl steigt bei Endocarditispatienten sogar auf 6,0 % bis 9,7 % [25,30,33,40,41,42]. Neben der Sternumosteomyelitis ist die Mediastinitis eine der schwerwiegendsten Komplikationen. Wellmann und Sevyan zeigen in ihren Untersuchungen trotz intensiver Therapieverfahren (z. B. Omentumlappenplastik) Mortalitäten zwischen 5,5 % und 50 %. In der vorliegenden Studie konnte eine Reduktion im untersuchten Zeitraum von 0,5 % auf 0,0 % nachgewiesen werden.

Die mediastinale Infektion ist in der Regel multifaktoriell bedingt, das bedeutet, sowohl prädisponierende Faktoren des Patienten selbst als auch diverse prä-, intra- und postoperative Faktoren haben einen Einfluss. Zahlreiche Studien bestätigen, dass in erster Linie Diabetes mellitus, Adipositas, pAVK, COPD, Nicotinabusus oder ein präoperativ erhöhter NYHA-Score vorliegt. Aber auch Einsätze an der HLM, beidseitige Verwendung der Arterie mammariae internae, postoperativ verlängerte Beatmungsdauer und fehlerhafte Patientenlagerung, lange Operationsdauer, die Gabe von Blutprodukten, das Vorliegen einer Reoperation und die Art des Wundverschlusses gelten als wesentliche Risikofaktoren für die Entstehung postoperativer Wundheilungsstörungen. Zudem beeinflussen Alter und Geschlecht der Patienten den Wundheilungsverlauf [1,4,25,30,33,37,40,41,57].

Zur Prophylaxe dieser Komplikation sind gewebsschonenden Operationstechniken sowie der reduzierte Einsatz des Elektrochirurgiegerätes besonders hervorzuheben. Die Optimierung von aseptischen und antiseptischen Maßnahmen, ordnungsgemäß durchgeführter Haarentfernung, antibiotischer Abschirmung mittels Cephalosporinen, MRSA-Abstrichen sowie die sternale Unterdrucktherapie führten zusätzlich zu einer fallenden Inzidenz [25].

#### **4.3.9 Nierenversagen**

Obwohl der Anteil der Operierten mit präoperativer Niereninsuffizienz im untersuchten Zeitraum signifikant anstieg, spiegelt Meinertz im Jahr 2014 Inzidenzen von 4,6 % mit postoperativ bedingten Nierenversagen (2015 mit 4,5 %) aller kardiochirurgischen Patienten in Deutschland wider. Trotz immer höheren Patientenalters, Risikoeinstufungen und intraoperativ induzierter Senkung der Nierenfunktion durch z. B. Elektrolytungleichgewichte, Hypothermie oder hämodynamischen und metabolischen Schwankungen zeigt sich der Trend zur Reduktion dieser Komplikation. In der vorliegenden Studie zeigt sich jedoch eine

signifikante Verschiebung des postoperativ bedingten Nierenversagens von 8,1 % über 4,3 % auf 15,2 %. Nennenswerte patientenabhängige Risikofaktoren sind ein präoperativ erhöhtes Alter sowie Serumkreatinin, Diabetes mellitus, Adipositas (ein BMI über 35 kg/m<sup>2</sup>), arterielle Hypertonie, Herzinsuffizienz sowie dringliche Eingriffe. Zudem stieg im COVID-Zeitraum 2020 die Wartezeit für Operationen und somit das präoperative Risikoprofil. Beispielsweise zeigen Leontyev und Kollegen bei über 80-Jährigen mit Aortenklappenersatz einen Anstieg der akuten Niereninsuffizienz auf 9,6 % [105]. Umfangreiche Studien mit über 28.000 Patienten verdeutlichen zudem, dass zu den operationsabhängigen Variablen – neben zusätzlichen Bypasseingriffen, welche einen Anteil von 40,5 % im Jahr 2020 haben – die Dauer der OP, die Verwendung der IABP und die postoperative Gabe von Erythrozytenkonzentraten zählen [22]. Eine Ursache für das initial verminderte Auftreten könnte neben kürzeren OP-Zeiten und reservierten Gaben von Bluttransfusionen, das frühere Vorhersagen von akuten Nierenversagen durch das optimierte postoperative Monitoring mittels neuer Marker wie Cystatin C oder der frühzeitigen ZVD-Messung sein. Weiterhin tragen über die Jahre hinweg postoperative optimierte Kontrollen hinsichtlich Elektrolythaushalt, Körpergewicht und Medikamentenanpassung zu einem besseren Outcome bei [22,23,83,84].

#### **4.3.10 Reanimation**

Meinertz [61] zeigt eine bundesweite Inzidenz von 2,0 % für 2014 (2,3 % im Jahr 2015) hinsichtlich der postoperativen Reanimation. Ein erhöhtes Risiko bei isolierten Mitralklappeneingriffen (Inzidenz 2,5 % bis 5,6 %) und bei über 80-Jährigen (Inzidenz 4,7 %) lässt sich in Untersuchungen mit ähnlichem Patientenkontext nachweisen [99,100,105]. Hinsichtlich dieser postoperativen Komplikation zeigt sich ein nicht signifikanter Anstieg von 1,9 % über 1,0 % auf 3,5 % im untersuchten Zeitraum. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass sich der Anteil der kritisch instabilen Patienten bis seit dem Jahr 2001 stark reduziert hat (17,7 %), was sich durch die fortschreitende medizinische Versorgung erklären lässt [61]. Jedoch stieg wieder das Risikoprofil durch verzögerte Indikationsstellung und Therapie, bedingt durch COVID mit der temporären Unterversorgung. Zu den weiteren Ursachen für einen Rückgang der Reanimationsfälle zählen die zeitgerechte Indikationsstellung, schonendere Operationsmethoden sowie verbesserte postoperative Abläufe wie zügige Intensivtherapie und Monitoring (z. B. Verlaufskontrollen mittels TTE). Dank optimierter Diagnostik und Operationstechniken besteht eine weiterhin steigende herzchirurgische Leistungsausweitung in das höhere Alter. Durch diese heutigen Behandlungsmöglichkeiten wird jedoch ermöglicht, deutlich mehr Hochrisikopatienten zu therapieren. Diese Studie weist ähnliche Ergebnisse wie der bundesweite Durchschnitt auf [61,73]. Im untersuchten Zeitraum zeigt sich ein Anstieg der

Mortalität von 1,4 % (2001) auf 1,8 % (2013) auf 7,0 % (2019), wobei der Anzahl der verstorbenen Hochrisikopatienten von 33,3 % über 85,7 % auf 100,0 % erhöht ist. Darüber hinaus ist der Altersdurchschnitt der Verstorbenen von 61 über 76 auf 78 Jahren deutlich angestiegen. Das steigende Alter und die Komorbiditäten spiegeln sich ebenso in der postoperativen ITS-Verweildauer wider. So sinkt die Anzahl des planmäßigen Zwei-Tages-Aufenthalts von 78 % über 58,4 % auf 58 %. Gleichzeitig steigt der Patientenanteil mit einer Verweildauer von mehr als sechs Tagen von 6,0 % auf 10,6 % auf 16,3 %.

## **V. ZUSAMMENFASSUNG**

In der vorliegenden Studie werden die Veränderungen des Risikoprofils bei Patienten der Universitätsmedizin Rostock mit einer Herzklappenerkrankung in den Jahren 2001, 2013 und 2020 untersucht. Darüber hinaus wurde auch der Einfluss auf Morbidität und Mortalität überprüft.

Insgesamt wurden 863 Patienten, die an Klappenfehlern oder einer Kombination aus koronarer Herzkrankheit und Klappenvitien, in den untersuchten Zeitraum miteingeschlossen. Es erfolgte eine retrospektive einheitliche Risikoeinstufung aller Patienten durch die Anwendung des international etablierten additiven EuroSCOREs. Mittels Addition aller Komorbiditäten eines Patienten konnte errechnet werden, mit welchem Risiko der Patient prä- bzw. postoperativ einzustufen ist. Der Patient wurde mit seinem errechneten Punktwert in die jeweilige EuroSCORE-Risikogruppe klassifiziert.

Die Datenerfassung der prä- und intraoperativen Faktoren sowie der postoperativen Komplikationen und der Verweildauer auf der ITS erfolgte aus den Krankenunterlagen der herzchirurgischen Patienten der Universitätsmedizin Rostock.

Die statistische Auswertung und die Signifikanzprüfung wurden bei den qualitativen Merkmalen und unabhängigen Stichproben mittels Chi-Quadrat-Tests nach Pearson ermittelt. Bezüglich der quantitativen Merkmale (ITS-Tage, Summe der Risikofaktoren, Patientenalter zum OP-Zeitpunkt) erfolgten die Berechnung der Normalverteilung anhand des Kolmogorow-Smirnov-Anpassungstests und die statistische Signifikanz mittels des Mann-Whitney-Tests.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit stellen sich wie folgt dar: Die patientenabhängigen Risikofaktoren „Alter“ zum Operationszeitpunkt, „zusätzliche Bypassoperationen“, „Geschlecht“, „extrakardiale Gefäßerkrankungen“, „neurologische Funktionsstörungen“,

„Serumkreatinin“, „aktive Endokarditis“ und „vorausgegangene Herzoperation“ sowie die kardialen Risikofaktoren „instabile Angina pectoris“, „linksventrikuläre Dysfunktion“, „Myokardinfarkt“ und „pulmonaler Hypertonie“ und die operationsbedingten Risikofaktoren „andere kardiale Eingriffe außer Bypassoperationen“, sowie „Eingriffe an der thorakalen Aorta“ weisen im Untersuchungszeitraum ein statistisch signifikant erhöhtes Vorkommen auf. Ein über die Jahre hinweg erhöhtes, jedoch nicht statistisch signifikantes Vorkommen weisen die patientenabhängigen Risikofaktoren, „chronische Lungenerkrankungen“ und die operationsbedingten Risikofaktoren „Notfall“ sowie „Herzseptumruptur“ auf.

Ein vermindert statistisch signifikantes Vorkommen zeigt sich lediglich bei dem patientenabhängigen Risikofaktor „kritischer präoperativer Status“.

Die Ergebnisse der postoperativen Komplikationen weisen eine statistisch signifikante Erhöhung bei der „postoperativen Herzinsuffizienz“, den „neurologischen Komplikationen“, „Niereninsuffizienz“, „Reoperation“, Komplikationen der Wundheilung“, „Mortalität“ und dem „ITS-Aufenthalt“ auf. Im Vergleich der einzelnen Jahrgänge zeigt sich ein nicht signifikant erhöhtes Vorkommen bei der postoperativen Komplikation „Reanimation“. Die Komplikationen „perioperativer Myokardinfarkt“, und „Herzrhythmusstörungen“ zeigen ein statistisch signifikant vermindertes Auftreten.

Zudem sind im Vergleich der Jahrgänge eine deutliche Steigerung des Durchschnittsalters der Verstorbenen sowie ein beinahe ausschließliches Auftreten der verstorbenen Patienten mit hoher Risikoeinstufung erkennbar.

Aufgrund der COVID Pandemie ist die vorliegende Studie jedoch deutlich limitiert. Die Auswirkungen im Jahr 2020 mit eingeschränkter ITS-Kapazität, verlängerten präoperativen Wartezeiten und damit steigendem Risikoprofil, haben großen Einfluss auf den untersuchten Jahrgang. Die vorliegende Studie wird durch die Etablierung des interventionellen Herzklappenersatzes (TAVI) limitiert, was eine Verschiebung des Vorkommens konventionell chirurgischer Herzklappenoperationen bedingt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen, dass Herzoperationen bei Patienten eines höheren Alters durchführbar sind, wenn auch mit einem erhöhten Risiko. Trotz optimierter Operationstechniken, herzchirurgischer Ausbildung, umfassenderen präoperativen Screenings und lückenloser stationärer ITS-Überwachung in den letzten Jahren, zeigt sich eine Verschiebung des Risikos von der mittleren in die hohe Risikoeinstufung, die dem immer höheren Alter der Patienten und den damit vermehrt einhergehenden Komorbiditäten geschuldet ist. Die beschriebene Entwicklung der Komplikationsraten und der Mortalität der herzchirurgischen Patienten ist unter dem Einfluss der COVID-Pandemie schwierig zu schlussfolgern.

## VI. THESEN

1. Diese Studie untersuchte die Veränderungen des Risikoprofils und den Einfluss auf die Morbidität und Mortalität bei Patienten mit Herzklappenerkrankungen oder einer Kombination aus koronarer Herzkrankheit und Klappenerkrankungen, die in den Jahren 2001, 2013 und 2020 in der Klinik und Poliklinik für Herzchirurgie der Universitätsmedizin Rostock behandelt wurden.
2. Bei 863 Patienten erfolgte eine retrospektive Risikoeinstufung durch Anwendung des additiven EuroSCORE-Modells. Bei den verbleibenden 25 Patienten war dies aufgrund fehlender Krankenakten oder Datenangaben nicht möglich.
3. Die vorliegende Studie zeigt einen Wechsel der häufigsten Indikationen für chirurgisch konventionelle Eingriffe an den Herzklappen. Dabei löst die Mitralklappeninsuffizienz die Aortenklappenstenose als führender Grund ab, was hauptsächlich der interventionellen Aortenklappenimplantation geschuldet ist. Im Jahr 2013 wurden bundesweit erstmals mehr TAVIs (transfemoral 7.620 und transapikal 2.821 Eingriffe) durchgeführt als konventionell chirurgische (9.899 Eingriffe). Dennoch beschreibt diese Studie im untersuchten Zeitraum einen Anstieg der konventionell-chirurgischen Operationen.
4. Die statistische Auswertung und Signifikanzprüfung der Ergebnisse erfolgten bei qualitativen Merkmalen und unabhängigen Stichproben mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson. Bei quantitativen Merkmalen wurde die Normalverteilung mithilfe des Kolmogorow-Smirnov-Anpassungstests und die statistische Signifikanz anhand des Mann-Whitney-Tests untersucht.
5. Die patientenabhängigen Risikofaktoren „Alter“, „Geschlecht“ und „vorausgegangene Herzoperationen“ sowie die kardialen Risikofaktoren „Linksventrikuläre Dysfunktion unter 30 % und 30 % bis 50 %“ sowie „pulmonaler Hypertonie“ und die operationsbedingten Risikofaktoren „Andere kardiale Eingriffe außer Bypassoperationen“, „Herzohrklusion“, „Ablation“ sowie „chirurgische Eingriffe an der thorakalen Aorta“ weisen ein statistisch signifikant erhöhtes Vorkommen im Untersuchungszeitraum auf.

6. Der patientenabhängige Risikofaktor „Kritischer präoperativer Status“ zeigt im untersuchten Zeitraum ein statistisch signifikant vermindertes Auftreten.
7. Die postoperativen Komplikationen „Postoperative Herzinsuffizienz“, „Neurologische Komplikationen“ und „ITS-Aufenthalt“ erweisen sich in dieser Studie als statistisch signifikant erhöht, während „perioperativer Myokardinfarkt“, „Reoperation“ und „Herzrhythmusstörung“ statistisch signifikant vermindert sind.
8. Die postoperative Komplikation „Mortalität“ zeigt im Untersuchungszeitraum einen signifikanten Anstieg.
9. Diese Studie verdeutlicht, dass durch eine entsprechende herzchirurgische Ausbildung, umfassende präoperative Screenings und eine lückenlose stationäre ITS-Überwachung, konventionell chirurgische Eingriffe bei Patienten eines höheren Alters durchführbar sind, wenn auch mit einem erhöhten Risiko.
10. Es zeigt sich zudem eine Verschiebung des Risikos von der mittleren in die hohe Risikoeinstufung, die dem immer höheren Alter der Patienten und den damit vermehrt auftretenden Komorbiditäten, wie auch der COVID-Pandemie geschuldet ist. Unter Berücksichtigung aller Faktoren hat COVID in 2020 einen großen Einfluss, was endgültige Schlussfolgerungen für diese Studie schwierig erscheinen lässt.

## VII. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

---

ABB	Abbildung
ACVB	Aortocoronarer Venenbypass
ARDS	Adult Respiratory Distress Syndrom
CPU	Chest Pain Unit
CT	Computertomografie
d.h.	das heißt
DIC	Disseminierte Intravasale Coagulation
EKG	Elektrokardiogramm
et al.	et altera
ggf.	gegebenenfalls
HIT	Heparin-induzierte Thrombozytopenie
HLM	Herz-Lungen-Maschine
HOPS	Hirnorganisches Psychosyndrom
ITS	Intensivstation
i. v.	intravenös
KHK	Koronare Herzerkrankung
Krea	Kreatinin
LVEF	Left Ventrikular Ejection Fraction
MRT	Magnetresonanztomographie
NYHA	New York Heart Association
PAVK	Periphere Arterielle Verschlusskrankheit
PT	Pulmonale Hypertonie
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
STS	Society of Thoracic Surgeons
TAVI	Transcatheter-Aortic-Valve-Implantation
TEE	Transösophageale Echokardiografie
TIA	Transitorische Ischämische Attacke
TTE	Transthorakale Echokardiografie
VHF	Vorhofflimmern

## VIII. LITERATURVERZEICHNIS

---

1. Friedrich I, Simm A, Kötting J, Thölen F, Fischer B, Silber RE. Der alte Patient in der Herzchirurgie. *Deutsches Ärzteblatt Int* 2009; 106(25): 416-22.
2. Geissler HJ, Hölzl P, Marohl S, Kuhn-Regnier F, Mehlhorn U, Südkamp M, de Vivie ER. Risk stratification in heart surgery: comparison of six score systems. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 2000; 17: 400-406.
3. Oswald BR, Blackstone EH, Tochtermann U, Schweiger P, Thomas G, Vahl CF, Hagl S. Does the completeness of revascularization affect early survival after coronary artery bypass grafting in elderly patients? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 2001; 20: 120-126.
4. Ennker J, Zerkowski HR. Risiko und Qualität in der Herzchirurgie. Darmstadt 2006; 3-4, 35-48, 66-70, 133-143.
5. Mai M. Risikostratifizierung in der Herzchirurgie- Betrachtung von 6 Risiko-Scores im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit und prognostische Wertigkeit. Universität Würzburg 2006; 7-16, 22-30, 37-41.
6. Thiele O. Initiale Ergebnisse nach perkutanem Aortenklappenersatz bei Hochrisikopatienten an der Universität Rostock. *Universitätsmedizin Rostock, Zentrum für Innere Medizin, Abteilung Kardiologie*, 2012; 8-16.
7. Hoffmann G, Lutter G, Cremer J. Verbesserte Haltbarkeit von biologischen Herzklappen (Durability of Bioprosthetic Cardiac Valves), *Dtsch Arztebl* 2008; 105(8): 143-8; DOI: 10.3238/arztebl.2008.0143.
8. Roques F, Nashef SAM, Michel P, Pintor P, David M, Baudet E The EuroScore Study Group. Does EuroScore work in individual European countries? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 18: (2000); 27-30.
9. Nashef SAM, Roques F, Hammill BG, Peterson ED, Michel P, Grover FL, Wyse RKH, Ferguson TB. Validation of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) in North American cardiac surgery. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 22: (2002); 101–105.
10. Nashef SAM, Roques F, Michel P, Cortina J, Faichney A, Gams E, Harjula A, Jones MT. Coronary surgery in Europe: comparison of the national subsets of the European System for Cardiac Operative Risk Evaluation database. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 17: (2000); 396-399.
11. Warnke H. *Chirurgie der koronaren Herzkrankheit*. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1983; 85-88, 129-131, 226-230.
12. Shanmugam G, West M, Berg G. Additive and logistic EuroSCORE performance in high risk patients. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 4: (2005); 299–303.
13. Nashef SAM, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R, the EuroSCORE study group. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 16:(1999); 9-13.

14. Andrade ING, de Moraes Neto FR, Oliveira JPS d P, Silva ITC, Andrade TG, de Moraes CRR. Assessment of the EuroSCORE as a predictor for mortality in valve cardiac surgery at the Heart Institute of Pernambuco. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2010; 25(1): 11-18.
15. Toumpoulisa IK, Anagnostopoulou CE, Swistela DG, DeRose JJr. Does EuroSCORE predict length of stay and specific postoperative complications after cardiac surgery? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 27: (2005); 128–133.
16. Gogbashian A, Sedrakyan A, Treasure T. EuroSCORE: a systematic review of international performance. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 25: (2004); 695–700.
17. Michel P, Roques F, Nashef SAM, The EuroSCORE Project Group. Logistic or additive EuroSCORE for high-risk patients? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 23: (2003); 684–687.
18. Laurent M, Fournet M, Feit B, Oger E, Donal E, Thébault C, Yves Biron Y, Beneux X, Sellin M, Le Reveillé S, Flecher E, Leguerrier A.: Simple bedside clinical evaluation versus established scores in the estimation of operative risk in valve replacement for severe aortic stenosis. *Archives of Cardiovascular Disease* 106: (2013); 651—660.
19. Staat & Gesellschaft- Todesursachen- 2013: Statistisches Bundesamt (Destatis). <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Aktuell.html>.
20. Siregar S, Groenwold RHH, de Heer F, Bots ML, van der Graaf Y, van Herwerden LA. Performance of the original EuroSCORE. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 41: (2012); 746–754.
21. Vahanian A, Lung B, Himbert D, Depoix JP, Nataf P. Understanding Risk Assessment in Cardiac Surgery Patients. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 22: (2010); 285-290.
22. Ng et al. Prediction of acute kidney injury within 30 days of cardiac surgery. *J Thoracic Cardiovasc Surgery* 2014; 147 (6); 1875-83.
23. Williams JB, Peterson ED, Wojdyla D, Harskamp R, Southerland KW, Ferguson TB, Smith PK, Milano CA, Lopes RD. Central venous pressure after coronary artery bypass surgery: Does it predict postoperative mortality or renal failure? *Journal of Critical Care* 29 2014; 1006–1010.
24. Rasmussen RV, Bruun LE, Lund J, Larsen CT, Hassager C, Bruun NE. The impact of cardiac surgery in native valve infective endocarditis: Can euroSCORE guide patient selection? *International Journal of Cardiology* 149: (2011); 304–309.
25. Sevyan A. Wundversorgung bei Patienten nach medianer Sternotomie mittels Unterdruckverband – Prevena Incision Management System und PICO-System. *Deutsches Herzzentrum Berlin Klinik für Herz-, Thorax- u. Gefäßchirurgie* 2016; 10-25.
26. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, Lockowandt U. EuroSCORE II. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 41: (2012); 734–745.

27. Haensig M, Holzhey DM, Borger MA, Schuler G, Shi W, Subramanian S, Rastan AJ, Mohr FW. Is the new EuroSCORE II a better predictor for transapical aortic valve implantation? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 44: (2013); 302–308.
28. Holinski S, Claus B, Christ T, Kasperianaite R, Konertz W. Overestimation of the operative risk by the EuroSCORE also in high-risk patients undergoing aortic valve replacement with a stentless biological prosthesis. *Heart Surgery Forum* (2010); 13 (1): 13-16.
29. Hirose H, Noguchib C, Inabaa H, Tambaraa K, Yamamotoa T, Yamasakia M, Kikuchia K, Amanoa A. The role of EuroSCORE in patients undergoing off-pump coronary artery bypass. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 10: (2010); 771–776.
30. Siewert JR. *Chirurgie*. 7. Auflage Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2002; 50, 82-83, 389-397, 423.
31. Wellmann P. Therapie von persistierender tiefer sternaler Wundinfektion und Mediastinitis nach herzchirurgischen Eingriffen mittels Omentumlappenplastik. *Herzchirurgische Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München* 2010; 4-10, 41-52.
32. Casalino R, Tarasoutchi F, Spina G, Katz M, Bacelar A, Sampaio R, Ranzani OT, Pomerantzeff PM, Grinberg M. EuroSCORE Models in a Cohort of Patients with Valvular Heart Disease and a High Prevalence of Rheumatic Fever Submitted to Surgical Procedures. *PLoS ONE* 10(2): e0118357. doi: 10.1371/journal.pone.0118357 Page 1-13.
33. Grubitzsch H, Schaefer A, Melzer C, Wernecke KD, Gabbieri D, Konertz W. Outcome after surgery for prosthetic valve endocarditis and the impact of preoperative treatment. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2014; 148:2052-9.
34. Wang TKM, Choi DHM, Haydock D, Gamble G, Stewart R, Ruygrok P. Comparison of Risk Scores for Prediction of Complications following Aortic Valve Replacement. *Heart, Lung and Circulation* 2015, doi.org/10.1016/j.hlc.2014.11.021.
35. Poullis M, Pullan M, Chalmers J, Mediratta N. The validity of the original EuroSCORE and EuroSCORE II in patients over the age of seventy. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery* 20: 2015; 172–177.
36. Nashef S.A.M. The Current Role of EuroSCORE. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 24: 2012; 11-12.
37. Fries F. Langzeitergebnisse nach allogenem Aortenklappenersatz. *Herzchirurgischen Klinik und Poliklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München* 2010; 26-27, 54-63, 83-85.
38. Roques F, Nashef SAM, Michel P, The EuroSCORE study group. Risk factors for early mortality after valve surgery in Europe in the 1990s: lessons from the EuroSCORE pilot program. *The Journal of Heart Valve Disease* 2001; 10(5): 572-577.
39. Stoica SC, Sharples LD, Ahmed I, Roques F, Large SR, Nashef SAM. Preoperative risk prediction and intraoperative events in cardiac surgery. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 21: (2002); 41–46.
40. Wilbring M, Tugtekin SM, Alexiou K, Simonis G, Matschke K, Kappert U. Transapical transcatheter aortic valve implantation vs conventional aortic valve replacement in high-risk patients with previous cardiac surgery: a propensity-score analysis. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2013; 44; 42-47.

41. Strecker T, Rösch J, Horch RE, Weyand M, Kneser U. Sternal wound infections following cardiac surgery: risk factor analysis and interdisciplinary treatment. *Heart Surg Forum*. 2007; 10(5): 366-71.
42. Tralhao A, Teles RC, Almeida MS, Madeira S, Santos MB, Andrade MJ, Mendes M, Neves JP. Aortic valve replacement for severe aortic stenosis in octogenarians: patient outcomes and comparison of operative risk scores. *Rev Port Cardiol*. 2015; 34 (7-8): 439-46.
43. Metzler B. Syntax, STS- und EuroSCORE – Wie genau sind sie in der Risikobewertung bei Herzerkrankungen? *Journal of Cardiology – Austrian* 2011; 18 (11 – 12), 355-361.
44. Parolari A, Pesce L, Trezzi M, Cavalotti L, Kassem S, Loardi C, Pacini D, Tremoli E, Alamanni F. EuroSCORE Performance in Valve Surgery: A Meta-Analysis. *The Society of Thoracic Surgeons* 2010; 89: 787-793.
45. Osswald BR, Tochtermann U, Thomas G, Vahl CF, Hagl S. Stabilität des Euro-Score als Instrument zur Identifikation von Patientenrisikogruppen – Abhängigkeit des verwendeten Dokumentationssystems. *Clinical Research in Cardiology* 2: (2002); 125-130.
46. The Society of Thoracic Surgeons. Executive Summary: Society of Thoracic Surgeons Spring 2007 Report. Chicago.
47. Sianos G, Morel MA, Kappetein LAP et al. The SYNTAX Score: an angiographic tool grading to complexity of coronary artery disease. *Euro-Intervention* 2005; 1: 219-227.
48. Ranucci M, Castelvechio S, Menicanti L, Frigiola A, Pelissero G. Risk of assessing mortality risk in elective cardiac operations: age, creatinine, ejection fraction, and the law of parsimony. *Circulation* 2009; 119: 3053–3061.
49. Kacila M, Granov N, Omerbasic' E, Memisevic' N. Additive and logistic EuroSCORE in assessment of operative mortality in cardiac surgery. *Med Arh*. 62 (5- 6): 2008; 298-299.
50. Zingone B, Pappalardo A, Dreas L. Logistic versus additive EuroSCORE. A comparative assessment of the two models in an independent population sample. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 26 (6): (2004); 1134-1140.
51. Roques F, Michel P, Goldstone AR, Nashef SAM. The logistic EuroSCORE Letters to the Editor. *European Heart Journal* 24: (2003); 1-2 / doi: 10.1016/S0195-668X (02)00799-6.
52. Biancari F, Vasques F, Mikkola R, Martin M, Lahtinen J, Heikkinen J. Validation of EuroSCORE II in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery* 93: (2012); 1930-1935.
53. Chalmers J, Pullan M, Fabri B, McShane J, Shaw M, Mediratta N, Poullis M. Validation of EuroSCORE II in a modern cohort of patients undergoing cardiac surgery. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 43 (4): (2013); 688-694.
54. Di Dedda U, Pelissero G, Agnelli B, De Vincentiis C, Castelvechio S, Ranucci M. Accuracy, calibration and clinical performance of the new EuroSCORE II risk stratification system. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 43 (1): (2013); 27-32.
55. Timmerkamp P. Vergleich der durch EuroSCORE prognostizierten mit der beobachteten Mortalität von aortokoronaren Bypass-Operationen. Universität Gießen 2014; 30-36, 48-49.

56. Schmid C. Leitfaden Erwachsenenherzchirurgie. Steinkopff Verlag Darmstadt 2002; 37-38, 60-63.
57. Larsen R. Anästhesie und Intensivmedizin in der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie. 8. Auflage Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2012; 183-185.
58. Bauer K., Ennker J. Herzklappenchirurgie – Ein Patientenratgeber (Operationen am Herzen). 3. Auflage Steinkopff Verlag 2008;45-57.
59. Kalmár P, Irrgang E. Cardiac Surgery in Germany during 2001: A Report by the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. Thoracic Cardiovascular Surgery 50 (6): (2002); 30-35.
60. Funkat A., Beckmann A., Lewandowski J, Frie M, Ernst M, Schiller W, Gummert JF, Cremer J. Cardiac Surgery in Germany during 2013: A Report on Behalf of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. Thoracic Cardiovascular Surgery 62 (5): (2014); 380-392.
61. Meinertz T. 28. Deutsche Herzbericht 2016: Sektorenübergreifende Versorgungsanalyse zur Kardiologie, Herzchirurgie und Kinderherzmedizin in Deutschland 2016; 17-27, 63-74, 101-120.
62. Matt P, Bernet F, Zerkowski HR. Herzchirurgie im fortgeschrittenen Lebensalter. Deutsches Ärzteblatt 2005; 102 (15): 1056-1600.
63. Kuck KH. 27. Deutsche Herzbericht 2015. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V., Presstext DGK 01/2016 1-4.
64. Lauten A, Figulla HR. Herzklappenerkrankungen: Symptome, Diagnose und aktuelle Therapieverfahren; Deutsche Herzstiftung e. V. Klinik für Innere Medizin (Kardiologie, Angiologie, Pneumologie und internistische Intensivmedizin) Universitäts-Herzzentrum Thüringen, Jena, Sonderdruck, Speyer GmbH 2014; 2-10.
65. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN et al. Burden of valvular heart disease: a population-based study. Lancet 2006; 368: 1005–11.
66. Aurigemma GP, Silver KH, McLaughlin M, Mauser J, Gaasch WH. Impact of chamber geometry and gender on left ventricular systolic function in patients > 60 years of age with aortic stenosis. Am J. Cardiol 1994; 74: 794–8.
67. O'Connor SA, Morice MC, Gilard M, Leon MB, Webb JG, et al. Revisiting sex equality with transcatheter aortic valve replacement outcomes: a collaborative, patient-level meta-analysis of 11,310 patients. J Am Coll Cardiol 2015; 66: 221–8.
68. Schmidtke C. Herzchirurgie: Frauenspezifische Aspekte; Deutsches Ärzteblatt 2016; 113(12) 7- 8.
69. Vahanian A, Ottavio A. ESC Pocket Guidelines – Herzklappenerkrankungen. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V., Düsseldorf 2012; 5- 24.
70. Elsenhans I. Endspurt Klinik – Innere und Chirurgie – Herzkreislaufsystem; Georg Thieme Verlag KG Stuttgart 2013; 58 – 60.

71. Elhmidi Y, Piazza N, Mazzitelli D, Wottke M, Lange R, Bleiziffer S. Sex-Related Differences in 2197 Patients Undergoing Isolated Surgical Aortic Valve Replacement, *J Card Surg* 2014; 29:772–778.
72. Poli D, Antonucci E, Pengo V, Grifoni E, Maggini N, Testa S, Lodigiani C, Insana A, Marongiu F, Barcellona D, Paparo C, Bucherini E, Pignatelli P, Palareti G. Risk of reoperation in bioprosthetic valve patients with indication for longterm anticoagulation. Results from the observational retrospective multicentre PLECTRUM study, *Open Heart* 2018; 5: e000837. doi:10.1136/openhrt-2018-000837.
73. Andresen D, Frerker C, Derk F, Ensminger S, Beyersdorf F, Rudolph V, Falk V. 32. Deutscher Herzbericht 2021: Sektorenübergreifende Versorgungsanalyse zur Kardiologie, Herzchirurgie und Kinderherzmedizin in Deutschland 2020; 33-38, 56-57, 75-84, 163-167.
74. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA, O'Gara PT, Ruiz CE, Skubas NJ, Sorajja P, Sundt TM 3rd, Thomas JD;. AHA/ ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 63 (2014): e57- e185.
75. Hoeper MM, Humbert M, Souza R, Idrees M, Kawut SM, Sliwa-Hahnle K, Jing ZC, Gibbs JS. A global view of pulmonary hypertension. *Lancet Respir Med* 2016; 4: 306–22.
76. Hoeper MM, Huscher D, Pittrow D. Incidence and prevalence of pulmonary arterial hypertension in Germany. *Int J Cardiol* 2016; 203: 612–3.
77. Rosenkranz S, Gibbs JS, Wachter R, De Marco T, Vonk-Noordegraaf A, Vachiery JL. Left ventricular heart failure and pulmonary hypertension. *Eur Heart J* 2016; 37: 942–54.
78. Calkins H, Kuck KH, Cappato R, Brugada J, Camm AJ, Chen SA. HRS/EHRA/ECAS Expert Consensus Statement on Catheter and Surgical Ablation of Atrial Fibrillation: recommendations for patient selection, procedural techniques, patient management and follow-up, definitions, endpoints, and research trial design. *Europace*.2012; 14:528–606.
79. Boersma LV, Castella M, van Boven W, Berruezo A, Yilmaz A, Nadal M. Atrial fibrillation catheter ablation versus surgical ablation treatment (FAST): a 2–center randomized clinical trial. *Circulation*. 2012; 125:23–30.
80. Holmes DR, Reddy VY, Turi ZG, Doshi SK, Sievert H, Buchbinder M. Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation:a randomised non-inferiority trial. *Lancet*. 2009; 374:534–42.
81. Khargi K, Hutten BA, Lemke B, Deneke T. Surgical treatment of atrial fibrillation; a systematic review. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005; 27:258–65.
82. Ye YQ, Wang YT, Li Z, Wang MY, Xu HY, Zhang WJ, Liu QR, Niu GN, Wu YJ. Outcome comparison of different therapy procedures in surgical high-risk elderly patients with severe aortic stenosis, *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*, 2017 Jan 25; 45(1): 13- 16.
83. Larsen R. *Anästhesie und Intensivmedizin in der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie*. 9. Auflage Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2017; 208-210, 251- 255.
84. Rosendahl U, Ennker IA, Albert A, Bauer S, Mortasawi A, Bauer K, Dalladaku F, Boreis J, Ennker J. Perioperative Komplikationen nach Herzklappenersatz. *Zeitschrift für Kardiologie*, 2001; Band 90, Heft 6: 92-99.

85. Yamashita Y, Tanoue Y, Sonoda H, Ushijima T, Kimura S, Oishi Y, Tatewaki H, Hiasa K, Arita T, Shiose A. Comparison of cardiac energetics after transcatheter and surgical aortic valve replacements. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018 Oct 25; doi:10.1093/icvts/ivy292.
86. Pibarot P, Borger MA. The Left Ventricular Mass Regression Paradox following Surgical Valve Replacement: A Real Phenomenon or a Mathematical Glitch? *Structural Heart: The Journal of the Heart Team* ; Vol. 1, 2017; 1:62-4.
87. Ramlawi B, Feng J, Mieno S, Szabo C, Zsengeller Z, Clements R, Sodha N, Boodhwani M, Bianchi C, Sellke FW. Indices of apoptosis activation after blood cardioplegia and cardiopulmonary bypass. *Circulation*: 2006 Jul 4; 114: I257-63.
88. Rex S, Marx G. Therapie der akuten Herzinsuffizienz. *Ai-online. Info /abstracts/pdf/dacAbstracts/2011*; 139-147.
89. Thies K. Risikofaktoren des Vorhofflimmerns nach herzchirurgischen Eingriffen. *Universität zu Köln*, 2012; 4-7, 32- 49.
90. Auer J, Weber T, Berent R, Ng CK, Lamm G, Eber B. Risk factors of postoperative atrial fibrillation after cardiac surgery. *J Card Surg* 2005; 20(5): 425-431.
91. Mathew JP, Fontes ML, Tudor IC, Ramsay J, Duke P, Mazer CD, Barash PG, Hsu PH, Mangano DT. A multicenter risk index for atrial fibrillation after cardiac surgery. *JAMA* 2004, 291(14):1720-1729.
92. Gillinov AM, Bagiella E, Moskowitz AJ, Raiten JM, Groh MA, Bowdish ME, Ailawadi G, Kirkwood KA, Perrault LP, Parides MK, Smith RL 2nd, Kern JA, Dussault G, Hackmann AE, Jeffries NO, Miller MA, Taddei-Peters WC, Rose EA, Weisel RD, Williams DL, Mangusan RF, Argenziano M, Moquete EG, O'Sullivan KL, Pellerin M, Shah KJ, Gammie JS, Mayer ML, Voisine P, Gelijns AC, O'Gara PT, Mack MJ. A Randomized Trial of Rate Control versus Rhythm Control for Atrial Fibrillation after Cardiac Surgery, *N Engl J Med* 2016; online 4. April.
93. Hogue CW, Jr., Creswell LL, Gutterman DD, Fleisher LA. Epidemiology, mechanisms, and risks: American College of Chest Physicians guidelines for the prevention and management of postoperative atrial fibrillation after cardiac surgery. *Chest* 2005; 128(2): 9- 16.
94. Yokota J, Nishi H, Sekiya S, Yamada M, Takahashi T. Atrial fibrillation following aortic valve replacement: impact of perioperative use of intravenous beta-blocker. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2017; 65: 194- 199.
95. Peretto, Giovanni; Durante, Alessandro; Limite, Luca Rosario; Cianflone, Domenico. Postoperative arrhythmias after cardiac surgery: incidence, risk factors, and therapeutic management. In: *Cardiology research and practice* 2014, S. 615987. DOI:10.1155/2014/615987.
96. Bakker, R.C., Osse RJ, Tulen JH, Kappetein AP, Bogers AJ. Preoperative and operative predictors of delirium after cardiac surgery in elderly patients. *European J Cardio-Thoracic Surgery*, 2012. 41(3): p. 544-549.

97. Baranowska, K, Juszczak G, Dmitruk I, Knapp M, Tycińska A, Jakubów P, Adamczuk A, Stankiewicz A, Hirnle T. Risk factors of neurological complications in cardiac surgery. *Kardiologia Polska*, 2012; 70(8): p. 811-818.
98. Markewitz A, Franke A. *Herzchirurgische Intensivmedizin* Springer Verlag Berlin Heidelberg. 2010; 3. Auflage 63: p. 1082.
99. Burger JH. Minimalinvasiver versus konventioneller Aortenklappenersatz - eine retrospektive Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Lebensqualität. Universität Tübingen 2011; 31-39, 57-59.
100. Wiedemann NA. Postoperative Analyse nach Mitralklappenrekonstruktion - Eine retrospektive Studie an 143 Patienten. Ludwig-Maximilians-Universität München 2008; p. 26-37.
101. Tietze C. Klinisches Outcome nach Aortenklappenrekonstruktion: 16 Jahre Erfahrung bei 508 Patienten. Universität Lübeck 2014; p. 9-22.
102. Treede MDM. Retrospektive Datenanalyse zur postoperativen Rekonvaleszenz nach Mitralklappenchirurgie - Vergleich minimalinvasiver und konventioneller OP-Techniken. Universität Hamburg 2011; p. 48-53.
103. Elmariah S, Palacios IF, McAndrew T, Hueter I, Inglessis I, Baker JN, Kodali S, Leon MB, Svensson L, Pibarot P, Douglas PS, Fearon WF, Kirtane AJ, Maniar HS, Passeri JJ; PARTNER Investigators. Outcomes of Transcatheter and Surgical Aortic Valve Replacement in High-Risk Patients with Aortic Stenosis and Left Ventricular Dysfunction Results from the Placement of Aortic Transcatheter Valves (PARTNER) Trial (Cohort A). *Circ Cardiovasc Interv.* 2013; 6:604-614.
104. Chan V, Ahrari A, Ruel M, Elmistekawy E, Hynes M, Mesana TG. Perioperative Deaths After Mitral Valve Operations May Be Overestimated by Contemporary Risk Models. *Ann Thorac Surg* 2014; 98:605–10.
105. Leontyev S, Walther T, Borger MA, Lehmann S, Funkat AK, Rastan A, Kempfert J, Falk V, Mohr FW. Aortic Valve Replacement in Octogenarians: Utility of Risk Stratification with EuroSCORE. Department of Cardiac Surgery, Heart Center, University of Leipzig, Leipzig, Germany, *Ann Thorac Surg* 2009; 87:1440 –5.
106. Genereux P, Cohen DJ, Williams MR, Mack M, Kodali SK, Svensson LG, Kirtane AJ, Xu K, McAndrew TC, Makkar R, Smith CR, Leon MB. Bleeding Complications After Surgical Aortic Valve Replacement Compared with Transcatheter Aortic Valve Replacement - Insights from the PARTNER I Trial (Placement of Aortic Transcatheter Valve). *J American College of Cardiology* 2014; Vol. 63, No. 11, p. 1100-9.

**Tabelle 7 : Vergleich der erfassten und fehlenden Patientendaten**

Patientendaten	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
erfasste Patientendaten	209 (98 %)	397 (95 %)	257 (100%)
fehlende Patientendaten	4 (2 %)	21 (5 %)	0 (0%)

**Tabelle 8 : Prozentuale Verteilung der erfassten Patienten auf die Altersgruppen**

Altersgruppen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
< 60 Jahre	19,1 %	21,9 %	18,3 %
61 - 65 Jahre	17,7 %	11,1 %	15,6 %
66 - 70 Jahre	22,0 %	11,6 %	22,2 %
71 - 75 Jahre	22,0 %	24,7 %	14,8 %
76 - 80 Jahre	14,4 %	23,2 %	18,7 %
81 - 85 Jahre	2,9 %	6,3 %	8,2 %
86 - 90 Jahre	1,9 %	1,0 %	1,9 %
91 - 95 Jahre	0,0 %	0,3 %	0,4 %

**Tabelle 9 : Prozentuale Verteilung der Patienten mit koronarer Herzkrankheit**

koronare Herzkrankheit	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	67,0 %	73,0 %	59,5 %
ja	33,0 %	27,0 %	40,5 %

**Tabelle 10 : Prozentuale Verteilung der Herzklappenfehler**

Herzklappenart	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
Keine Angaben	1,9 %	0,0 %	0,0 %
Aortenstenose	38,3 %	23,9 %	27,6 %
Aorteninsuffizienz	10,0 %	15,9 %	23,7 %
Aortenstenose/-insuffizienz	18,7 %	22,4 %	13,6 %
Mitralstenose	5,3 %	0,5 %	0,8 %
Mitralinsuffizienz	14,8 %	30,0 %	52,1 %
Mitralstenose/-insuffizienz	1,4 %	0,5 %	1,2 %
Kombinierte Vitien	7,7 %	6,3 %	16,4 %
Trikuspidalinsuffizienz	0,0 %	0,5 %	18,7 %
Trikuspidalstenose/-insuffizienz	1,4 %	0,0 %	0,0 %
Pulmonalinsuffizienz	0,5 %	0,0 %	0,8 %
Pulmonalstenose	0,0 %	0,0 %	0,0 %

**Tabelle 11 : Prozentuale Verteilung der kombinierten Herzklappenfehler**

Herzklappenkombinationen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
Aorten- und Mitralklappe	7,7 %	13,4 %	10,5 %
Aorten- / Mitral- / Trikuspidalklappe	0,0 %	4,3 %	1,6 %
Mitral- und Trikuspidalklappe	0,0 %	9,1 %	4,3 %

**Tabelle 12 : Prozentuale Geschlechtsverteilung**

Geschlecht	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
männlich	52,2 %	62,2 %	72,0 %
weiblich	47,8 %	37,8 %	28,0 %

**Tabelle 13 : Prozentuale Verteilung der chronischen Lungenerkrankungen**

chronische Lungenerkrankungen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	89,0 %	88,7 %	82,5 %
ja	11,0 %	11,3 %	17,5 %

**Tabelle 14 : Prozentuale Verteilung der extrakardialen Arterienerkrankungen**

extrakardiale Arterienerkrankungen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	85,2 %	76,6 %	70,8 %
ja	14,8 %	23,4 %	29,2 %

**Tabelle 15 : Prozentuale Verteilung der neurologischen Funktionsstörungen**

neurologische Funktionsstörungen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	91,4 %	94,7 %	86,8 %
ja	8,6 %	5,3 %	13,2 %

**Tabelle 16 : Prozentuale Verteilung der vorrausgegangenen Herzoperationen**

vorherige Herzoperationen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	100,0 %	86,4 %	86,4 %
ja	0,0 %	13,6 %	13,6 %

**Tabelle 17 : Prozentuale Verteilung des Serumkreatininwertes**

Serumkreatinin >200µmol/l vor OP	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	94,7 %	86,4 %	91,8 %
ja	5,3 %	13,6 %	8,2 %

**Tabelle 18 : Prozentuale Verteilung der aktiven Endokarditis**

aktive Endokarditis	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	93,8 %	92,2 %	87,5 %
ja	6,2 %	7,8 %	12,5 %

**Tabelle 19 : Prozentuale Verteilung des kritischen präoperativen Status**

kritischer präoperativer Status	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	82,3 %	97,5 %	99,2 %
ja	17,7 %	2,5 %	0,8 %

**Tabelle 20 : Prozentuale Verteilung der instabilen Angina pectoris**

instabile Angina pectoris	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	99,0 %	98,2 %	93,8 %
ja	1,0 %	1,8 %	6,2 %

**Tabelle 21 : Prozentuale Verteilung der linksventrikulären Dysfunktion**

linksventrikuläre Dysfunktion	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	77,0 %	43,6 %	64,6 %
Auswurf 30 % - 50 %	19,1 %	46,6 %	31,1 %
Auswurf < 30 %	3,8 %	9,8 %	4,3 %

**Tabelle 22 : Prozentuale Verteilung des Myokardinfarkts**

Myokardinfarkt	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	95,7 %	96,5 %	89,5 %
ja	4,3 %	3,5 %	10,5 %

**Tabelle 23 : Prozentuale Verteilung der pulmonalen Hypertonie**

pulmonaler Hochdruck	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	98,6 %	57,6 %	95,3 %
ja	1,4 %	42,4 %	4,7 %

**Tabelle 24 : Prozentuale Verteilung des Notfalls**

Notfall	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	97,6 %	95,0 %	98,1 %
ja	2,4 %	5,0 %	1,9 %

**Tabelle 25 : Prozentuale Verteilung der anderen kardialen Eingriffe**

andere kardiale Eingriffe	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	88,5 %	58,4 %	62,3 %
ja	11,5 %	41,6 %	37,7 %

**Tabelle 26 : Prozentuale Verteilung einzelner kardialer Zusatzeingriffe**

kardiale Zusatzeingriffe	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
Herzohrklusion	66,7 %	70,3 %	86,6 %
Thrombektomie	12,5 %	2,4 %	3,1 %
partielle Entkalkung	8,3 %	0,6 %	0,0 %
intrakardiale Verletzungen	8,3 %	4,2 %	0,0 %
Abzesshöhlenauräumung	4,2 %	0,0 %	0,0%
Vorhofseptumverschluss	0,0 %	7,9 %	12,4 %
Muskelresektion	0,0 %	5,5 %	1,0%
Ablation	0,0 %	9,1 %	30,9 %

**Tabelle 27 : Prozentuale Verteilung der Eingriffe an der thorakalen Aorta**

Eingriffe an der thorakalen Aorta	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	100,0 %	90,9 %	86,4 %
ja	0,0 %	9,1 %	13,6 %

**Tabelle 28 : Prozentuale Verteilung der Patienten mit Herzseptumruptur**

Herzseptumruptur	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	100,0 %	100%	99,6 %
ja	0,0 %	0,0 %	0,4 %

**Tabelle 29 : Prozentuale Verteilung der Patienten auf die Risikogruppen**

EuroSCORE Gruppe	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
1	19,6 %	7,8 %	16,7 %
2	44,0 %	28,0 %	35,0 %
3	36,4 %	64,2 %	48,2 %

**Tabelle 30 : Prozentuale Verteilung des perioperativen Myokardinfarktes**

Myokardinfarkt	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	97,1 %	99,7 %	99,6 %
ja	2,9 %	0,3 %	0,4 %

**Tabelle 31 : Prozentuale Verteilung der postoperativen kardialen Komplikationen**

kardiale Komplikationen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
Herzinsuffizienz	2,4 %	14,3 %	6,6 %
Pleura-/ Perikarderguss	0,0 %	1,1 %	14,0 %
Chorda Tendinae Ruptur	0,0 %	0,3 %	0,8 %
Hämatom	0,0 %	0,3 %	3,5 %

**Tabelle 32 : Prozentuale Verteilung der postoperativen Herzrhythmusstörungen**

Herzrhythmusstörungen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	53,6 %	74,0 %	72,4 %
ja	46,4 %	25,9 %	27,6 %

**Tabelle 33 : Prozentuale Verteilung der postoperativen Niereninsuffizienz**

Niereninsuffizienz	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	91,9 %	95,3 %	84,8 %
ja	8,1 %	4,3 %	15,2 %

**Tabelle 34 : Prozentuale Verteilung der postoperativen Reanimationsfälle**

Reanimation	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	98,1 %	99,0 %	96,5 %
ja	1,9 %	1,0 %	3,5 %

**Tabelle 35 : Prozentuale Verteilung der Reoperationen**

Reoperation	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	93,3 %	97,7 %	83,3 %
Blutung	5,7 %	2,3 %	16,7 %
Infektion	1,0 %	0,0 %	0,0 %
Blutung und Infektion	0,0 %	0,0 %	0,0 %

**Tabelle 36 : Prozentuale Verteilung postoperativer neurologischer Störungen**

neurologische Störungen	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	90,9 %	83,6 %	90,7 %
ja	9,1 %	16,4 %	9,3 %

**Tabelle 37 : Prozentuale Verteilung der Wundheilungsstörungen**

Wundheilungsstörungen mit operativer Revision	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	99,5 %	100,0 %	95,7 %
ja	0,5 %	0,0 %	4,3 %

**Tabelle 38 : ITS Verweildauer**

ITS - Aufenthalt	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
2 Tage	78,0 %	58,4 %	58,0 %
3 Tage	10,0 %	16,9 %	13,2 %
4 Tage	3,0 %	7,6 %	7,0 %
5 Tage	1,0 %	4,5 %	3,5 %
6 Tage	2,0 %	2,0 %	1,9 %
>6 Tage	6,0 %	10,6 %	16,3 %

**Tabelle 39 : Prozentuale Verteilung der verstorbenen Patienten**

Letalität	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
nein	98,6 %	98,2 %	93,0 %
ja	1,4 %	1,8 %	7,0 %

**Tabelle 40 : Risikoeinstufung der verstorbenen Patienten**

Risikoeinstufung der verstorbenen Patienten	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
geringes Risiko	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0%)
mittleres Risiko	2 (66,7 %)	1 (14,3 %)	0 (0%)
hohes Risiko	1 (33,3 %)	6 (85,7 %)	18 (100%)

**Tabelle 41 : Durchschnittsalter der verstorbenen Patienten**

Durchschnittsalter verstorbenen Patienten	Jahr der OP		
	2001	2013	2020
Alter in Jahren	60,6	75,9	78,0

**Tabelle 42 : Darstellung der statistischen Auswertung der quantitativen Merkmale**

Variable	Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest	normalverteilt	Mann-Whitney-Test	Statistik
Alter	0,006	nein	< 0,001	ja
ITS - Tage	< 0,001	nein	< 0,001	ja

**Tabelle 43 : Darstellung der statistischen Auswertung der qualitativen Merkmale**

Variable	Chi-quadrat-Test n. Pearson	Signifikanz
zusätzliche Bypassoperationen	0,001	ja
Geschlecht	0,001	ja
chronische Lungenerkrankungen	0,430	nein
extrakardiale Arterienerkrankungen	0,001	ja
neurologische Funktionsstörungen	0,002	ja
vorausgegangene Herzoperationen	< 0,001	ja
Serumkreatinin	0,023	ja
aktive Endokarditis	0,039	ja
kritischer präoperativer Status	< 0,001	ja
instabile Angina pectoris	0,001	ja
linksventrikuläre Dysfunktion	< 0,001	ja
präoperativer Myokardinfarkt	0,001	ja
pulmonale Hypertonie	< 0,001	ja
Notfallereignis	0,067	nein
andere kardiale Eingriffe	< 0,001	ja
- Herzohrklusion	< 0,001	ja
- Thrombektomie	0,639	nein
- partielle Entkalkung	0,240	nein
- intrakardiale Verletzungen	0,435	nein
- Abszesshöhlenauräumung	0,168	nein
- Vorhofseptumverschluß	0,010	ja
- Muskelresektion	0,028	ja
- Ablation	< 0,001	ja
Eingriffe an thorakaler Aorta	< 0,001	ja
Herzscheidewandruptur	0,307	nein
präoperative Risikoverteilung	< 0,001	ja
perioperativer Myokardinfarkt	0,003	ja
Herzinsuffizienz	< 0,001	ja
Herzrhythmusstörungen	< 0,001	ja
Niereninsuffizienz	< 0,001	ja
Reanimationsfälle	0,081	nein
Reoperation	< 0,001	ja
neurologische Komplikationen	0,007	ja
Wundheilungsstörungen	< 0,001	ja
Mortalität	< 0,001	ja
Risikoeinstufung Verstorbener	0,002	ja

## **LEBENS LAUF**

---

### Persönliche Daten:

Name	Stefan Heinzel
Anschrift	Lange Liete 26 18059 Rostock
Telefon	0178/4791936
E-Mail	roadrunner33@web.de
Geburtsdatum /-ort	17.08.1984 in Rostock
Familienstand	ledig, 1 Sohn, 1 Tochter

### Beruflicher Werdegang:

Seit 07/2024	Facharzt für Allgemeinmedizin
10/22 – 03/24	Arzt in Weiterbildung zum FA für Allgemeinmedizin in der Praxis für Allgemeinmedizin bei Dr. med. K. Bobert
09/21 – 09/22	Arzt im MVZ Rheumazentrum Prof Dr. med. Neeck
01/18 – 08/21	Arzt in Weiterbildung zum Facharzt für Allgemeinmedizin an der Universitätsmedizin Rostock
2011 – 2017	Gesundheits- und Krankenpfleger (GKP) im Springerpool der Universitätsmedizin Rostock
09/10 – 09/11	GKP an der Universitätsmedizin Rostock in der Klinik und Poliklinik Herzchirurgie
09/07 – 08/10	Ausbildung zum Gesundheits- und Krankenpfleger an der beruflichen Schule „Alexander Schmorell“
10/05 – 06/06	Zivildienstleistender an der Universitätsmedizin Rostock Herzchirurgie

### Akademische Laufbahn:

07/14 – 12/24	Promotionsarbeit: „Die Veränderung des Risikoprofils bei herzchirurgischen Patienten mit einer Herzklappenerkrankung in den Jahren 2001, 2013 und 2020 und der Einfluss auf die Morbidität und Mortalität.“
10/11 – 11/17	Studium der Humanmedizin an der Universität Rostock Ärztliche Approbation im Dezember 2017
09/02 – 06/05	Fachgymnasium Ernährungswissenschaften an der BS „Ernährung und Hauswirtschaft“ der Hansestadt Rostock Allgemeinen Hochschulreife

## **XI. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG**

---

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Rostock, den 04.12.2024

Stefan Heinzel