

Aus der Klinik für Herzchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Artur Lichtenberg

**Stellt die geographische Entfernung einen validen Prognoseparameter
für das Outcome bei Notfallpatientinnen und -patienten im
Interhospitaltransfer dar?**

Dissertation

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

vorgelegt von
Ali Najdawi
2025

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

gez.:

Dekan/in:	Universitätsprofessor Dr. Nikolaj Klöcker
Erstgutachter/in:	PD. Dr. med. H. Dalyanoglu
Zweitgutachter/in:	Prof. Dr. Kindgen Milles

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Jenkins FS, Yilmaz E, Vallejo Castano LJ, Bektas B, Najdawi A, Dalyanoglu I, Bayer N, Lichtenberg A, Dalyanoglu H. Development of a Coordinated Interhospital Transfer Program for Cardiac Surgery Patients. *Journal of Cardiothoracic Surgery* 2025 Oct 27;20(1):394. DOI: 10.1186/s13019-025-03641-1.

Zusammenfassung

Universitätskliniken und insbesondere Zuweiserkliniken stehen angesichts steigender Anforderungen, Fachkräftemangels sowie wirtschaftlicher Zwänge vor erheblichen Herausforderungen bei der Sicherstellung einer hochwertigen Patientenversorgung. Vor diesem Hintergrund wurde eine strukturierte Kooperation zwischen der Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf (UKD) und den kardiologischen Abteilungen des Karl-Leisner-Klinikums in Kleve und Kevelaer etabliert, um eine überregionale, patientenzentrierte Versorgung zu gewährleisten. Im Rahmen einer retrospektiven Single-Center-Studie wurden 793 Patientinnen und Patienten analysiert, die zwischen Januar 2018 und Februar 2023 aus den kooperierenden Kliniken zur herzchirurgischen Behandlung an das UKD verlegt wurden. Primäres Ziel war es, zu untersuchen, ob die geografische Entfernung sowie der zeitliche Verlauf zwischen Symptombeginn, Diagnostik und Verlegung das klinische Outcome beeinflussen. Das klinische Outcome wurde anhand folgender Parameter definiert: 30-Tage-Mortalität, Rate schwerwiegender postoperativer Komplikationen, Zeit vom Krankenhausaufenthalt bis zur Operation. Die Zahl der Zuweisungen stieg von 70 (2018) auf 206 (2019), gefolgt von einem pandemiebedingten Rückgang. Notfallpatientinnen und -patienten wiesen signifikant höhere Raten an präoperativem Myokardinfarkt (55%, $p < 0.001$), Reanimation (5.2%, $p = 0.02$), Schock (16%, $p = 0.01$) und ASA-Klasse 4 (74%, $p < 0.001$) im Vergleich zu dringlichen und elektiven Patientinnen und Patienten auf. Die Koronarbypass-Operation (CABG - Coronary Artery Bypass Grafting) war mit 69% das häufigste Verfahren, bei Notfällen sogar in 80% der Fälle. Die mediane Zeit vom Krankenhausaufenthalt bis zur Operation war bei Notfällen mit 4 h signifikant kürzer als bei dringlichen (25 h, $p < 0.001$) und elektiven Patientinnen und Patienten (75 h, $p < 0.001$). Die Krankenhaussterblichkeit lag bei Notfallpatientinnen und -patienten bei 6.9%. Die ROC-Analyse zeigte keinen prädiktiven Schwellenwert für die Zeit bis zur Operation (AUC 0.52; $p = 0.76$). Die Ergebnisse belegen, dass die geografische Distanz keinen negativen Einfluss auf das klinische Outcome hatte ($p > 0.05$ für alle Vergleiche bezüglich Entfernung). Die enge, kontinuierliche Zusammenarbeit – insbesondere bei Notfallpatientinnen und -patienten – unterstreicht die funktionale Relevanz des Kooperationsmodells. Insgesamt zeigt die Studie, dass eine sektorenübergreifende, interdisziplinäre und patientenzentrierte Versorgung auch über größere Distanzen hinweg erfolgreich realisiert werden kann. Das vorgestellte Modell besitzt somit Vorbildcharakter für zukünftige Versorgungsstrukturen.

Summary

University hospitals, and referring hospitals in particular, face significant challenges in ensuring high-quality patient care due to increasing demands, staff shortages, and economic constraints. Against this backdrop, a structured partnership was established between the Department of Cardiac Surgery at the University Hospital Düsseldorf (UKD) and the cardiology departments of the Karl Leisner Clinics in Kleve and Kevelaer, with the aim of providing patient-centered care across regions through structured collaboration. In a retrospective single-center study, 793 patients who were transferred from the cooperating clinics to UKD for cardiac surgery between January 2018 and February 2023 were analyzed. The primary objective was to investigate whether geographic distance and the time intervals between symptom onset, diagnosis, and transfer influenced clinical outcomes. Clinical outcomes were defined as follows: 30-day mortality, Rate of severe postoperative complications, Time from hospital admission to surgery. The number of referrals increased from 70 (2018) to 206 (2019), followed by a pandemic-related decline. Emergency patients had significantly higher rates of preoperative myocardial infarction (55%, $p < 0.001$), resuscitation (5.2%, $p = 0.02$), shock (16%, $p = 0.01$), and ASA class 4 (74%, $p < 0.001$) compared to urgent and elective patients. Coronary artery bypass grafting (CABG) was the most common procedure (69%), and even more prevalent in emergencies (80%). The median time from hospital admission to surgery was significantly shorter in emergencies (4 hours) compared to urgent (25 hours, $p < 0.001$) and elective patients (75 hours, $p < 0.001$). In-hospital mortality among emergency patients was 6.9%. ROC analysis did not reveal a predictive threshold for the time to surgery (AUC 0.52; $p = 0.76$).

The results demonstrate that geographic distance had no negative impact on clinical outcomes ($p > 0.05$ for all comparisons regarding distance). Close and continuous collaboration—especially for emergency patients—underscores the functional relevance of the cooperative model. Overall, the study shows that cross-sectoral, interdisciplinary, and patient-centered care can be successfully implemented even over greater distances. The presented model thus serves as a blueprint for future healthcare structures.

Abkürzungsverzeichnis

ACB-OP	Aortokoronare Bypass-Operation
ACS	Akutes Koronarsyndrom
AIC	Akaike-Informationskriteriums
AMI	Akuter Myokardinfarkt
ASCVD	Atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen
AUC	Area Under the Curve
AVR	Aortenklappenersatz
BMI	Body-Mass-Index
CABG	Koronarbypass-Operation
CCS	Canadian Cardiovascular Society
CDVC	Care Delivery Value Chain
CMS	Center for Medicare and Medicaid Services
CPR	Kardiopulmonale Reanimation
cTn	Kardiales Troponin
DGTHG	Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
DIN	Deutsche Institut für Normung
DKG	Deutsche Krankenhausgesellschaft Siehe
DM	Diabetes mellitus
DSG	Deutsche Schlaganfall Gesellschaft
ECMO	Extracorporeal Membrane Oxygenation
EKG	Elektrokardiogramm
EPU	Elektrophysiologische Untersuchungen
EuroSCORE	European System for Cardiac Operative Risk Evaluation
HCR	Hybride koronare Revaskularisierung
HT	Heartteam
IHT	Interhospitaltransfer
IPUs	Integrated Practice Units
IQR	Interquartilsabstand
KHK	Koronare Herzkrankheit
KHVVG	Krankenhausversorgungsverbesserungsgesetze
KIS	Krankenhausinformationssystemen
KS	Kardiogener Schock

KVSW	Klinikverbund Südwest
LA	left atrium (linker Vorhof)
LAD	left anterior descending artery
LDL	Lipoprotein niedriger Dichte
LOF	Lost to Follow-Up
LV	left ventricle (linker Ventrikel)
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
MI	Myokardinfarkt
MVD	Multivaskulärer Koronarerkrankung
NSTE-ACS	Nicht-ST-Hebungs-Akutes Koronarsyndrom
NSTEMI	Nicht-ST-Hebungsmyokardinfarkt
PCI	Perkutane Koronarintervention, perkutane Koronarintervention
PMC	Perkutane Mitralkommissurotomie
PMI	Primäre Mitralklappeninsuffizienz
PPCI	Primäre perkutane Koronarintervention
RCTs	Randomisierte kontrollierte Studien
ROC	Receiver Operating Characteristic
SAVR	Chirurgischen Aortenklappenersatz
SCM	Supply Chain Management
SMI	Sekundäre Mitralklappeninsuffizienz
STEMI	ST-Hebungsmyokardinfarkt
STS	Society of Thoracic Surgeons
TAVI	Transkatheter-Aortenklappenimplantation
UKD	Universitätsklinikum Düsseldorf
VHD	valvular heart disease (Herzklappenerkrankungen)
WHO	Weltgesundheitsorganisation

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kooperation zwischen Krankenhäuser	1
1.1.1	Definition und Typologie der Krankenhausverbünde	2
1.1.2	Kooperationsformen	4
1.1.3	Abgestuftes integriertes Versorgungskonzept	8
1.1.4	Corona-Pandemie und Kooperationen	12
1.2	Interhospitaltransfer	12
1.2.1	Definition	12
1.2.2	Bedeutung des IHT	13
1.3	IHT auslösende Entitäten	17
1.3.1	Koronare Herzkrankheit (KHK)	18
1.3.2	Operative Behandlung der Herzklappenerkrankungen	22
1.4	Das Herzteam (HT) – multidisziplinäres Behandlungsteam	25
1.5	Ziel der vorliegenden Arbeit	27
2	Material und Methode	29
2.1	Aktenzeichen der Arbeit	29
2.2	Studiendesign	29
2.3	Datenmanagement und Datenbank	29
2.4	Statistische Analyse und Auswertung	30
3	Ergebnisse	31
3.1	Übersicht alle Eingriffe und Kohortenanalyse	31
3.2	Patientencharakteristika nach Jahr des interklinischen Verlegungsprogramms	34
3.3	Intrahospitale Mortalität nach Notfallverlegung	36
3.4	Transport Zeiten	41
3.5	Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes	44
3.5.1	Anzahl insgesamt	44

3.5.2	Nach Überweisungsart	46
3.5.3	Nach Eingriffsart	47
3.5.4	In Hospital Mortalität insgesamt	49
3.5.5	Mortalität nach Überweisungsart	50
3.6	Zuweisungsanalyse pro Quartal 2018 und 2019	51
3.6.1	Anzahl insgesamt	51
3.6.2	Nach Überweisungsart	52
3.6.3	Nach Eingriffsart	53
3.7	ACB-OP	55
3.7.1	Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes	55
3.7.2	ACB-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019	59
3.8	Aortenklappe-OP.....	61
3.8.1	Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes	61
3.8.2	Aortenklappen-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019.....	64
3.9	Mitralklappe	66
3.9.1	Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes	66
3.9.2	Mitralklappe-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019.....	69
4	Diskussion.....	72
4.1	Kooperationsprojekt zur Optimierung der Patientenversorgung:	72
4.2	Patientencharakteristika	75
4.3	Verteilung der Eingriffsdringlichkeit im Zeitverlauf	78
4.4	Häufigkeit und Typisierung chirurgischer Eingriffe	81
4.5	Prädiktoren für Krankenhausmortalität bei Notfallpatienten	82
4.6	Einfluss der Aufnahmeart auf das 90-Tage-Überleben	84
4.7	Prozessqualität in den prä- und klinischen Phasen	86

4.8	Prognostische Aussagekraft der Zeit bis zur Operation bei Notfallpatienten ...	89
4.9	Vergleich mit Kooperationsmodellen aus anderen Branchen	90
4.10	Schlußfolgerung	92
4.11	Limitation der Studie.....	95
5	Literaturverzeichnis.....	97
6	Anhang	105
6.1	Abbildungen.....	105

1 Einleitung

1.1 Kooperation zwischen Krankenhäuser

Die Sicherstellung einer hochwertigen, zeitnahen und patientenzentrierten Versorgung stellt das deutsche Gesundheitssystem angesichts demografischer Veränderungen, zunehmender Multimorbidität, Fachkräftemangels und ökonomischer Zwänge vor erhebliche Herausforderungen [1, 2]. Besonders in der Herzchirurgie, in der Notfälle häufig unter Zeitdruck und bei komplexen Risikokonstellationen behandelt werden müssen, gewinnen sektorenübergreifende Kooperationen zwischen Krankenhäusern zunehmend an Bedeutung. Laut Bundesregierung sind innovative, vernetzte Versorgungsstrukturen sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen stationären und ambulanten Leistungserbringern essenziell, um regionale Disparitäten und Engpässe in der Ressourcenverfügbarkeit zu überwinden [3]. Vor diesem Hintergrund wurde ein überregionales Hub-and-Spoke-Modell etabliert, in dem das Universitätsklinikum Düsseldorf (UKD) als Maximalversorger („Hub“) eng mit dem peripheren („Spokes“) Karl-Leisner-Klinikum Kleve/Kevelaer kooperiert. Ziel dieses Modells ist es, durch strukturierte Abläufe und digitale Vernetzung eine schnelle und qualitativ hochwertige Versorgung herzchirurgischer Notfallpatientinnen und -patienten auch über größere Entfernungen hinweg sicherzustellen. Um den zukünftigen gesundheitspolitischen Herausforderungen, die sich aus der steigenden Lebenserwartung, komplexen Patientenstrukturen mit Multimorbidität, demografischen Veränderungen und der Abwanderung [4] aus ländlichen Gebieten ergeben, zu begegnen, ist es von entscheidender Bedeutung, dass Krankenhäuser weniger isoliert agieren. Stattdessen sollten sie vermehrt Kooperationen sowohl innerhalb des stationären Sektors als auch mit anderen Akteuren des Gesundheitswesens eingehen [5]. Im Bundesregierung Bericht [6] wird betont, dass angesichts der regionsspezifischen Herausforderungen neue Organisationsformen sowie eine sektorübergreifende Zusammenarbeit erforderlich sind.

Um die Frage zu beantworten, ob eine stärkere Vernetzung im Gesundheitswesen eine Lösung für die systemischen Herausforderungen darstellt, ist die Bewertung von Netzwerken, insbesondere hinsichtlich ihres Nutzens, von großer Bedeutung. Sydow [7] bezeichnet die Evaluation in diesem Zusammenhang als „eine wichtige Praxis des Netzwerkmanagements“. Durch eine kontinuierliche Nutzenbewertung können Fehlentwicklungen und Verbesserungspotenziale in der Netzwerkarbeit frühzeitig

identifiziert werden, was gezielte Maßnahmen zur Optimierung ermöglicht und somit den langfristigen Erfolg der Vernetzung sicherstellt.

Die vorliegende Studie leistet einen wichtigen Beitrag zur aktuellen Diskussion über die Optimierung der Patientenversorgung im Rahmen interhospitaler Kooperationen. Insbesondere in Zeiten zunehmender Herausforderungen für das Gesundheitssystem, wie dem anhaltenden Personalmangel im Bereich der Herzchirurgie, der von der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) [8] in verschiedenen Stellungnahmen und Fachbeiträgen eindringlich beschrieben wurde, gewinnt eine gut etablierte Vernetzung zwischen regionalen und universitären Einrichtungen an Bedeutung. Internationale Vergleichsstudien, wie die Arbeit von Johnson et al [9], zeigen zudem, dass gerade in strukturschwächeren Regionen die Verfügbarkeit spezialisierter herzchirurgischer Versorgung oft limitiert ist. Eine enge Kooperation kann helfen, diesen Disparitäten entgegenzuwirken, Ressourcen effizienter zu nutzen und die Versorgungsqualität auch unter schwierigen Rahmenbedingungen aufrechtzuerhalten.

1.1.1 Definition und Typologie der Krankenhausverbünde

Manteufel bezeichnet Kooperation als eine besonders effiziente Form zwischenmenschlicher Interaktion, da sie Reibungsverluste und Verzögerungen im Ablauf vermeidet. Eine erfolgreiche Kooperation basiert nicht nur auf zwischenmenschlichen Ressourcen wie Ermutigung, Unterstützung oder konstruktiver Kritik, sondern trägt aktiv zu deren Entwicklung und Stärkung bei. Sie stellt somit ein System dar, das sowohl Ressourcen verbrauchen (dissipativ) als auch neue generieren kann.[10].

Regionale Versorgungsnetzwerke, in denen Krankenhäuser über verschiedene Versorgungsebenen hinweg partnerschaftlich kooperieren und digital vernetzt sind, ermöglichen eine qualitativ hochwertige und wohnortnahe Patientenversorgung [11].

In einem komplexen Gesundheitssystem mit zahlreichen Akteuren entsteht ein Netzwerk aus Kommunikation, Koordination, Kooperation und Integration – eine zentrale Voraussetzung für eine effiziente Versorgung [12].

Um komplexe diagnostische und therapeutische Herausforderungen erfolgreich zu bewältigen, ist eine enge Zusammenarbeit unerlässlich. Durch strukturierte Kooperation lassen sich gemeinsame Ziele erreichen, Ressourcen effizienter nutzen und Unsicherheiten reduzieren. Kooperationen bergen das Risiko, dass der eigene Aufwand den Nutzen

übersteigt – kontrollierbar bleibt nur der eigene Beitrag. Damit Kooperationen im Gesundheitssystem erfolgreich sind, müssen geeignete strukturelle und rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden.

Ein bedarfsgerechtes, gestuftes Kooperationsmodell sowie ein Task-Force-Konzept für die interdisziplinäre Behandlung von "High-Utilizer-Patienten" wurden bereits in der Vergangenheit ausgearbeitet. Kröger et al. [13] beschreiben eine Kooperation im ambulanten Bereich zwischen Hausärzten und einem Task-Force-Team, bestehend aus einem Psychosomatiker, einem Gesundheitspsychologen und einer Pflegekraft, zur Betreuung von Patientinnen mit psychosozialen Problemen. Dieses Team bietet kontinuierliche fallbezogene Unterstützung und Supervision, die im Rahmen interdisziplinärer Fallbesprechungen oder Balintgruppen durchgeführt werden.

Bis vor kurzem war es in der stationären Versorgung gängig, dem Dogma des großen, eigenständigen Krankenhauses zu folgen, wobei eine hohe Bettenanzahl und ein umfassendes Behandlungsspektrum als Maßstab für Wirtschaftlichkeit und hohe Qualität galten ("Größe ist gut") [14]. Heute wird jedoch der Zusammenhang zwischen Größe, Qualität und Wirtschaftlichkeit differenzierter betrachtet.

Die Kooperationsforschung ist an sich nicht neu; in anderen Branchen sind beeinflussende Faktoren und Auswirkungen rund um dieses Thema bereits aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet worden [15]. I. Abbildung 1 identifiziert Amelung [16] die kooperationsbedingten Faktoren, die maßgeblich für den Erfolg oder Misserfolg sektorübergreifender Kooperationen verantwortlich sind.

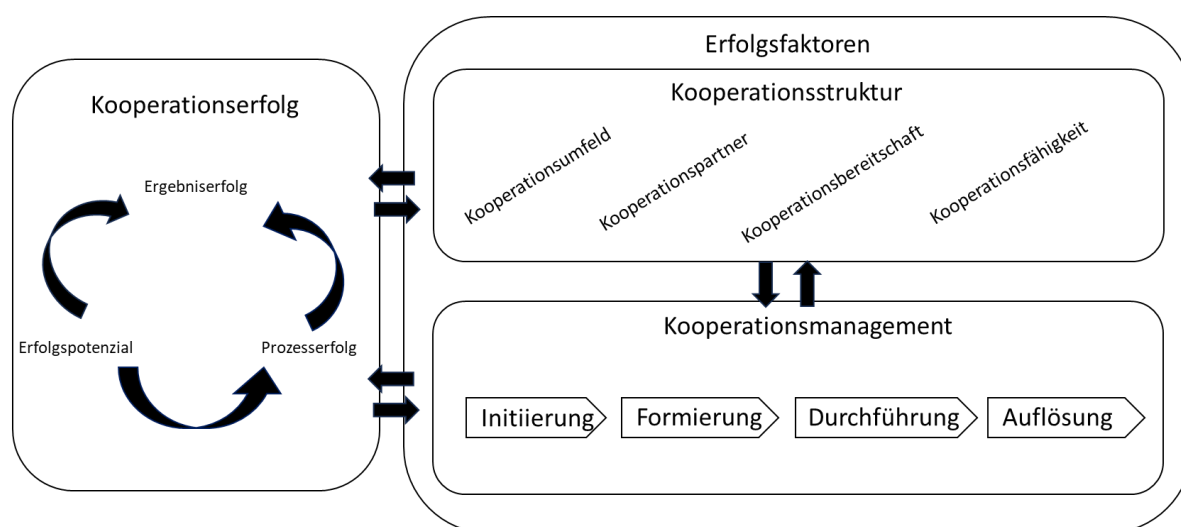


Abbildung 1: Determinanten des Kooperationserfolgs [16] (modifiziert)

Regionale, versorgungsstufenübergreifende Netzwerke und Kooperationen, wie sie etwa bei der Behandlung von Krebs-, Herzinfarkt-, Schlaganfall- und Traumapatienten eingesetzt werden, sind bereits heute ein wesentlicher Bestandteil der medizinischen Versorgung in Deutschland. Diese Netzwerke ermöglichen es, die Vorteile spezialisierter medizinischer Behandlungen auch in weniger dicht besiedelte Gebiete zu bringen und tragen somit erheblich dazu bei, eine umfassende und wissenschaftlich fundierte Gesundheitsversorgung im ganzen Land sicherzustellen [11].

In der Diskussion um innovative Versorgungsmodelle lassen sich wertvolle Parallelen zur industriellen Praxis ziehen – insbesondere zum Supply Chain Management (SCM). In globalen Lieferketten wird seit Jahrzehnten erprobt, wie auch bei hochkomplexen, zeitkritischen und räumlich verteilten Produktionsprozessen stabile Abläufe sichergestellt werden können. Kritische Erfolgsfaktoren wie standardisierte Kommunikationswege, klar definierte Schnittstellen, prozessorientierte Risikobewertung und redundanzfreie Koordination sind dort seit langem etabliert [17]. Diese Erkenntnisse sind auch auf die medizinische Versorgung übertragbar: Effektive intersektorale Zusammenarbeit erfordert medizinische Expertise, klare Prozesse, verbindliche Kommunikation und ein gemeinsames Qualitätsverständnis. Eine relevante Stellungnahme ist die der DKG (deutsche Krankenhausgesellschaft) zum Regierungsentwurf des Krankenhausversorgungsverbesserungsgesetzes (KHVVG) vom 25. September 2024 [18]. Darin betont die DKG die Notwendigkeit einer grundlegenden Reform der Krankenhausstrukturen und der Krankenhausfinanzierung. Sie spricht sich für eine stärkere Integration und Kooperation im Gesundheitswesen aus, um die medizinische Versorgung insbesondere in ländlichen Regionen sicherzustellen. Zudem wird die Bedeutung von Kooperationen und Verbünden hervorgehoben, um die Versorgungsqualität zu verbessern.

1.1.2 Kooperationsformen

Kooperationsformen im Gesundheitswesen lassen sich in horizontale, vertikale sowie laterale bzw. diagonale Partnerschaften unterteilen. Dieses Modell kann direkt auf die verschiedenen Versorgungsstufen im stationären und ambulanten Bereich übertragen werden [19, 20].

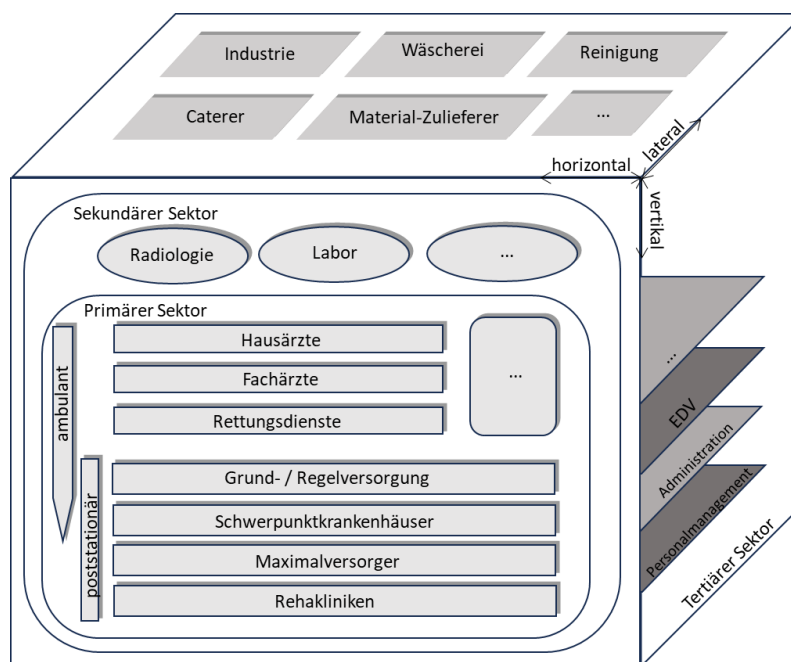


Abbildung 2: Kooperationsbereiche und Ebenen im Krankenhaussektor [11] (modifiziert)

Die Herzchirurgie sieht sich aktuell mit vielfältigen Herausforderungen konfrontiert – etwa demografischem Wandel, steigenden Patientenzahlen und zunehmendem Fachkräftemangel [8]. Um diesen Entwicklungen zu begegnen, gewinnen insbesondere horizontale Kooperationen zwischen Kliniken zunehmend an Bedeutung. Solche Zusammenschlüsse ermöglichen eine gemeinsame Nutzung von Ressourcen, die Bündelung spezialisierter Expertise und eine nachhaltige Verbesserung der Versorgungsqualität.

Die Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) [2] hebt in ihrem aktuellen Jahresbericht die Relevanz solcher Kooperationsmodelle für die Zukunft der Herzchirurgie in Deutschland hervor. Die gezielte Integration spezialisierter Zentren sowie die Förderung gemeinsamer Projekte werden als zentrale Bausteine zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen und zukunftsfähigen Patientenversorgung betrachtet.

Horizontale Kooperation

Horizontale Kooperationen im Gesundheitswesen bezeichnen Zusammenschlüsse von Akteuren innerhalb derselben Versorgungstufe – etwa zwischen niedergelassenen Ärzten oder Kliniken der Maximalversorgung.

Krankenhäuser gleicher Versorgungsebene schließen sich zunehmend zu Verbünden zusammen. Inzwischen gilt es als üblich, dass nahezu jede Klinik eine horizontale Kooperation mit einer oder mehreren anderen Einrichtungen unterhält. Durchschnittlich beteiligt sich ein Krankenhaus an etwa 1.9 horizontalen Verbünden, wobei knapp die Hälfte dieser Kooperationen informellen Charakter hat – etwa in Form von Informationsaustausch oder patientenbezogener Weiterleitung [21]. In diesen Netzwerken entsteht durch die Verbindung gleichartiger Akteure (z.B. Hausarztnetze oder Maximalversorger) ein dynamisches, intra-sektorales Gefüge [22].

In ihrer wegweisenden Arbeit *Redefining Health Care: Creating Value-Based Competition on Results* [23] betonen Michael E. und Kollegen die Notwendigkeit, medizinische Versorgung entlang spezifischer Krankheitsbilder zu strukturieren, statt sie in fragmentierten Facheinheiten zu organisieren. Sie argumentieren, dass integrierte Versorgungsmodelle, die den gesamten Behandlungszyklus abbilden, entscheidend sind, um den Patientennutzen zu maximieren – insbesondere in komplexen Bereichen wie der Herzchirurgie.

Gerade in der Herzchirurgie ist eine nahtlose Integration von Diagnostik, operativer Versorgung und Nachsorge entscheidend für den Therapieerfolg. Konzepte wie IPU (Integrated Practice Units) und CDVC (Care Delivery Value Chain) tragen dazu bei, die Versorgung patientenzentrierter und effizienter zu gestalten.

Ein praktisches Beispiel für gelungene horizontale Kooperation ist die Partnerschaft zwischen der Universitätsmedizin Rostock und den HELIOS Kliniken Schwerin: Mit der Gründung des Herzzentrums Nordost wurde eine strukturierte Zusammenarbeit etabliert, in deren Rahmen Personalressourcen und fachliche Expertise gemeinsam genutzt werden, um komplexe herzchirurgische Eingriffe effizient und regional wohnortnah durchzuführen. Dieses Modell verdeutlicht das Potenzial horizontaler Kooperationen zur Verbesserung der Notfallversorgung und zur Stärkung regionaler Versorgungsstrukturen [24].

Vertikale Kooperationen

Vertikale Kooperationen im Gesundheitswesen bezeichnen Zusammenschlüsse von Akteuren unterschiedlicher Versorgungsstufen. In der Wirtschaft entspräche dies der klassischen Zulieferer-Abnehmer-Beziehung. Im Krankenhauskontext umfasst dies insbesondere Kooperationen mit niedergelassenen Ärzten oder Rehabilitationskliniken, die entweder vorgelagert (prästationär) oder nachgelagert (poststationär) zur Versorgungskette

eines Krankenhauses stehen. Von vertikaler Kooperation spricht man auch, wenn Netzwerkpartner aus unterschiedlichen Gruppen stammen – etwa in einem Verbund aus mehreren Krankenhäusern und einer Krankenkasse.

Im Bereich der Rehabilitation betrachten Sydow & Auschra [7] insbesondere die Zusammenarbeit zwischen Leistungserbringern und -trägern als kennzeichnend hervor. Eine stärkere Verzahnung mit dem ambulanten und poststationären Sektor kann nicht nur den angestrebten nahtlosen Übergang zwischen Versorgungsebenen fördern, sondern auch gegenseitige Abhängigkeiten stärken und opportunistisches Verhalten einzelner Akteure reduzieren [19].

Eine nach vorne gerichtete vertikale Kooperation, etwa mit Pflege- oder Rehaeinrichtungen, kann darüber hinaus auch positiv auf das öffentliche Image eines Krankenhauses wirken: Sie erlaubt es Kliniken, mit einem gut koordinierten Übergang in die Weiterversorgung zu werben und dadurch die Patientenbindung zu erhöhen [20, 25].

Jia et al. [26] untersuchten vertikale Kooperationsformen gezielt im kardiologischen und herzchirurgischen Kontext. Ihre Studie analysierte den Zusammenhang zwischen verschiedenen Graden der Integration von Krankenhäusern und Herzchirurgen und deren Einfluss auf Behandlungsergebnisse sowie Versorgungseffizienz. Es zeigte sich ein U-förmiges Wirkungsprofil: Der höchste Nutzen für Outcome und Versorgungsqualität lag bei mittlerem Integrationsgrad – also einer ausgewogenen Kooperation ohne Überregulation.

Caffrey et. al. [27] analysierten die Auswirkungen vertikaler Integration von Kardiologen in Krankenhaussysteme über einen Zeitraum von 15 Jahren. Obwohl diese Form der Zusammenarbeit mit höheren Medicare-Kosten verbunden war, ergaben sich keine signifikanten Verbesserungen der Versorgungsqualität. Insbesondere blieben Unterschiede in Mortalität, Wiederaufnahmerate und weiteren klinischen Outcomes aus. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Studie auf US-amerikanischen Abrechnungsdaten basiert und damit möglicherweise relevante Qualitätsindikatoren nicht vollständig abbildet.

Laterale oder diagonale Kooperation

Laterale bzw. diagonale Kooperationen im Gesundheitswesen bezeichnen Zusammenschlüsse von Krankenhäusern mit Unternehmen aus anderen Branchen. Solche Partnerschaften können beispielsweise Reinigungsdienste, Cateringunternehmen, Anbieter von Hygieneprodukten oder auch industrielle Kooperationspartner wie

Medizintechnikhersteller umfassen [28]. Werden in einem Netzwerk mehrere Versorgungsbereiche und Akteursgruppen gleichzeitig integriert, spricht man von einer diagonalen Kooperation – etwa bei regionalen Gesundheitskonferenzen, in denen Kommunen, Leistungserbringer und -träger miteinander vernetzt sind. Im Fokus solcher Kooperationen steht häufig die Bündelung unterschiedlicher Kompetenzen und Wissensbereiche, um innovative Lösungsansätze zu entwickeln [29].

Ein besonders illustratives Beispiel bietet die Zusammenarbeit zwischen der University of Rochester und dem Medizintechnikunternehmen LSI SOLUTIONS® [30]. In ihrer gemeinsamen Studie beschreiben die Autoren ein translationales Forschungsmodell, das auf Simulationen an Körperspendern basiert. Ziel der Kooperation war es, die Entwicklung und klinische Implementierung minimal-invasiver herzchirurgischer Verfahren und Instrumente zu beschleunigen. Diese Arbeit unterstreicht den hohen Stellenwert akademisch-industrieller Allianzen für den medizinischen Fortschritt. Die Verbindung klinischer Expertise mit industrieller Innovationskraft ermöglicht es, neue Technologien effizienter zu entwickeln und in die Praxis zu überführen.

1.1.3 Abgestuftes integriertes Versorgungskonzept

Eine alternative Form der vertikalen Verbünde ist das gestufte integrierte Versorgungskonzept. Dabei handelt es sich um einen strukturierten Zusammenschluss von Krankenhäusern unterschiedlicher Versorgungsstufen, der auf einer klar definierten Hierarchie und Aufgabenverteilung basiert. Im Zentrum des Verbunds steht in der Regel ein Maximalversorger – meist eine Universitätsklinik oder ein spezialisiertes Zentrum – der als Leitklinik fungiert und hochkomplexe Leistungen sowie Forschungsaktivitäten übernimmt. In diesem Modell konzentriert sich die Zusammenarbeit hauptsächlich auf den medizinischen (primären) Sektor [31].

Das Konzept teilt die Krankenhäuser in drei hierarchische Versorgungsebenen ein:

- Grundversorgung: Diese Einrichtungen gewährleisten eine wohnortnahe, flächendeckende Basisversorgung und behandeln vor allem häufige, weniger komplexe Krankheitsbilder. Sie fungieren als „Eingangstor“ ins Versorgungssystem.
- Regel- und Schwerpunktversorgung: Diese Kliniken verfügen über spezialisierte diagnostische und therapeutische Angebote für komplexere Erkrankungen. Sie

stellen die „Mittelschicht“ im Netzwerk dar und leiten besonders schwere oder spezialisierte Fälle an den Maximalversorger weiter.

- Maximalversorgung: Hierbei handelt es sich um große Kliniken mit hochspezialisierter Expertise, oft Universitätskliniken. Sie decken das gesamte Spektrum medizinischer Leistungen ab, einschließlich hochkomplexer Operationen, Transplantationen, Forschung und Lehre.

Kern des Modells ist die enge, strukturierte Zusammenarbeit entlang eines klar definierten Behandlungspfades. Patientinnen und Patienten werden, abhängig von ihrem Krankheitsbild und Schweregrad, in die jeweils angemessene Versorgungsebene übergeleitet. Ziel ist es, medizinische Ressourcen bedarfsgerecht einzusetzen, unnötige Doppeluntersuchungen zu vermeiden und die Qualität der Versorgung durch Spezialisierung und Standardisierung zu steigern.

Die Zusammenarbeit konzentriert sich in diesem Modell vor allem auf den medizinischen Sektor (primärer Sektor) und umfasst neben der Akutversorgung auch prä- und postoperative Abstimmungen, Fallkonferenzen und gegebenenfalls abgestimmte Behandlungsleitlinien.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für das gestufte integrierte Versorgungskonzept ist die Verlässlichkeit der Zuweisungsketten: Nur wenn Grund- und Schwerpunktversorger ihre Patientinnen und Patienten vertrauensvoll und ohne wirtschaftliche Konkurrenzängste an die Maximalversorger überweisen, kann das Modell seine volle Wirkung entfalten. Hierfür bedarf es klarer Kooperationsverträge, transparenter Kommunikation und gemeinsamer Qualitätsindikatoren.

Kritisch anzumerken ist, dass das Modell organisatorisch anspruchsvoll ist und eine sorgfältige Abstimmung erfordert. Unterschiede in den Interessen der beteiligten Häuser, wirtschaftlicher Druck und lokale Konkurrenzsituationen können die Umsetzung erschweren. Zudem erfordert die Sicherstellung einer hohen Versorgungsqualität über alle Stufen hinweg eine kontinuierliche Qualitätssicherung, gemeinsame Fortbildungsformate und einheitliche Behandlungsstandards.

Trotz dieser Herausforderungen gilt das gestufte integrierte Versorgungskonzept als eine vielversprechende Strategie zur Sicherstellung einer flächendeckenden, qualitativ hochwertigen Versorgung in der Herzchirurgie und darüber hinaus



Abbildung 3: Abgestuftes integriertes Versorgungskonzept. (modifiziert)

Ein anschauliches Beispiel für dieses Modell ist der Klinikverbund Südwest (KVS), ein Zusammenschluss mehrerer Kliniken in den Landkreisen Böblingen und Calw. Das Netzwerk umfasst:

- Flugfeldklinikum Böblingen/Sindelfingen: Maximalversorger mit umfassendem Leistungsspektrum.
- Nagold: Schwerpunktversorger mit spezialisierten Abteilungen.
- Leonberg und Calw: Grundversorger mit geriatrischem Schwerpunkt.
- Herrenberg: Ambulantes und stationäres Zentrum ohne chirurgische Akutversorgung.

Dieses gestufte Modell ermöglicht eine bedarfsgerechte Patientensteuerung und optimiert die Ressourcennutzung innerhalb des Verbunds [32].

Ein anderes Beispiel für solche Verbünde sind die telemedizinischen Schlaganfallverbünde der Deutschen Schlaganfall Gesellschaft (DSG). Aufgrund finanzieller und personeller Einschränkungen in ländlichen oder Grundversorgungskliniken gestaltet sich eine flächendeckende moderne Schlaganfallversorgung oft schwierig. Gerade bei Schlaganfällen ist jedoch eine schnelle und korrekte Versorgung von entscheidender

Bedeutung. Über diese Schlaganfallnetze können Ärzte in kleineren Kliniken bei Bedarf über eine telemedizinische Verbindung den Rat von Spezialisten aus anderen Einrichtungen einholen. Durch solche Telekonsile kann rasch entschieden werden, ob die lokalen Behandlungsmöglichkeiten ausreichen oder eine Verlegung des Patienten erforderlich ist. Es ist wichtig, dass schnelle Transportmöglichkeiten zwischen den Kliniken im Verbund gewährleistet sind und dass diese in der Kooperation sichergestellt werden. In solchen telemedizinischen Kooperationen ist es entscheidend, dass die einzelnen Kliniken ihre eigenen Grenzen bei der Behandlung erkennen, bereit sind, Patienten bei Bedarf zu verlegen und anerkennen, dass andere Einrichtungen dem Patienten möglicherweise besser helfen können. Es wird erwartet, dass solche Netzwerke eine flächendeckende und qualitativ hochwertige Schlaganfallversorgung in ländlichen Regionen in Zukunft sicherstellen können. Bisherige Studien haben gezeigt, dass die Sterblichkeitsrate bei Schlaganfallpatienten in Kliniken, die Teil eines solchen Verbunds sind, geringer ist als in unabhängigen Kliniken [33].

Der Krankenhausplan Nordrhein-Westfalen 2022 markiert einen bedeutenden Schritt in der strukturierten Krankenhausplanung, insbesondere im Bereich der Herzmedizin. Durch die Einführung von Leistungsgruppen und gestuften Versorgungskonzepten wird eine bedarfsorientierte und qualitativ hochwertige Patientenversorgung angestrebt.

Im Rahmen des neuen Krankenhausplans wurden spezifische Leistungsgruppen definiert, die die Herzmedizin betreffen:

- Leistungsgruppe 8.1: Elektrophysiologische Untersuchungen (EPU) / Ablation
- Leistungsgruppe 8.2: Interventionelle Kardiologie
- Leistungsgruppe 8.3: Kardiale Devices
- Leistungsgruppe 8.4: Minimalinvasive Herzklappeninterventionen
- Leistungsgruppe 13.3: Herzchirurgie

Diese Einteilung ermöglicht eine präzisere Planung und Zuweisung von Versorgungsaufträgen an Krankenhäuser, basierend auf deren spezifischen Kompetenzen und Ressourcen. Die Leistungsgruppen sind mit klaren Qualitätskriterien verbunden, die Anforderungen an Personal, technische Ausstattung und Mindestfallzahlen festlegen. Dies fördert die Spezialisierung und Konzentration von Leistungen, was insbesondere in der Herzmedizin von großer Bedeutung ist [34].

1.1.4 Corona-Pandemie und Kooperationen

Die strukturellen Schwächen des Gesundheitssystems – insbesondere die Ressourcenknappheit und der Mangel an qualifiziertem medizinischem Personal – traten im Zuge der Corona-Pandemie deutlich zutage. Viele Krankenhäuser arbeiteten unter maximaler Belastung oder darüber hinaus, was eine verstärkte interklinische Zusammenarbeit erforderlich machte. In der akuten Krisenphase wurden Patientinnen und Patienten verlegt, Beatmungsgeräte geteilt und personelle Kapazitäten gemeinschaftlich genutzt. Gleichzeitig übernahmen niedergelassene Ärztinnen und Ärzte in der Regel die Behandlung von Patientinnen und -patienten mit mildem Verlauf, während die stationären Einrichtungen Patientinnen und -patienten mit mittelschweren bis schweren Krankheitsverläufen versorgten – eine Versorgung, die sich an Kompetenzen, Ressourcen und der jeweiligen Auslastung orientierte[11].

Trotz der immensen Herausforderungen offenbarte die Pandemie zugleich das Potenzial sektorübergreifender Kooperation. Die Notwendigkeit einer koordinierten Versorgung zeigte sich insbesondere bei der Steuerung von Patientenströmen, der Allokation intensivmedizinischer Ressourcen und der Aufrechterhaltung der Versorgung in strukturschwachen Regionen. Die während der Pandemie etablierten Netzwerke und Kooperationsformen könnten langfristig als Fundament für eine nachhaltige Weiterentwicklung des Gesundheitswesens dienen[35]. ^

1.2 Interhospitaltransfer

1.2.1 Definition

Der Interhospitaltransfer (IHT) wird in der DIN 13050:2009-02 als „Einsatz zur Beförderung von Patienten von einer Gesundheitseinrichtung bzw. Krankenhaus unter sachgerechter Betreuung, auch unter der Erhaltung und Überwachung der lebenswichtigen Körperfunktionen zu weiterführenden medizinischen Versorgungseinrichtungen oder zurück, beginnend mit der Alarmierung und endend mit der erneuten Einsatzbereitschaft“ [36] definiert.

Als Sonderform des Sekundärtransports versteht man den arztbegleiteten luft- und/oder bodengebundenen Patiententransport (Abbildung 4), bei dem aus medizinischen Gründen auch während der Fahrt eine ärztliche Betreuung notwendig ist. Dies betrifft hauptsächlich

Verlegungen von Einrichtungen mit niedrigerer Versorgungsstufe zu Krankenhäusern mit höherer Versorgungsstufe oder zu Spezialkliniken [37, 38].

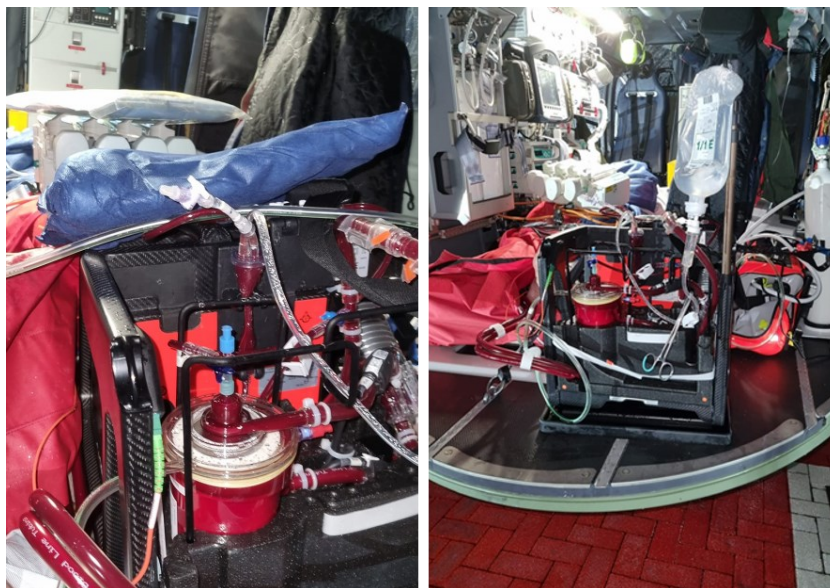


Abbildung 4: Konzeptionelle Transportkonstellation unserer Einrichtung mit dem Universitätsklinikum (Maximalversorger) als Knotenpunkt

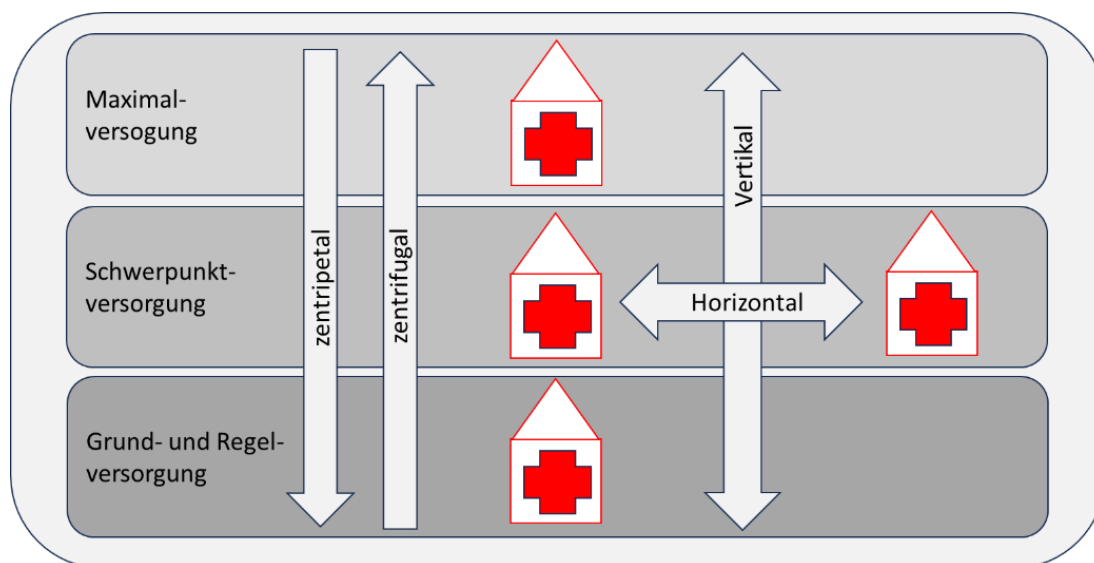


Abbildung 5: Verlegungsarten im Interhospitaltransport ([39] modifiziert)

1.2.2 Bedeutung des IHT

Die zunehmende Spezialisierung von Krankenhäusern und die verstärkte Bildung überregionaler Behandlungsnetzwerke führen zu einem intensiven Austausch von Patientinnen und Patienten zwischen Einrichtungen unterschiedlicher Versorgungsstufen [38, 40]. Innerhalb dieser Netzwerke werden schwerverletzte oder kritisch kranke Patientinnen und Patienten häufig zunächst in Kliniken der Grund- oder Regelversorgung aufgenommen, wo eine erste Stabilisierung erfolgt. Im Anschluss werden sie in

spezialisierte Einrichtungen verlegt, um die weiterführende Behandlung durchzuführen. Oft kehren die Patientinnen und Patienten anschließend rasch in dezentrale Krankenhäuser zurück, um die postinterventionelle Therapie fortzusetzen. Diese Vorgehensweise resultiert aus der Tatsache, dass viele Maximalversorger und Universitätskliniken an den Grenzen ihrer Kapazitäten arbeiten [41, 42].

Geografische Unterschiede in den Gesundheitsnetzwerken können zu erheblichen Disparitäten in der Versorgung zwischen städtischen und ländlichen Krankenhäusern führen. Ein Interhospital-Transport (IHT) kann die zeitgerechte chirurgische Versorgung innerhalb großer Gesundheitsnetzwerke erleichtern, indem er Probleme wie den Mangel an geeigneten Ressourcen am Erststandort, die Notwendigkeit intensiverer Versorgung oder den Bedarf an komplexer, multidisziplinärer Spezialbehandlung adressiert [43, 44]. In vielen chirurgischen Kohorten haben IHT sich als unabhängiger Risikofaktor für eine erhöhte Sterblichkeit erwiesen [45, 46].

Es ist bekannt, dass der Interhospital-Transport (IHT) bei bestimmten Patientengruppen, wie beispielsweise Patientinnen und Patienten auf Intensivstationen oder bei akutem Myokardinfarkt, häufig vorkommt [47]. Jedoch gibt es bislang keine aktuellen Studien, die die Häufigkeit des IHT in einer breiteren Gruppe von hospitalisierten Patientinnen und Patienten auf nationaler Ebene untersucht haben. Es ist zudem wenig darüber bekannt, welche Patientinnen und Patienten für einen Transfer ausgewählt werden und welche Kriterien dabei eine Rolle spielen [48]. Patienten, die zwischen Akutkrankenhäusern transferiert werden, sind besonders gefährdet [49]. Um die Qualität und Sicherheit des IHT zu verbessern, ist es entscheidend, zu verstehen, welche Patientinnen und Patienten von einem IHT profitieren und welche bewährten Verfahren im IHT-Prozess identifiziert werden können [50]. Patienten, die im Rahmen eines IHT in ein spezialisiertes Krankenhaus verlegt werden, erwarten in der Regel eine spezialisierte Fachversorgung [51]. Obwohl lediglich 1.5% aller hospitalisierten Medicare-Patienten einen IHT durchlaufen [52], ist die Häufigkeit der Verlegungen bei bestimmten Patientengruppen deutlich höher, insbesondere bei Diagnosen, die eine spezialisierte Behandlung erfordern [53]. Vorliegende Daten zeigen, dass 5% der Medicare-Patienten, die auf der Intensivstation aufgenommen werden [54], und bis zu 50% der Patientinnen und Patienten mit akutem Myokardinfarkt (AMI) einen IHT benötigen [47]. Trotz seiner Vorteile birgt der IHT für kritisch kranke Patientinnen und Patienten zusätzliche Risiken [55, 56]. Eine gut etablierte Infrastruktur für den IHT könnte jedoch erhebliche Vorteile sowohl für

Patientinnen und Patienten als auch für die Anbieter schaffen. Viele technische Barrieren wurden bereits überwunden, um schnelle und patientenzentrierte Übertragungen in eine leicht zugängliche Infrastruktur zu ermöglichen [51]. Die Umsetzung des abgestuften integrierten Versorgungskonzepts zwischen dem Universitätsklinikum Düsseldorf und dem Klinikverbund Karl-Leisner erfolgt durch eine möglichst einfache Strukturierung der Abläufe, beginnend mit der initialen Kontaktaufnahme zur Heartteam (HT) -Besprechung. Internationale Studien zum IHT aus verschiedenen medizinischen Subdisziplinen haben in der Vergangenheit unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich der Mortalität und des Langzeitoutcomes nach einem Interhospitaltransfer gezeigt. Tseng et al [57] untersuchten den Einfluss des IHT auf die Ergebnisse von Patienten, die sich einer Operation aufgrund einer akuten Typ-A-Aortendissektion unterzogen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Transfer von Patientinnen und Patienten mit einer Typ-A-Aortendissektion in tertiäre Krankenhäuser mit erfahrenen kardiochirurgischen Teams das chirurgische Risiko nicht erhöht ($P = 0.026$).

Stone et al [58] analysierten Patientinnen und Patienten mit instabiler Angina pectoris oder Myokardinfarkt, die aufgrund der Nichtverfügbarkeit eines Hubschraubers auf dem Landweg transportiert wurden, und verglichen diese mit Patienten, die per Hubschrauber transportiert wurden. Ihre Untersuchung ergab, dass der IHT per Lufttransport im Vergleich zum Bodentransport keinen signifikanten Vorteil hinsichtlich einer verkürzten Krankenhausaufenthaltsdauer oder reduzierter Sterblichkeit bot ($P = 0.05$ bzw. 0.02). Sanaiha [59] analysierte Patienten, die sich einer nicht-elektiven koronaren Bypass-Operation, Klappenersatz oder -reparatur oder einer Kombination dieser Eingriffe unterzogen und identifizierte sie anhand der Nationwide Readmissions Database, einer umfangreichen öffentlich zugänglichen Datenbank für Entlassungen aller Kostenträger in den USA, die vom Healthcare Cost and Utilization Project verwaltet wird. Die Studie zeigte, dass der Transfer mit einer Zunahme von Komplikationen, einer längeren Aufenthaltsdauer im Erstkrankenhaus sowie höheren Kosten und einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine Wiederaufnahme innerhalb von 30 Tagen und 31–90 Tagen verbunden war (80.7% vs. 44.9%, $P < 0.001$). Bei transferierten Patientinnen und Patienten war der Transfer in ein Zentrum mit hohem Patientenaufkommen mit einer geringeren Mortalitätswahrscheinlichkeit assoziiert, und sie wurden auch seltener wieder in das Erstkrankenhaus eingewiesen.

Murshed [60] untersuchten die Sterblichkeitsdaten aller chirurgischen Patientinnen und Patienten in Australien (außer New South Wales), die zwischen dem 1. Januar 2010 und dem 31. Dezember 2019 einen IHT durchliefen. Die Daten wurden aus der Australian and New Zealand Audit of Surgical Mortality Database extrahiert. Diese Studie identifizierte 13 Themen, die potenziell vermeidbare Managementprobleme darstellen und zur chirurgischen Sterblichkeit nach einem IHT beitragen können. Zu diesen Bereichen gehören operatives Design, Entscheidungsfindung zur Operation, medizinische Bedingungen, Diagnose, Verlegung, intraoperative Probleme, unzureichende Beurteilung, Kommunikation, Verzögerung bei der Erkennung von Komplikationen, Koagulopathie, unzureichende Überwachung, Infektionen und Krankenhausressourcen. Qualitätsverbesserungsinitiativen, die auf diese Bereiche abzielen, könnten potenziell die Ergebnisse für chirurgische Patientinnen und Patienten nach einem IHT verbessern.

Mueller et al [61] analysierten in einer retrospektiven Studie die gesammelten Daten des Center for Medicare and Medicaid Services (CMS) sowie des 100% Master Beneficiary Summary aus dem Jahr 2013 in den USA. Die Studie zeigte, dass von den 101.507 Patienten, die in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden, 19.613 (19.3%) an akuten AMI, gastrointestinalen Blutungen, Nierenversagen oder Hüftfrakturen/-luxationen litten. Abhängig von der Hauptdiagnose erhielten zwischen 32.4% und 89.1% der Patientinnen und Patienten keine spezialisierte fachärztliche Behandlung im aufnehmenden Krankenhaus.

Lu et. al [62]] analysierten die Auswirkungen des IHT auf die Ergebnisse bei kardiogenem Schock in der realen Welt. Kardiogener Schock (KS) ist mit einer hohen Sterblichkeit verbunden, und es gibt eine zunehmende Tendenz hin zu regionalen „Hub-and-Spoke“-Triagesystemen, um die Versorgung und Ressourcen besser zu koordinieren. Sie fanden heraus, dass die Behandlung von KS in Transferzentren mit einer signifikant niedrigeren Sterblichkeit in dieser großen realen Stichprobe assoziiert war ($P < 0.01$).

Mithilfe der Nationwide Inpatient Sample von 2009 wurde eine repräsentative Stichprobe von Krankenhausaufenthalten in den USA untersucht. In dieser Beobachtungsstudie wurden die Patienteneigenschaften, unerwünschte Ereignisse im Krankenhaus und die Entlassungsdisposition zwischen transferierten und nicht transferierten Patientinnen und Patienten verglichen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass transferierte Patientinnen und

Patienten im Vergleich zu nicht transferierten Patientinnen und Patienten schlechtere Ergebnisse aufwiesen ($P < 0,05$) [56].

Gill zeigte in seiner Studie [63] dass Patienten, die von anderen Krankenhäusern in Akutkrankenhäuser verlegt wurden, um eine aortokoronare Bypass-Operation (ACB-OP) durchzuführen, im Vergleich zu regulären Krankenhausaufenthalten ein höheres Risiko für Krankenhaussterblichkeit hatten. Diese Patientinnen und Patienten wiesen zudem ein erhöhtes Risiko für intraoperativen Herzstillstand und postoperative Herzinsuffizienz auf. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass Akutverlegungen, die sich einer ACB-OP unterziehen, zusätzliche medizinische Unterstützung im operativen und postoperativen Bereich erfordern ($P < 0,001$).

1.3 IHT auslösende Entitäten

Die Entitäten, die einen IHT auslösen, lassen sich durch die Schwere und Akuität der jeweiligen Pathologie erklären. Stabile Angina, auch als typische Angina oder Angina pectoris bekannt, ist ein Symptom der Myokardischämie. Sie äußert sich durch Brustbeschwerden oder ein äquivalentes Angina-Symptom, das durch körperliche Anstrengung ausgelöst wird und sich in Ruhe oder nach der Gabe von Nitroglycerin bessert. Häufig stellt stabile Angina eine der ersten Manifestationen oder Warnzeichen einer zugrunde liegenden koronaren Herzkrankheit dar [64]. Die Klassifikation der Canadian Cardiovascular Society (CCS) wird nach wie vor als maßgebliches Bewertungssystem für Angina verwendet, um den Schwellenwert zu quantifizieren, ab dem Symptome in Bezug auf körperliche Aktivitäten auftreten [65]. Obwohl stabile Angina pectoris in der Regel kein Notfall ist, kann es in seltenen Fällen, insbesondere bei Patientinnen und Patienten mit Beschwerden gemäß CCS IV, erforderlich sein, eine notfallmäßige perkutane Koronarintervention (PCI) durchzuführen oder sogar eine sofortige Verlegung zur Bypass-Operation auszulösen, wenn der entsprechende Befund vorliegt.

Das akute Koronarsyndrom (ACS) umfasst ein Spektrum von Erkrankungen, bei denen Patientinnen und Patienten mit kürzlichen Veränderungen in klinischen Symptomen oder Anzeichen präsentiert werden, mit oder ohne Veränderungen im 12-Kanal-Elektrokardiogramm (EKG) und mit oder ohne akute Erhöhungen der Konzentrationen von

kardialen Troponin (cTn). Das ACS schließt instabile Angina pectoris, den Nicht-ST-Hebungsinfarkt (NSTEMI) und den ST-Hebungsinfarkt (STEMI) ein [66].

1.3.1 Koronare Herzkrankheit (KHK)

1.3.1.1 Epidemiologie der KHK

Die KHK stellt gemäß der nationalen Versorgungsleitlinie die klinisch relevante Manifestation der Atherosklerose in den Koronararterien dar. Sie führt häufig zu einem Missverhältnis zwischen myokardialen Sauerstoffbedarf und -angebot [67].

Herz-Kreislauf-Erkrankungen gehören nach wie vor zu den größten gesundheitlichen Herausforderungen unserer Zeit. Laut dem Robert Koch-Institut entwickeln 9.3% der 40- bis 79-Jährigen in Deutschland im Laufe ihres Lebens eine KHK, während 4.7% derselben Altersgruppe einen Myokardinfarkt erleiden [68]. Kardiovaskuläre Erkrankungen, insbesondere die KHK, zählen weltweit weiterhin zu den häufigsten Todesursachen. Dies wird durch aktuelle Daten der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sowie des Statistischen Bundesamts aus dem Jahr 2023 bestätigt [69, 70].

Todesursachen nach Krankheitsarten 2023

in %

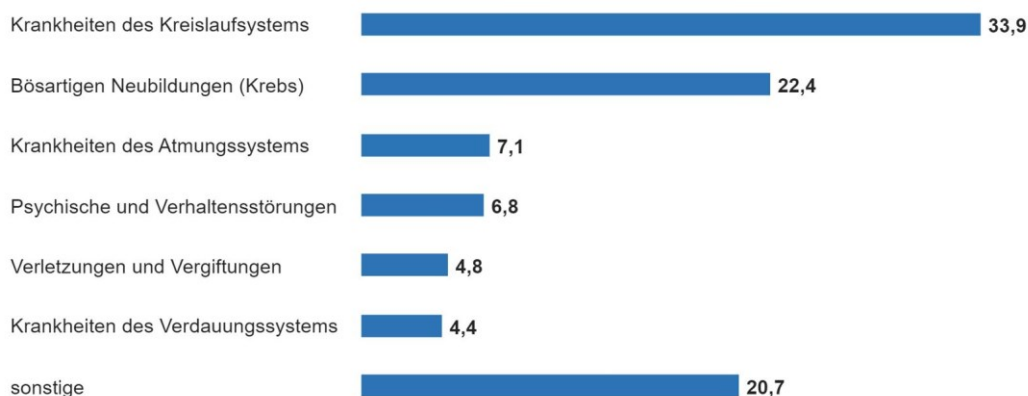


Abbildung 6: Todesursachen nach Krankheitsarten (Statistisches Bundesamt (Destatis), 2025)

1.3.1.2 Allgemeine Risikofaktoren für eine KHK

Die Hauptursachen sowie modifizierbaren Risikofaktoren für atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen umfassen erhöhte Lipoprotein-Konzentrationen im Blut –

insbesondere Lipoprotein niedriger Dichte (LDL) –, arteriellen Hypertonus, Zigarettenkonsum, Diabetes mellitus (DM) und Adipositas [71].

Cholesterol

Die kausale Rolle von LDL und anderen Apolipoprotein-B-haltigen Lipoproteinen bei der Entstehung atherosklerotischer Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist durch genetische, epidemiologische und interventionelle Studien eindeutig belegt [72]. Eine langfristige Senkung des LDL-Cholesterins (LDL-C) korreliert über den gesamten untersuchten Bereich hinweg mit einem reduzierten Risiko für atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Randomisierte kontrollierte Studien (RCTs) zeigen, dass selbst bei niedrigen Ausgangswerten von LDL-C [z. B. LDL-C < 1.4 mmol/L (55 mg/dL)] eine weitere Reduktion das kardiovaskuläre Risiko signifikant und sicher senkt [72].

Rauchen

Das Zigarettenrauchen ist für 50% aller vermeidbaren Todesfälle unter Rauchern verantwortlich, wobei die Hälfte dieser Todesfälle auf atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurückzuführen ist. Ein lebenslanger Raucher hat eine 50%ige Wahrscheinlichkeit, an den Folgen des Tabakkonsums zu sterben, und verliert dabei durchschnittlich zehn Lebensjahre [73]. Raucherinnen und Raucher unter 50 Jahren haben ein fünffach höheres Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen als Nichtraucher [74]. Zudem ist das kardiovaskuläre Risiko durch langjähriges Rauchen bei Frauen stärker ausgeprägt als bei Männern [75]. Ein Rauchstopp verbessert die Prognose von Patientinnen und Patienten mit chronischem Koronarsyndrom erheblich. Studien zeigen eine Reduktion der Gesamtmortalität um 36% bei ehemaligen Rauchern [76].

Blutdruck

Langzeitstudien, genetisch-epidemiologische Untersuchungen und RCTs belegen, dass erhöhter Blutdruck eine zentrale Ursache sowohl für atherosklerotische als auch für nicht-atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellt – insbesondere für die Entwicklung einer Herzinsuffizienz. Hypertonie wird mit 9.4 Millionen Todesfällen jährlich sowie mit 7% der globalen behinderungsbereinigten Lebensjahre (Disability-Adjusted Life Years, DALYs) in Verbindung gebracht [77].

Diabetes mellitus

Typ-1-Diabetes, Typ-2-Diabetes und Prädiabetes sind eigenständige Risikofaktoren für atherosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen (ASCVD) und verdoppeln das Risiko für

deren Entwicklung – abhängig von der betroffenen Population und dem Grad der therapeutischen Kontrolle [78]. Frauen mit Typ-2-Diabetes zeigen dabei ein besonders erhöhtes Schlaganfallrisiko [79].

Adipositas

In den letzten Jahrzehnten ist der Body-Mass-Index (BMI) – berechnet als Körpergewicht (kg) dividiert durch die quadrierte Körpergröße (m^2) – weltweit bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen deutlich angestiegen [80]. Epidemiologische Daten weisen darauf hin, dass die Gesamtmortalität bei einem BMI von 20–25 kg/m^2 bei scheinbar gesunden Menschen am niedrigsten ist. Dabei zeigt sich eine J-förmige oder U-förmige Beziehung zwischen BMI und Mortalitätsrisiko [81, 82].

1.3.1.3 Perkutane koronare Intervention (PCI)

Die perkutane Koronarintervention (PCI) ist ein nicht-chirurgischer, invasiver Eingriff mit dem Ziel, die Stenose oder den Verschluss der Koronararterie zu beseitigen und die Blutversorgung des ischämischen Gewebes zu verbessern. Dies wird in der Regel durch verschiedene Methoden erreicht, wobei die häufigste Methode die Ballondilatation oder das Einsetzen eines Stents ist, um die Arterie offen zu halten [83]. Hier sind die klinischen Indikationen, die eine perkutane Koronarintervention erforderlich machen könnten [83]:

1. Akuter STEMI

- Primäre PCI wird als empfohlene Methode der Reperfusion angesehen, wenn sie zeitnah von erfahrenen Operateuren durchgeführt werden kann [84].
- STEMI und ischämische Symptome von weniger als 12 h Dauer [85].
- STEMI und ischämische Symptome von weniger als 12 h Dauer und Kontraindikationen zur Fibrinolyse-Therapie.
- Die perkutane Koronarintervention (PCI) verbessert das Überleben bei Patientinnen und Patienten mit signifikanter (>50%) Stenose.

2. Nicht-ST-Hebungs-Akutes Koronarsyndrom (NSTEMI/ACS)

- Frühe invasive Therapie (innerhalb von 2 h nach Symptomen) wird bei refraktärer Angina, rezidivierender Angina, Symptomen von Herzinsuffizienz, neuer oder sich verschlechternder Mitralklappeninsuffizienz, hämodynamischer Instabilität oder anhaltendem ventrikulärem Tachykardie-/Fibrillation empfohlen.
- Eine Verschlechterung des Troponinspiegels sollte eine frühzeitige Therapie (innerhalb von 24 h) auslösen.

3. Instabile Angina
4. Stabile Angina
5. Äquivalent zur Angina (z. B. Atemnot, Arrhythmie oder Schwindel oder Synkope)
6. Befunde eines Hochrisiko-Stresstests
7. Die PCI ist indiziert bei kritischer Koronararterienstenose, die nicht für eine ACB-OP in Frage kommt [86].

1.3.1.4 Die aortokoronare Bypass-Operation (ACB-OP)

Die Überlegenheit der ACB-OP gegenüber einer Strategie der initialen medikamentösen Therapie wurde vor mehr als zwei Jahrzehnten in einer Meta-Analyse von sieben RCTs nachgewiesen [87]. Diese zeigte einen Überlebensvorteil von ACB-OP bei Patientinnen und Patienten mit koronarer Herzerkrankung und Hauptstamm- oder Drei-Gefäß-Erkrankung, insbesondere wenn der vordere, absteigende Ast der linken Koronararterie (LAD) betroffen war. Diese Ergebnisse wurden in neueren Studien bestätigt [88, 89]. Es gibt keine speziellen RCTs, die eine direkte Vergleichsanalyse zwischen perkutaner und chirurgischer Revaskularisierung bei Patientinnen und Patienten mit ACS durchführen. Im Fall eines akuten STEMI sollte eine ACB-OP nur in Betracht gezogen werden, wenn die primäre perkutane Koronarintervention (PPCI) nicht durchführbar ist, insbesondere bei anhaltender Ischämie oder großen Bereichen gefährdeten Myokards [90].

1.3.1.5 Perkutane Koronarintervention vs. koronare Bypass-Operation

Die vorhergesagte chirurgische Sterblichkeit, die anatomische Komplexität der KHK und die erwartete Vollständigkeit der Revaskularisierung sind wichtige Kriterien für die Entscheidungsfindung hinsichtlich der Art der Revaskularisierung. Ob eine konservative Therapie, PCI oder ACB-OP bevorzugt werden sollte, sollte von den Risiko-Nutzen-Verhältnissen dieser Behandlungsstrategien abhängen. Dabei werden die Risiken perioperativer Komplikationen (z. B. zerebrovaskuläre Ereignisse, Bluttransfusionen, Nierenversagen, neu auftretende Arrhythmien oder Wundinfektionen) gegen Verbesserungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität sowie Langzeitfreiheit von Tod, Herzinfarkt oder erneuter Revaskularisierung abgewogen [90].

Zur Bewertung der vorhergesagten chirurgischen Sterblichkeit wurden das European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE II) (www.euroscore.org/calc.html) und der Score der Society of Thoracic Surgeons (STS) (<http://riskcalc.sts.org>) entwickelt. Diese basieren auf klinischen Variablen, um das

operative Sterberisiko im Krankenhaus oder nach 30 Tagen abzuschätzen [91, 92]. Der SYNTAX Score (<http://www.syntaxscore.com>) wurde prospektiv für die SYNTAX-Studie entwickelt, um die anatomische Komplexität von Koronarläsionen bei Patientinnen und Patienten mit Hauptstamm- oder Dreigefäßerkrankung zu bewerten [93].

1.3.1.6 Hybrid koronare Revaskularisation

Hybride koronare Revaskularisierung (HCR) wird definiert als kombinierte oder aufeinanderfolgende Verfahren, die aus einer Bypass-Operation mit einer Arteria mammaria interna zur LAD und einer PCI an den anderen nicht-LAD-Gefäßen zur Behandlung von multivaskulärer Koronarerkrankung (MVD) bestehen [94].

1.3.2 Operative Behandlung der Herzklappenerkrankungen

Die Entscheidungsfindung bei Herzklappenerkrankungen umfasst eine genaue Diagnose, den Zeitpunkt der Intervention, die Risikobewertung und, basierend darauf, die Auswahl der am besten geeignete Art der Intervention [95].

Entscheidungen bezüglich Behandlung und Intervention sollten von einem aktiven und kooperativen HT mit Expertise in Herzklappenerkrankungen getroffen werden, das aus klinischen und interventionellen Kardiologen, Herzchirurgen sowie Bildgebungsspezialisten mit Fachwissen in interventioneller Bildgebung besteht [96].

In den nächsten Unterkapiteln werden nur die häufigsten Herzklappenerkrankungen erläutert.

1.3.2.1 Aortenklappenstenose

Herzklappenerkrankungen – insbesondere die Aortenklappenstenose – stellen eine zentrale Indikation für herzchirurgische Eingriffe dar. Die daraus resultierende gestörte Hämodynamik kann unbehandelt zu Herzinsuffizienz oder sogar zum Tod führen. Die Diagnostik erfolgt in der Regel mittels transthorakaler oder transösophagealer Echokardiografie. Therapeutisch stehen sowohl konventionelle herzchirurgische Eingriffe (SAVR) als auch interventionelle Verfahren wie die Transkatheter-Aortenklappenimplantation (TAVI) zur Verfügung. Die Wahl der Behandlungsstrategie richtet sich u. a. nach Alter, Risikoprofil und individuellen anatomischen Voraussetzungen der Patientinnen und Patienten [97].

RCTs haben die beiden Interventionsmethoden über das Spektrum des chirurgischen Risikos bei überwiegend älteren Patientinnen und Patienten bewertet. Als

Zusammenfassung, verwendeten diese Studien chirurgische Risikoscores zur Steuerung der Patientenauswahl und zeigten, dass TAVI bei Patientinnen und Patienten mit extremem Risiko der medikamentösen Therapie überlegen ist und bei Patientinnen und Patienten mit hohem und mittlerem Risiko nach einer Nachbeobachtungszeit von bis zu 5 Jahren nicht schlechter als SAVR ist [95]. SAVR erfordert die Verwendung der Herz-Lungen-Maschine, um das Herz anzuhalten und Zugang zur Aortenklappe im Herzen zu ermöglichen. Der traditionelle Ansatz, um das Herz für den Bypass freizulegen und Zugang zur Aortenklappe zu erhalten, erfolgt über eine mediane Sternotomie [98]. Um die Wundheilstörung zu minimieren wurde 1997 [99] die sog. minimalinvasive SAVR etabliert und über die Jahre entwickelt. Im Prinzip werden aktuell zwei minimalinvasive Ansätze für SAVR angewendet: Mini-Sternotomie und rechte anteriore Mini-Thorakotomie.

1.3.2.2 Aortenklappeninsuffizienz

In Ländern mit hohem Einkommen zählen die degenerative trikuspid- und bikuspid-Aortenklappeninsuffizienz zu den häufigsten Ursachen dieser Erkrankung. Sie machen etwa zwei Drittel der zugrunde liegenden Ätiologie der Aortenklappeninsuffizienz im EURObservational Registry Programme Valvular Heart Disease II Register aus [100]. Bei symptomatischen Patientinnen und Patienten wird eine operative Intervention empfohlen – unabhängig von der linksventrikulären Ejektionsfraktion (LVEF) – sofern die Aortenklappeninsuffizienz als schwerwiegend eingestuft wird und das Operationsrisiko nicht prohibitiv hoch ist [101]. Zudem wird eine chirurgische Therapie bei asymptomatischen und symptomatischen Patientinnen und Patienten mit schwerer Aortenklappeninsuffizienz indiziert, wenn eine koronare Bypass-Operation (ACB-OP), eine Operation der Aorta ascendens oder ein weiterer Klappeneingriff erforderlich ist [102]. Die Wahl des chirurgischen Verfahrens sollte individuell angepasst werden und Faktoren wie die Erfahrung des behandelnden Teams, das Vorliegen eines Aortenwurzelaneurysmas, die Morphologie der Klappenregel, die Lebenserwartung sowie den gewünschten Antikoagulationsstatus berücksichtigen. Der Aortenklappenersatz (AVR) stellt das Standardverfahren für die meisten Patientinnen und Patienten mit Aortenklappeninsuffizienz dar. Allerdings zeigen der aortenklappenerhaltende Wurzelersatz (sog. aortic valve-sparing root replacement) sowie die Klappenreparatur bei sorgfältig ausgewählten Patientinnen und Patienten ausgezeichnete Langzeitergebnisse. Diese Verfahren sind mit niedrigen Raten klappenbezogener Komplikationen sowie einer guten postoperativen Lebensqualität verbunden, sofern sie in spezialisierten Zentren

durchgeführt werden [103]. In geeigneten Fällen kann die Aortenklappenreparatur oder das Ross-Verfahren eine sinnvolle Alternative zum Klappenersatz darstellen – insbesondere, wenn diese Eingriffe von erfahrenen Chirurgen durchgeführt werden [104].

1.3.2.3 Mitralklappeninsuffizienz

Die Mitralklappeninsuffizienz ist die zweithäufigste Herzklappenerkrankung in Europa. Der zugrunde liegende Mechanismus (primär oder sekundär) bestimmt den therapeutischen Ansatz [105]. Wenn eine Operation bei der primären Mitralklappeninsuffizienz (PMI) in Betracht gezogen wird, ist die Mitralklappenreparatur die chirurgische Intervention der ersten Wahl, wenn nach der Bewertung durch das HT dauerhafte Ergebnisse erwartet werden, da sie mit einer besseren Überlebensrate im Vergleich zum Mitralklappenersatz verbunden ist [106]. Chronische sekundäre Mitralklappeninsuffizienz (SMI) ist mit einer verschlechterten Prognose verbunden und ihr interventionelles Management ist komplex [107]. Die Evidenz zur Unterstützung eines chirurgischen Eingriffs bleibt begrenzt. Eine Mitralklappenoperation wird bei Patientinnen und Patienten mit schwerer SMI empfohlen, die sich einer koronaren Bypass-Operation oder einer anderen Herzoperation unterziehen [108]. Zusätzliche klappenerhaltende Techniken oder ein chordalerhaltender Klappenersatz können bei Patientinnen und Patienten mit echokardiographischen Prädiktoren für ein Versagen der Rekonstruktion in Betracht gezogen werden [109]. Die Indikationen für eine isolierte Mitralklappenoperation bei SMI mit hochgradig reduzierter LV-Funktion sind aufgrund erheblichen Operationsrisikos und hohem Raten von wiederkehrender Mitralklappeninsuffizienz und des Fehlens eines nachgewiesenen Überlebensvorteils [110].

1.3.2.4 Mitralklappenstenose

Die Ätiologie der Mitralklappenstenose ist meist rheumatisch oder degenerativ. Im Allgemeinen sollten Interventionen nur bei Patientinnen und Patienten mit klinisch signifikanter (mäßig bis schwerer) rheumatischer Mitralstenose (Klappenfläche $\leq 1.5 \text{ cm}^2$) durchgeführt werden, hierbei soll die perkutane Mitralkommissurotomie (PMC) in Betracht gezogen werden, Jedoch ist eine Mitralklappenersatzoperation indiziert, wenn eine perkutane Mitralklappen-Ballonvalvuloplastie kontraindiziert ist oder die Klappenmorphologie ungünstig ist [111].

In westlichen Ländern, in denen die Inzidenz von rheumatischem Fieber und die Anzahl der PMC gering sind, sollte diese Behandlung auf erfahrene Operateure in spezialisierten

Zentren beschränkt werden, um die Sicherheit und die Erfolgsrate des Verfahrens zu verbessern [112]. Behandlungsoptionen bei degenerativer Mitralklappenstenose, einschließlich transkatheterer und chirurgischer Ansätze, sind risikoreiche Verfahren, und es fehlt an Evidenz aus randomisierten Studien. Selbst wenn der Eingriff erfolgreich durchgeführt wird und der transvalvuläre Gradient reduziert wird, kann aufgrund der geringen Compliance des linken Vorhofs (LA) und des linken Ventrikels (LV) der mittlere Vorhofdruck erhöht bleiben [95]. Dank der Früherkennung und der entsprechenden Therapien im Kindesalter sind rheumatisch bedingte degenerative Mitralklappen Erkrankung sehr selten [113].

1.4 Das Herzteam (HT) – multidisziplinäres Behandlungsteam

Das multidisziplinäre HT, das den Kardiologen, Herzchirurgen und andere Spezialisten umfasst, ist zu einem entscheidenden Bestandteil der Entscheidungsfindung bei der Revaskularisation geworden. Ursprünglich entstand der Ansatz des HTs zur Entscheidungsfindung bei koronarer Herzkrankheit im Rahmen randomisierter Studien, die PCI mit ACB-OP verglichen, um sicherzustellen, dass ausgewählte Patientinnen und Patienten vor der Randomisierung gleichermaßen für beide Strategien geeignet waren [114]. Das HT ist zu einem wichtigen Paradigma in der klinischen Praxis geworden und betont die Bedeutung des Teamkonsenses für den optimalen Ansatz zur Revaskularisation [115].

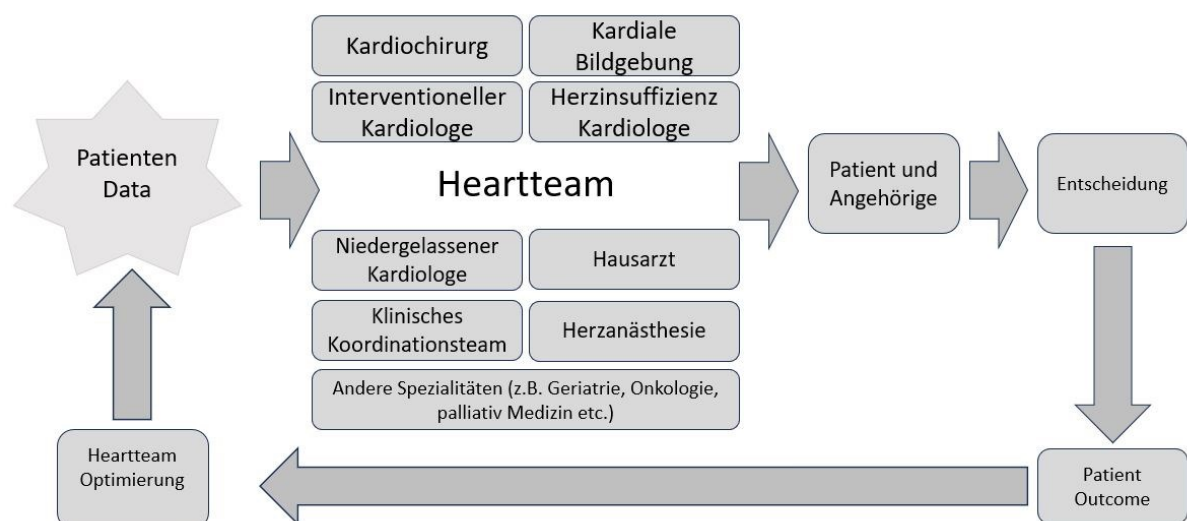


Abbildung 7: HT und patientenzentrierte gemeinsame Entscheidungsfindung ([116] (modifiziert))

Das multidisziplinäre HT hat sowohl in den US-amerikanischen als auch in den europäischen Leitlinien der Klasse I Empfehlungen für Herzklappenerkrankungen (VHD) sowie für Patientinnen und Patienten mit Hauptstamm- und MVD erhalten, die für PCI oder ACB-OP in Betracht gezogen werden [90, 117, 118]. Ad-hoc PCI kann bei Vorliegen einer komplexen KHK möglicherweise nicht angemessen sein. In solchen Situationen können Revaskularisationsstrategien unklar sein; daher kann die Einbindung des HT das Potenzial für multidisziplinäre Beiträge maximieren und dem Patienten ausreichende Informationen zur Unterstützung einer informierten Entscheidungsfindung bieten [119]. Patientinnen und Patienten mit komplexer KHK, die nach Diskussion und Konsens des HT einer Revaskularisationsstrategie zugewiesen werden, könnten besser abschneiden als diejenigen, die ohne ein solches Verfahren für eine bestimmte Strategie ausgewählt werden [119, 120]. Der Ansatz des HT umfasst einen sorgfältigen Auswahlprozess, der zu patientenspezifischen Entscheidungen und guten langfristigen Ergebnissen bei Patientinnen und Patienten mit komplexer KHK führt [121].

1.5 Ziel der vorliegenden Arbeit

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die Frage, ob die geografische Entfernung zwischen Zuweiserklinik und Herzzentrum im Rahmen eines regionalen, strukturierten Kooperationsnetzwerks das klinische Outcome von herzchirurgischen Notfallpatientinnen und -patienten im Interhospitaltransfer beeinflusst. Dabei werden insbesondere die 30-Tage-Mortalität, die Rate schwerwiegender postoperativer Komplikationen (nach STS-Definition) und die Zeit bis zur operativen Versorgung betrachtet. Internationale Studien liefern hierzu widersprüchliche Ergebnisse: Einige berichten von einem negativen Einfluss längerer Transportwege, wie in der Studie von Sanaiha [59], während andere bei etablierten, strukturierten Prozessen keinen Zusammenhang finden [122, 123].

Hypothese:

Die geografische Entfernung zwischen Zuweiserklinik und Herzzentrum ist kein signifikanter, unabhängiger Prognoseparameter für das klinische Outcome (Mortalität, Komplikationsrate) bei herzchirurgischen Notfallpatientinnen und -patienten im Interhospitaltransfer, sofern eine strukturierte, sektorenübergreifende Kooperation und standardisierte Abläufe bestehen.

Primärer Fokus:

Klinisch-retrospektiv zu analysieren, ob die geografische Distanz das klinische Outcome (30-Tage-Mortalität, Komplikationsrate, Zeit bis zur OP) maßgeblich beeinflusst.

Sekundäre Foci:

- Analyse der Zeitintervalle zwischen Symptombeginn, Diagnostik, Transfer und Operation sowie deren Einfluss auf das Outcome.
- Vergleich verschiedener Patientengruppen (Notfall, dringlich, elektiv) hinsichtlich Risikoprofil, Operationsart und Outcome.
- Bewertung der Funktionalität und Wirksamkeit des implementierten Kooperationsmodells.
- Analyse der Geschlechterverteilung, der Häufigkeit und Art von Komplikationen sowie der Inzidenz von Todesfällen.

Regionale, stufenübergreifende Versorgungsnetzwerke haben sich in anderen medizinischen Bereichen als effektiv erwiesen [124, 125]. Die Übertragbarkeit auf die Herzchirurgie und die Rolle der geografischen Distanz sind jedoch bislang unzureichend untersucht. Diese Arbeit soll diese Forschungslücke schließen und praxisrelevante Erkenntnisse für die Weiterentwicklung kooperativer Versorgungskonzepte liefern.

2 Material und Methode

2.1 Aktenzeichen der Arbeit

Studennummer: 2023-2404

2.2 Studiendesign

Es werden retrospektiv alle Patientinnen und Patienten (n= 793) die der Klinik für Herzchirurgie des UKD aus dem Karl-Leisner-Klinikums Kleve/Kevelaer, im Zeitraum Jan/18 bis Feb/23 zugewiesen und behandelt worden, betrachtet. Retrospektiv wird beginnend bei der präoperativen HT-Sitzung, der gesamte prä- und postoperative Aufenthalt analysiert. Die erhobenen Daten werden mittels Statistik Software R Statistical, Version 4.2.0 abgehandelt um graphische und statistische Analysen und Darstellungen der Daten zu ermöglichen.

2.3 Datenmanagement und Datenbank

Bei allen bearbeiteten Daten handelte es sich um digitale Informationen. Die notwendigen Patientendaten stammen aus der Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf und dem Klinikverbund Karl-Leisner. Die erhobenen Patientendaten wurden pseudonymisiert und in eine numerische Reihenfolge geordnet. Der Computer meines Betreuers wurde genutzt, auf den sowohl er selbst als auch ich (Doktorand) Zugriff hatten.

Die Daten bezüglich der Transportart und der Transportdauer für die notfallmäßige oder dringliche Patientinnen und -patienten, wurden u.a. von der Leitstelle Kreis-Kleve angefragt. Alle relevanten Informationen der in die Studie eingeschlossenen Patientinnen und Patienten wurden in eine Microsoft-Excel-Tabelle eingefügt. Die Zeilen der Excel-Tabelle gaben die numerische Reihenfolge an und die Spalten zeigten alle wichtigen Informationen:

- Art des IHT und Transportdauer
- Aufnahmediagnose, - Dringlichkeit
- Präoperative kardiale Situation (KHK, LVEF, Schrittmacher-Implantate, NYHA-Klassif.)
- Laborwerte
- Therapieziel
- Operationsdatum.

- Im Aufenthalt registrierte Komplikationen.

- 30 Tages Mortalität

Im Abschnitt „3. Ergebnisse“ werden die relevanten statistischen Ergebnisse in Bezug auf die Fragestellung der Studie beschrieben und dargestellt.

2.4 Statistische Analyse und Auswertung

Zur Beschreibung der Studienpopulation wurden normalverteilte quantitative Variablen als Mittelwert $\pm$ Standardabweichung, nicht normalverteilte als Median mit Interquartilsabstand (IQR) angegeben. Kategorische Variablen wurden in absoluten und relativen Häufigkeiten (%) dargestellt. Zusammenhänge zwischen nicht normalverteilten kontinuierlichen Variablen wurden mittels Spearman-Rangkorrelation analysiert. Unterschiede zwischen Überlebenden und Nicht-Überlebenden wurden in der univariaten Analyse mit dem Chi-Quadrat-Test, dem Mann-Whitney-U-Test bzw. dem Student's t-Test untersucht. Für signifikante Prädiktoren wurden ROC-Kurven erstellt; die AUC diente zur Bewertung der Diskriminierungskraft, optimale Schwellenwerte wurden mit dem Youden-Index bestimmt. Bei Vergleich mehrerer AUCs wurde der DeLong-Test verwendet.

Signifikante und klinisch relevante Variablen gingen in ein multivariates logistisches Regressionsmodell zur Vorhersage der Krankenhaussterblichkeit ein. Zur Adjustierung potenzieller Confounder wurden relevante Kovariablen auch ohne univariate Signifikanz berücksichtigt. Die Modellselektion erfolgte schrittweise auf Basis des Akaike-Informationskriteriums (AIC), Multikollinearität wurde überprüft ($VIF < 5$).

Die Modellgüte wurde mit dem Hosmer-Lemeshow-Test und Nagelkerke- R^2 bewertet. Zur externen Validierung wurde das Modell auf eine Kontrollgruppe von Nicht-COVID-19-Patienten mit ECMO-Therapie angewendet.

Die Datengrundlage bildete eine Excel-Tabelle mit pseudonymisierten Patientendaten aus dem Universitätsklinikum Düsseldorf (UKD) und dem St. Antonius Hospital in Kleve.

Ein p-Wert < 0.05 wurde als statistisch signifikant betrachtet. Die statistische Analyse erfolgte unter Verwendung der Software R (Version 4.3.2, R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich).

3 Ergebnisse

3.1 Übersicht alle Eingriffe und Kohortenanalyse

In der vorliegenden Analyse wurden insgesamt 793 Patientinnen und -patienten im Hinblick auf präoperative Merkmale, Eingriffsmodalitäten und klinische Outcomes in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt – elektiv, dringlich oder notfallmäßig – untersucht. Zwischen den drei Gruppen zeigten sich deutliche Unterschiede in mehreren klinisch relevanten Parametern.

Der Männeranteil lag insgesamt bei 75%; hinsichtlich der Geschlechterverteilung bestanden zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede ($p = 0.4$). Auch Alter und Body-Mass-Index (BMI) wichen zwischen den Gruppen nicht wesentlich voneinander ab: Der Median-BMI betrug in allen Gruppen etwa 28 kg/m^2 , das mittlere Alter lag zwischen 65 und 69 Jahren ($p = 0,3$ bzw. $p = 0.11$; Tabelle 1).

Dagegen zeigten sich bei klinischen Risikofaktoren klare Unterschiede. So war die Rate kardiopulmonaler Reanimationen (CPR) in den letzten 48 h vor dem Eingriff bei Notfallpatientinnen und -patienten mit 5.2% signifikant erhöht (elektiv: 0%, dringlich: 0.3%; $p < 0,001$). Ein ähnliches Bild zeigte sich bei vorbestehenden CPR-Ereignissen (Notfall: 6.3%, elektiv: 0.8%).

Besonders auffällig war der Anteil von Patienten: innen mit Myokardinfarkt (MI) innerhalb der letzten 48 h: In der Notfallgruppe lag dieser bei 55%, während in der elektiven Gruppe lediglich 0.8% und in der dringlichen Gruppe 6.1% betroffen waren ($p < 0.001$). Insgesamt hatten 61% der Notfallpatientinnen und -patienten bereits einen MI in der Vorgeschichte erlitten – ebenfalls ein deutlich erhöhter Anteil im Vergleich zu den übrigen Gruppen (Tabelle 1).

Auch die Prävalenz eines eingeschränkten Allgemeinzustands war bei Notfallpatientinnen und -patienten signifikant erhöht: 74% dieser Gruppe wurden der ASA-Kategorie IV zugeordnet, während in der elektiven Gruppe 88% und in der dringlichen Gruppe 86% der Patientinnen und -patienten der Kategorie III zugehörten ($p < 0.001$). Weitere Indikatoren für einen instabilen Zustand wie ein Schockgeschehen in den letzten 48 h (Notfall: 16%, andere Gruppen: $< 2\%$) und Beatmungspflichtigkeit (Notfall: 10%, elektiv: 4.2%) traten signifikant häufiger bei Notfallpatientinnen und -patienten auf (Tabelle 1).

Auch die Troponin-Erhöhung als Marker einer Myokardschädigung war in der Notfallgruppe ausgeprägt: 83% der Notfallpatientinnen und -patienten wiesen erhöhte Troponinwerte auf, während dies in der elektiven Gruppe nur in 51% der Fälle zutraf ($p < 0.001$).

Hinsichtlich des Eingriffstyps dominierten in allen Gruppen koronare Bypass-Operationen (CABG). In der Notfallgruppe war ihr Anteil mit 80% nochmals erhöht. Demgegenüber waren Mitralklappeneingriffe in dieser Gruppe deutlich seltener vertreten.

Die Operationsdauer unterschied sich nicht signifikant zwischen den Gruppen (Median etwa 220 Minuten; $p = 0.2$). Dagegen zeigte sich bei der Zeitspanne zwischen Aufnahme und Operation ein deutlicher Unterschied: Während elektive Patientinnen und -patienten im Median 75 h auf die Operation warteten, betrug der entsprechende Zeitraum bei Notfallpatientinnen und -patienten lediglich 4 h ($p < 0.001$; Tabelle 1).

Auch das Outcome unterschied sich signifikant: Die Krankenhausmortalität betrug in der Notfallgruppe 6.9% und lag damit deutlich über derjenigen in den elektiven (1.3%) und dringlichen (1.8%) Gruppen ($p = 0.002$). Dieser Befund unterstreicht die prognostische Relevanz der Operationsdringlichkeit und reflektiert die insgesamt schlechtere Ausgangslage sowie die erhöhte Krankheitslast der Notfallgruppe.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Notfallinnen und -patienten durch eine höhere präoperative Morbidität, kürzere Vorbereitungszeit und ein insgesamt instabileres klinisches Bild gekennzeichnet waren, was sich in einer erhöhten Krankenhausmortalität widerspiegelte. Die Ergebnisse betonen die Notwendigkeit einer gezielten intensivmedizinischen Betreuung und einer differenzierten perioperativen Risikostratifizierung für diese Hochrisikopopulation.

Variable	Alle Patienten N = 793	Elektiv N = 240	Dringlich N = 379	Notfall N = 174	p-Wert
Geschlecht					0.4
Männlich	597 (75%)	177 (74%)	282 (74%)	138 (79%)	
Weiblich	196 (25%)	63 (26%)	97 (26%)	36 (21%)	
BMI	28 (25-31)	28 (25-31)	27 (24-31)	28 (25-31)	0.3
Alter (Jahre)	68 (61.75)	69 (62.76)	68 (61.75)	65 (59.74)	0.11
Reanimation in letzten 48h	10 (1.3%)	0 (0%)	1 (0.3%)	9 (5.2%)	<0.001
Reanimation jemals	18 (2.3%)	2 (0.8%)	5 (1.3%)	11 (6.3%)	<0.001
Myokardinfarkt letzte 48h	121 (15%)	2 (0.8%)	23 (6.1%)	96 (55%)	<0.001
Myokardinfarkt jemals	230 (29%)	44 (18%)	79 (21%)	107 (61%)	<0.001
ASA-Klasse					<0.001
Klasse 2	6 (0.8%)	3 (1.3%)	2 (0.5%)	1 (0.6%)	
Klasse 3	578 (73%)	210 (88%)	325 (86%)	43 (25%)	
Klasse 4	208 (26%)	27 (11%)	52 (14%)	129 (74%)	
Klasse 5	1 (0.1%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.6%)	
Beatmet	41 (5.2%)	10 (4.2%)	13 (3.4%)	18 (10%)	0.002
Schock letzte 48h	35 (4.4%)	3 (1.3%)	5 (1.3%)	27 (16%)	<0.001
Schock jemals	109 (14%)	29 (12%)	45 (12%)	35 (20%)	0.022
Hohes Troponin	485 (61%)	123 (51%)	217 (57%)	145 (83%)	<0.001
OP-Typ					<0.001
Aorta	13 (1.6%)	2 (0.8%)	4 (1.1%)	7 (4.0%)	
Aortenklappe	116 (15%)	42 (18%)	63 (17%)	11 (6.3%)	
Bypass (CABG)	549 (69%)	158 (66%)	251 (66%)	140 (80%)	
Mitralklappe	83 (10%)	29 (12%)	49 (13%)	5 (2.9%)	
Andere	32 (4.0%)	9 (3.8%)	12 (3.2%)	11 (6.3%)	
OP-Dauer (min)	220 (171-269)	224 (172-275)	222 (176-269)	208 (164-260)	0.2
Zeit von Aufnahme bis OP (h)	27 (20-71)	75 (53-113)	25 (23-31)	4 (2-9)	<0.001
Krankenhausmortalität	22 (2.8%)	3 (1.3%)	7 (1.8%)	12 (6.9%)	0.002

Tabelle 1: Charakteristika nach Aufnahmeart

3.2 Patientencharakteristika nach Jahr des interklinischen Verlegungsprogramms

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Charakteristika von insgesamt 793 Patientinnen und -patienten, die im Zeitraum von 2018 bis 2023 herzchirurgisch behandelt wurden. Die jährlich erfassten Fallzahlen schwankten dabei zwischen 32 (im Jahr 2023) und 202 (im Jahr 2019). Die Klassifikation der Patientinnen und -patienten erfolgte jeweils nach Art der Aufnahme, klinischem Risikoprofil, präoperativen Befunden sowie der Art des durchgeführten chirurgischen Eingriffs (Tabelle 2).

Variable	2018 N = 70	2019 N = 202	2020 N = 197	2021 N = 165	2022 N = 127	2023 N = 32
Aufnahmeart						
Elektiv	24 (34%)	72 (36%)	47 (24%)	52 (32%)	35 (28%)	10 (31%)
Dringlich	31 (44%)	92 (46%)	101 (51%)	75 (45%)	67 (53%)	13 (41%)
Notfall	15 (21%)	38 (19%)	49 (25%)	38 (23%)	25 (20%)	9 (28%)
ASA-Klassifikation						
ASA 2	1 (1.4%)	3 (1.5%)	1 (0.5%)	0 (0%)	1 (0.8%)	0 (0%)
ASA 3	50 (71%)	156 (77%)	129 (65%)	119 (72%)	102 (80%)	22 (69%)
ASA 4	19 (27%)	42 (21%)	67 (34%)	46 (28%)	24 (19%)	10 (31%)
ASA 5	0 (0%)	1 (0.5%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Beatmungspflichtig	4 (5.7%)	7 (3.5%)	1 (0.5%)	10 (6.1%)	17 (13%)	2 (6.3%)
Schock letzte 48 h	5 (7.1%)	6 (3.0%)	9 (4.6%)	9 (5.5%)	4 (3.1%)	2 (6.3%)
Positives Troponin	46 (66%)	135 (67%)	119 (60%)	97 (59%)	68 (54%)	20 (63%)
Operationsart						
Aorta	1 (1.4%)	3 (1.5%)	5 (2.5%)	2 (1.2%)	1 (0.8%)	1 (3.1%)
Aortenklappe	12 (17%)	31 (15%)	23 (12%)	24 (15%)	22 (17%)	4 (13%)
Koronarbypass (CABG)	42 (60%)	145 (72%)	138 (70%)	116 (70%)	85 (67%)	23 (72%)
Mitralklappe	10 (14%)	18 (8.9%)	23 (12%)	18 (11%)	12 (9.4%)	2 (6.3%)
Andere Eingriffe	5 (7.1%)	5 (2.5%)	8 (4.1%)	5 (3.0%)	7 (5.5%)	2 (6.3%)

Tabelle 2: Patientencharakteristika nach Jahr des interklinischen Verlegungsprogramms

Bezüglich der Aufnahmeart zeigte sich über den gesamten Beobachtungszeitraum eine weitgehend konstante Verteilung elektiver, dringlicher und notfallmäßiger Eingriffe. Im Jahr 2018 erfolgten 34% der Operationen elektiv, 44% dringlich und 21% notfallmäßig. Diese Verhältnisse blieben über die Jahre hinweg stabil, mit einem leichten Rückgang elektiver Eingriffe in den Pandemiejahren 2020 und 2022 (jeweils 24% bzw. 28%). Der Anteil notfallmäßiger Eingriffe blieb dagegen konstant bei etwa 20–25%. Die Daten legen nahe, dass dringliche und notfallbedingte Eingriffe – im Gegensatz zu planbaren Operationen – auch in Phasen äußerer Belastung, etwa während der COVID-19-Pandemie, weiterhin durchgeführt wurden (Tabelle 2)

Ein zentrales Instrument der präoperativen Risikoeinschätzung ist die ASA-Klassifikation, die das physiologische Risiko zum Operationszeitpunkt abbildet. Über den gesamten Zeitraum waren die meisten Patientinnen und -patienten der ASA-Klasse III zugeordnet (zwischen 65 % und 80%), was auf ein moderates perioperatives Risiko hinweist. Ein auffälliger Anstieg der Hochrisikogruppe ASA IV zeigte sich im Jahr 2020, in dem 34% der operierten Patientinnen und -patienten dieser Kategorie angehörten – möglicherweise ein Hinweis darauf, dass während der Pandemie vermehrt schwerer erkrankte Personen operiert wurden, während elektive Eingriffe bei weniger kranken Patientinnen und -patienten aufgeschoben wurden. Die ASA-Klasse V, die eine vitale Bedrohung ohne chirurgischen Eingriff beschreibt, trat über den gesamten Zeitraum hinweg kaum auf (nur ein Einzelfall im Jahr 2019).

Die präoperative Beatmungspflichtigkeit als Marker für schwere kardiorespiratorische Einschränkungen war insgesamt selten, mit Werten zwischen 0.5% (2020) und 13% (2022). Im Jahr 2022 fiel ein auffälliger Anstieg auf, möglicherweise im Zusammenhang mit einem höheren Anteil akut instabiler Patientinnen und -patienten. Die Inzidenz eines Schockgeschehens innerhalb der letzten 48 h vor der Operation bewegte sich mit 3–7 % auf moderatem Niveau, ohne erkennbaren Trend im Zeitverlauf. Dennoch weist das wiederholte Auftreten auf die klinische Dringlichkeit bei einem Teil des Kollektivs hin.

Ein weiterer prädiktiver Marker war der Nachweis positiver Troponinwerte mit dynamischer Veränderung, ein Hinweis auf akute oder chronische Myokardschädigungen. Der Anteil an Patientinnen und -patienten mit erhöhtem Troponin lag während des gesamten Untersuchungszeitraums zwischen 54% und 67%, was auf die hohe Prävalenz

myokardialer Ereignisse oder vorbestehender Schädigungen hinweist. Diese Werte zeigten im Zeitverlauf keine wesentlichen Schwankungen (Tabelle 2).

Hinsichtlich des Eingriffsprofils dominierten in allen Jahren die koronaren Bypass-Operationen (CABG) deutlich. Ihr Anteil lag zwischen 60 % (2018) und 72 % (2019 und 2023). Aortenklappenoperationen machten stabil etwa 12–17% aus, Mitralklappeneingriffe lagen im Bereich von 6–14%. Eingriffe an der Aorta oder sonstige Prozeduren traten nur vereinzelt auf und machten jeweils weniger als 7% aller Eingriffe aus. Diese Verteilung spiegelt die typische Schwerpunktsetzung vieler herzchirurgischer Zentren mit dominanter koronarchirurgischer Aktivität wider.

Besonders hervorzuheben ist das Jahr 2023, in dem mit nur 32 dokumentierten Fällen ein deutlich geringeres Fallaufkommen vorliegt als in den Vorjahren. Dieser Rückgang ist jedoch nicht auf eine tatsächliche Reduktion der Eingriffe zurückzuführen, sondern darauf, dass die Datenerhebung lediglich bis März 2023 erfolgte. Die für 2023 dokumentierten Angaben bilden somit lediglich eine Momentaufnahme des ersten Quartals. Entsprechend sind prozentuale Verteilungen – insbesondere bei seltenen Merkmalen oder kleinen Subgruppen wie Beatmungspflichtigkeit oder bestimmten OP-Typen – mit Vorsicht zu interpretieren (Tabelle 2).

3.3 Intrahospitale Mortalität nach Notfallverlegung

Tabelle 3 umfasst 174 Patientinnen und -patienten, die im Rahmen eines Notfalleingriffs versorgt wurden, und vergleicht deren klinische Merkmale in Abhängigkeit vom Outcome „Überleben bis zur Krankenhausentlassung“. Von den insgesamt 174 notfallmäßig behandelten Personen überlebten 162 (93%) bis zur Entlassung, während 12 Patientinnen und -patienten (7%) im Krankenhaus verstarben. Ziel dieser Analyse ist es, potenzielle Risikofaktoren zu identifizieren, die mit einer erhöhten Mortalität assoziiert sein könnten.

Demografische Parameter wie Geschlecht, Alter und Body-Mass-Index (BMI) unterschieden sich zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant. In beiden Gruppen waren rund 75–80% der Patientinnen und -patienten männlich, das mediane Alter lag bei 65–66 Jahren, und der BMI bewegte sich im Bereich von 26.5 bis 28 kg/m². Diese Merkmale scheinen daher für das kurzfristige Überleben im Krankenhaus von untergeordneter prognostischer Relevanz zu sein (Tabelle 3).

Deutlichere Unterschiede zeigten sich hingegen bei prähospitalen kardialen Ereignissen und Zeichen hämodynamischer Instabilität. Eine kardiopulmonale Reanimation (CPR) in den letzten 48 h vor dem Eingriff wurde bei 25% der später Verstorbenen durchgeführt – im Vergleich zu nur 3.7% in der Gruppe der Überlebenden ($p = 0.017$). Auch eine CPR in der Anamnese war bei Verstorbenen mit 33% deutlich häufiger als bei Überlebenden (4.3%; $p = 0.003$). Diese Befunde unterstreichen die prognostische Bedeutung kardiovaskulärer Instabilität vor der Operation (Tabelle 3).

Ein ähnliches Bild zeigte sich für den Myokardinfarkt (MI): Sowohl akute Ereignisse innerhalb der letzten 48 h (75 % vs. 54%) als auch MI in der Gesamtanamnese (83% vs. 60%) traten bei Verstorbenen häufiger auf, ohne jedoch statistische Signifikanz zu erreichen ($p = 0.2$ bzw. $p = 0.13$). Auch der Troponinwert war bei allen Verstorbenen positiv (100%), unterschied sich aber nicht signifikant vom Wert in der Überlebensgruppe (82%; $p = 0.2$). Dies ist möglicherweise durch die allgemein hohe Troponin-Prävalenz in dieser kritisch kranken Population erklärbar.

Die ASA-Klassifikation zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem Outcome: 92% der Verstorbenen waren der Risikokategorie ASA IV zugeordnet, während dies bei den Überlebenden nur auf 73% zutraf ($p = 0,015$). Auffällig war, dass keine Verstorbene Person der ASA-Klasse III angehörte, was auf eine insgesamt schwerere Erkrankungslast in der Verstorbenen-Gruppe hinweist. Die Kategorie ASA V wurde lediglich einmal vergeben – bei einer Person, die im Verlauf verstarb (Tabelle 3).

Ein besonders starker Zusammenhang mit der Krankenhausmortalität zeigte sich bei Beatmungspflichtigkeit und Schockgeschehen: 42% der Verstorbenen waren präoperativ beatmet, gegenüber nur 8% der Überlebenden ($p = 0.003$). Ebenso litten 42% der Verstorbenen an einem Schockzustand innerhalb der letzten 48 h vor dem Eingriff, verglichen mit 14% in der Überlebensgruppe ($p = 0.023$). Auch eine anamnestische Schockvorgeschichte war mit einer deutlich erhöhten Mortalitätsrate assoziiert (58% vs. 17%; $p = 0.003$). Diese Ergebnisse unterstreichen die prognostische Bedeutung hämodynamischer Instabilität in der Notfallversorgung.

Bezüglich der Art des durchgeführten Eingriffs zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ($p = 0.2$). Der Großteil der Patientinnen und -patienten wurde mittels koronarer Bypassoperation (CABG) versorgt (75–81%). Aortenklappen-, Mitralklappen- und Aorteneingriffe waren in beiden Gruppen seltener

vertreten. Auch die Operationsdauer unterschied sich nur tendenziell: In der Verstorbenen-Gruppe lag der Median bei 261 Minuten, in der Überlebensgruppe bei 204 Minuten ($p=0.15$). Der Zeitraum von der Aufnahme bis zur Operation war in beiden Gruppen identisch (Median: 4 h), was dem Charakter der notfallmäßigen Versorgung entspricht (Tabelle 3).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Krankenhausmortalität in der Notfallkohorte am stärksten mit präoperativen Zeichen hämodynamischer Instabilität (Reanimation, Schock, Beatmung) sowie einer hohen ASA-Klassifikation assoziieren ließ. Die Art des Eingriffs und die Operationszeit hatten demgegenüber einen geringeren Einfluss auf das unmittelbare Überleben. Diese Befunde betonen die Bedeutung einer sorgfältigen präoperativen Risikostratifizierung und einer intensivmedizinischen Betreuung insbesondere bei hämodynamisch kompromittierten Patientinnen und -patienten.

Variable	Alle Notfälle N = 174	Entlassung lebend N = 162	Verstorben Krankenhaus N = 12	p-Wert
Geschlecht				0.7
Männlich	138 (79%)	129 (80%)	9 (75%)	
Weiblich	36 (21%)	33 (20%)	3 (25%)	
BMI	28.0 (25.0–31.0)	28.0 (25.0–31.0)	26.5 (24.5–32.5)	0.9
Alter (Jahre)	65 (59–74)	65 (59–74)	66 (57–78)	0.9
Reanimation letzte 48 h	9 (5.2%)	6 (3.7%)	3 (25%)	0.017
Reanimation jemals	11 (6.3%)	7 (4.3%)	4 (33%)	0.003
Myokardinfarkt letzte 48 h	96 (55%)	87 (54%)	9 (75%)	0.2
Myokardinfarkt jemals	107 (61%)	97 (60%)	10 (83%)	0.13
ASA-Klassifikation				0.015
ASA 2	1 (0.6%)	1 (0.6%)	0 (0%)	
ASA 3	43 (25%)	43 (27%)	0 (0%)	
ASA 4	129 (74%)	118 (73%)	11 (92%)	
ASA 5	1 (0.6%)	0 (0%)	1 (8.3%)	
Beatmungspflichtig	18 (10%)	13 (8.0%)	5 (42%)	0.003
Schock letzte 48 h	27 (16%)	22 (14%)	5 (42%)	0.023
Schock jemals	35 (20%)	28 (17%)	7 (58%)	0.003
Troponin erhöht	145 (83%)	133 (82%)	12 (100%)	0.2
Operationsart				0.2
Aorta	7 (4.0%)	7 (4.3%)	0 (0%)	
Aortenklappe	11 (6.3%)	11 (6.8%)	0 (0%)	
Koronarbypass (CABG)	140 (80%)	131 (81%)	9 (75%)	
Mitralklappe	5 (2.9%)	4 (2.5%)	1 (8.3%)	
Sonstige Eingriffe	11 (6.3%)	9 (5.6%)	2 (17%)	
Operationsdauer (Min.)	208 (164–260)	204 (162–255)	261 (196–295)	0.15
Zeit Aufnahme → OP (h)	4 (2–9)	4 (2–9)	4 (1–9)	0.6

Tabelle 3: Intrahospitale Mortalität nach Notfallverlegung

Abbildung 8 zeigt die Kaplan-Meier-Überlebenskurven über einen Zeitraum von 90 Tagen, stratifiziert nach Art der stationären Aufnahme: elektiv, dringlich oder notfallmäßig. Es ergaben sich deutliche Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Überlebensraten zwischen den drei Gruppen. Patientinnen und -patienten mit elektiver Aufnahme wiesen durchgehend die höchste Überlebenswahrscheinlichkeit auf, gefolgt von dringlich aufgenommenen Fällen. Am ungünstigsten schnitt die Notfallgruppe ab, deren Überlebenswahrscheinlichkeit im Beobachtungszeitraum signifikant reduziert war.

Die geschätzten Überlebensraten zum Zeitpunkt von Tag 90 betrugen (Abbildung 8):

- 97% in der elektiven Gruppe,
- 96.5% in der dringlichen Gruppe,
- 93.5% in der Notfallgruppe.

Der Vergleich der Kurven mittels Log-Rank-Test ergab eine statistisch signifikante Differenz zwischen den Gruppen ($p = 0.00048$), was die prognostische Bedeutung der Art der Aufnahme deutlich unterstreicht. Klinisch lässt sich daraus ableiten, dass mit zunehmender Dringlichkeit der Aufnahme auch das Risiko eines frühzeitigen Versterbens innerhalb der ersten 90 Tage nach der Operation steigt. Dieser Zusammenhang dürfte sowohl die Schwere der zugrunde liegenden Erkrankung widerspiegeln als auch potenziell zeitkritische Therapieentscheidungen und präklinische Versorgungsdefizite reflektieren.

Die Befunde betonen die Relevanz einer differenzierten Risikostratifizierung und engmaschigen Verlaufskontrolle, insbesondere bei Patientinnen und -patienten mit dringlicher oder notfallmäßiger Aufnahme.

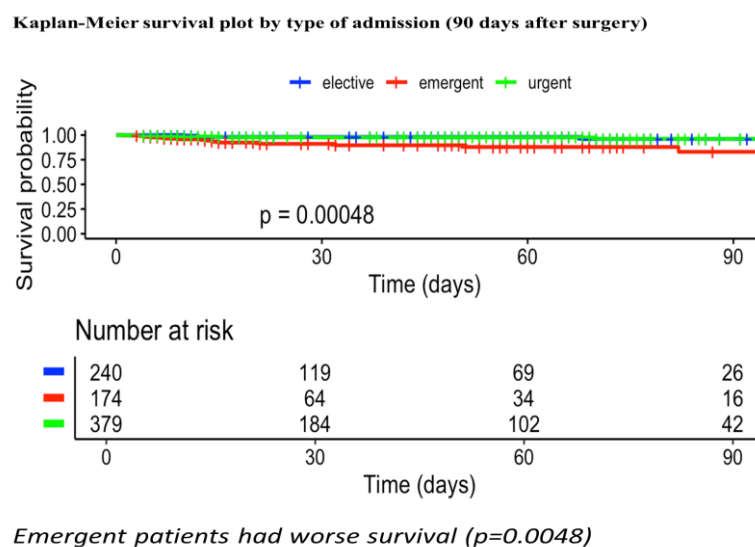


Abbildung 8: Kaplan-Meier-Überlebenskurve nach Aufnahmeart bis (90 Tage postoperativ)

3.4 Transport Zeiten

Zur Analyse der zeitlichen Abläufe bei der dringlichen Verlegung von Patientinnen und Patienten ($n = 379$) wurden drei relevante Zeitspannen untersucht und mittels Boxplots dargestellt (siehe Abbildung 9):

1. Zeit zwischen Transportanmeldung und Aufnahme im Zielkrankenhaus
2. Zeit zwischen tatsächlichem Transportbeginn und Aufnahme im Zielkrankenhaus
3. Zeit zwischen Aufnahme im Zielkrankenhaus und Beginn der Operation

Die erste Zeitspanne – von der Anmeldung bis zur Aufnahme – weist eine moderate Medianzeit mit relativ enger Streuung auf. Dies spricht für eine insgesamt funktionierende Koordination zwischen Anforderung und Umsetzung des Transports.

Die zweite dargestellte Phase – vom Start des Transports bis zur Aufnahme – zeigt eine noch etwas kürzere Medianzeit und ebenfalls geringe Varianz. Dies deutet auf einen weitgehend standardisierten und zügigen Transportprozess hin.

Auffällig ist hingegen die dritte Zeitspanne, die sich auf den Zeitraum von der Aufnahme im Zielkrankenhaus bis zur Operation bezieht: Sie zeigt die höchste Medianzeit, die größte Streuung sowie zahlreiche Ausreißer bis über 300 h. Dies legt nahe, dass nach Ankunft im Zielkrankenhaus häufig erhebliche Verzögerungen bis zur operativen Versorgung auftreten – möglicherweise bedingt durch Kapazitätsengpässe, präoperative Diagnostik oder organisatorische Faktoren.

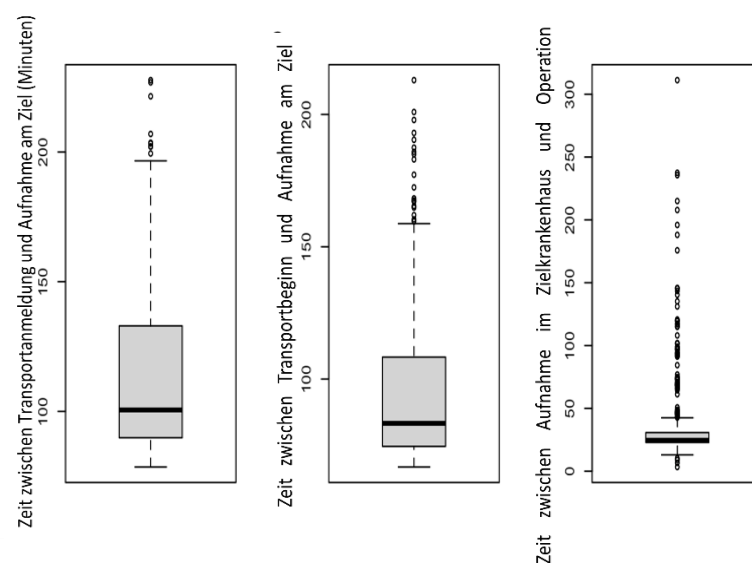


Abbildung 9: Zeitdauern bei der dringlichen Verlegung von Patienten ($n=379$)

Abbildung 10 veranschaulicht die zeitlichen Abläufe bei der Verlegung von Notfallpatientinnen und -patienten anhand dreier Phasen.

Die erste Phase – von der Transportanmeldung bis zur tatsächlichen Aufnahme im Zielkrankenhaus – zeigte einen Median von etwa 100 Minuten bei moderater Streubreite. Einzelne Ausreißer mit deutlich verlängerten Wartezeiten deuten auf mögliche Verzögerungen in der Organisation oder auf Engpässe in den Transportkapazitäten hin.

Die zweite Phase – vom tatsächlichen Transportbeginn bis zur Ankunft – wies eine nochmals geringere Medianzeit und eine insgesamt engere Streuung auf. Diese Werte sprechen für einen weitgehend verlässlichen und standardisierten Ablauf des eigentlichen Patiententransports.

Auffällig war die dritte Zeitspanne: der Zeitraum von der Aufnahme im Zielkrankenhaus bis zum Beginn der Operation. Hier lag nicht nur der Median deutlich höher, sondern auch die Streubreite war erheblich – mit teils massiven Ausreißern von mehreren hundert h. Diese ausgeprägte Variabilität verweist auf erhebliche Unterschiede in der intraklinischen Prozessgestaltung. Mögliche Ursachen könnten in der präoperativen Diagnostik, der Ressourcenverfügbarkeit (z. B. OP-Kapazitäten, Intensivbetten) oder in administrativen bzw. organisatorischen Hürden liegen.

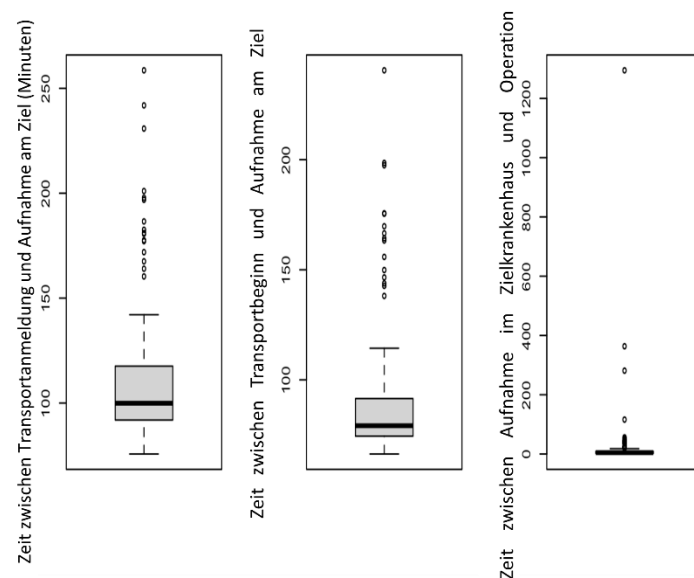


Abbildung 10: Zeitdauern bei der dringlichen Verlegung von Patienten (n=379)

Vergleich der Zeitverläufe bei dringlicher und notfallmäßiger Patientenverlegung

Der Vergleich der zeitlichen Abläufe zwischen dringlich ($n=379$) und notfallmäßig ($n=174$) verlegten Patientinnen und -patienten zeigt deutliche Unterschiede sowohl hinsichtlich der absoluten Dauer der einzelnen Zeitintervalle als auch in Bezug auf deren Streuung.

Die ersten beiden Zeitspannen – von der Transportanmeldung bis zur Aufnahme im Zielkrankenhaus sowie vom tatsächlichen Transportbeginn bis zur Ankunft – waren in beiden Gruppen annähernd gleich: Die Medianwerte lagen jeweils bei etwa 100 Minuten, die Streubreite war gering. Diese Befunde sprechen für eine funktionierende, standardisierte präklinische Logistik in beiden Versorgungspfaden

Deutliche Unterschiede zeigten sich hingegen in der dritten Zeitspanne: dem Zeitraum zwischen Aufnahme im Zielkrankenhaus und Beginn der Operation. Zwar war bereits in der Gruppe der dringlich verlegten Patientinnen und -patienten eine hohe zeitliche Variabilität mit Ausreißern zu beobachten, doch in der Notfallgruppe fiel diese Verzögerung noch deutlich ausgeprägter aus. In einzelnen Fällen betrugen die Wartezeiten über 1.200 h; auch der Median lag höher als bei der dringlich verlegten Vergleichsgruppe.

Diese Differenz lässt auf eine größere organisatorische Komplexität oder klinische Instabilität bei notfallverlegten Patientinnen und -patienten schließen, die zu längeren präoperativen Verläufen führen kann. Alternativ könnten strukturelle Faktoren – wie eingeschränkte OP-Kapazitäten, limitierte Intensivbettverfügbarkeit oder Priorisierungsentscheidungen – zur Verzögerung beitragen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die präklinischen Abschnitte (Anmeldung und Transport) in beiden Gruppen effizient ablaufen. Dagegen weist der intraklinische Abschnitt bis zur Operation – insbesondere bei Notfallverlegungen – signifikante Verzögerungen auf und stellt somit ein potenzielles Ziel für zukünftige Prozessoptimierungen dar.

Zur Bewertung der prognostischen Aussagekraft des Zeitintervalls zwischen Aufnahme und Operation in Bezug auf die Krankenhausmortalität bei Notfallpatientinnen und -patienten ($n=174$) wurde eine ROC-Analyse durchgeführt. Die resultierende ROC-Kurve (Abbildung 11) ergab eine Fläche unter der Kurve (AUC) von 0.544, was auf eine geringe Trennschärfe des untersuchten Prädiktors hinweist.

Ein AUC-Wert nahe 0.5 legt nahe, dass die Dauer bis zur Operation kaum geeignet ist, das Mortalitätsrisiko valide vorherzusagen. Auch die Analyse der Sensitivitäts- und Spezifitätsverläufe entlang der Kurve zeigte keinen Schwellenwert mit gleichzeitig hoher Sensitivität und Spezifität. Die Operationsverzögerung allein scheint somit für eine differenzierte Risikostratifizierung bei Notfall nicht ausreichend aussagekräftig zu sein.

Zeit zwischen Aufnahme und Operation und Krankenhausmortalität, Notfallpatienten (n=174)

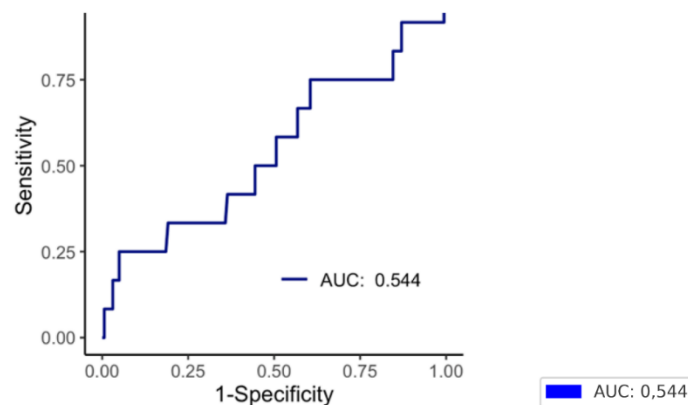


Abbildung 11: Kurve zurzeit zwischen Aufnahme und Operationsbeginn sowie zur Krankenhausmortalität bei als Notfälle verlegten Patienten

3.5 Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes

3.5.1 Anzahl insgesamt

Die Kooperation zwischen dem St. Antonius Hospital in Kleve, dem Marien Hospital in Kevelaer und dem Universitätsklinikum Düsseldorf wurde im Jahr 2018 initiiert. Im Zeitraum von Januar 2018 bis Februar 2023 wurden insgesamt 793 Patientinnen und -patienten im Rahmen dieser interklinischen Zusammenarbeit herzchirurgisch behandelt.

Im ersten Jahr der Kooperation (2018) wurden zunächst 70 Patientinnen und -patienten operativ versorgt. Bereits im Folgejahr konnte sich die Zusammenarbeit etablieren, was sich in einem nahezu dreifachen Anstieg der Fallzahlen widerspiegelte (202 Fälle im Jahr 2019). Im Jahr 2020 blieb die Zahl der Eingriffe mit 197 relativ konstant.

In den Jahren 2021 und 2022 war jedoch ein Rückgang der Fallzahlen auf 165 bzw. 127 Patientinnen und -patienten zu verzeichnen. Diese Entwicklung ist vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie einzuordnen, die auch in anderen Zentren zu einem Rückgang elektiver Eingriffe führte.

Für das Jahr 2023 wurden Patientinnen und -patienten bis einschließlich Februar in die Analyse eingeschlossen. Die Fallzahlen dieses Jahres sind daher nicht als repräsentativ zu werten, sondern spiegeln lediglich eine Momentaufnahme des ersten Quartals wider (siehe Abbildung 12).

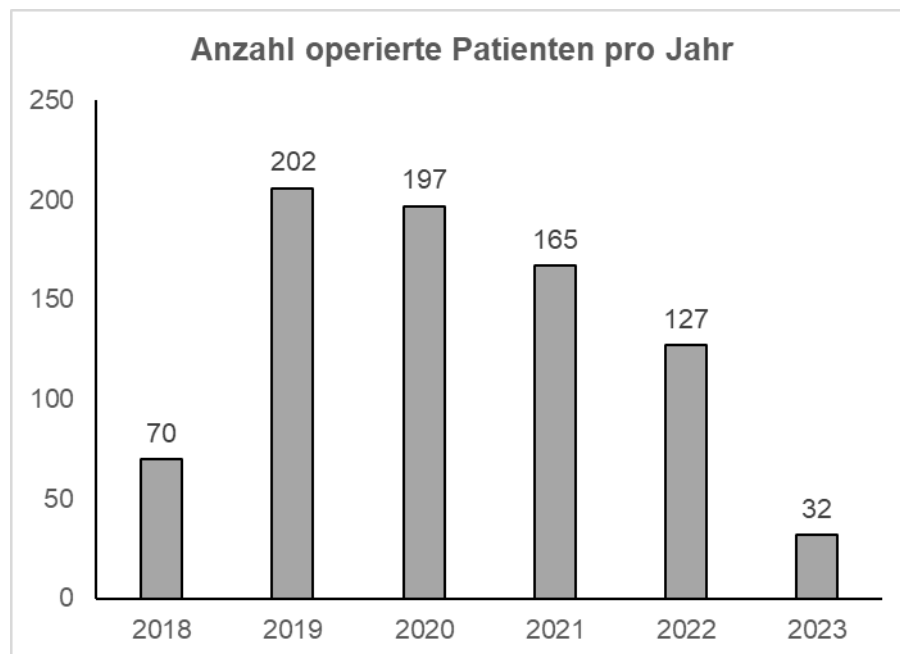


Abbildung 12: Anzahl operierte Patienten pro Jahr für alle Angriffe

3.5.2 Nach Überweisungsart

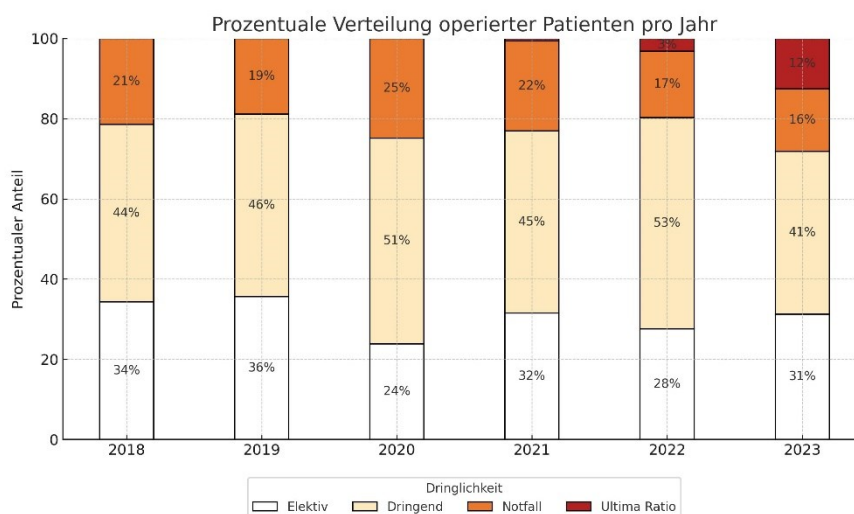


Abbildung 13: Anzahl operierte Patienten nach Überweisungsart

Abbildung 13 zeigt die prozentuale Verteilung der Patientinnen und -patienten, die im Zeitraum von 2018 bis 2023 im Rahmen eines Interhospitaltransfers vom Karl-Leisner-Klinikum (Standorte Kleve und Kevelaer) an die Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf überwiesen und operativ versorgt wurden. Die Klassifikation erfolgte anhand des klinischen Dringlichkeitsgrads: elektiv, dringend, Notfall und Ultima Ratio.

Dargestellt ist eine gestapelte Säulengrafik mit relativen Anteilen (in Prozent); zusätzlich sind die absoluten Fallzahlen innerhalb der Balken vermerkt

Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg fiel der konstant hohe Anteil an dringlichen und notfallmäßigen Eingriffen auf, die jährlich zwischen 65% (2018) und 69% (2023) aller Operationen ausmachten. Dieser Befund unterstreicht die Bedeutung des Interhospitaltransfers insbesondere für die Versorgung von Patientinnen und -patienten mit akutem oder instabilem kardiovaskulärem Zustand.

Der Einfluss der COVID-19-Pandemie zeigt sich vor allem in den Jahren 2021 und 2022. In diesem Zeitraum kam es zu einem deutlichen Rückgang elektiver Eingriffe (2021: 32%, 2022: 28%), vermutlich infolge eingeschränkter Aufnahmekapazitäten, der Umverteilung medizinischer Ressourcen sowie verschobener elektiver Operationen im gesamten Bundesgebiet. Im Gegensatz dazu blieb der Anteil akut behandelter Fälle stabil hoch – ein

Hinweis auf die Aufrechterhaltung intensivmedizinisch dringlicher Versorgungsstrukturen trotz pandemiebedingter Einschränkungen.

Im Jahr 2023 erreichte der Anteil elektiver Operationen mit nur zehn dokumentierten Fällen einen Tiefststand. Gleichzeitig blieb die Zahl der Ultima Ratio-indizierten Eingriffe stabil ($n=4$). Diese Entwicklung könnte auf anhaltende strukturelle Nachwirkungen der Pandemie hinweisen, aber auch auf eine zunehmende Fokussierung der Interhospitaltransfers auf hochakute und komplexe Fälle.

3.5.3 Nach Eingriffsart

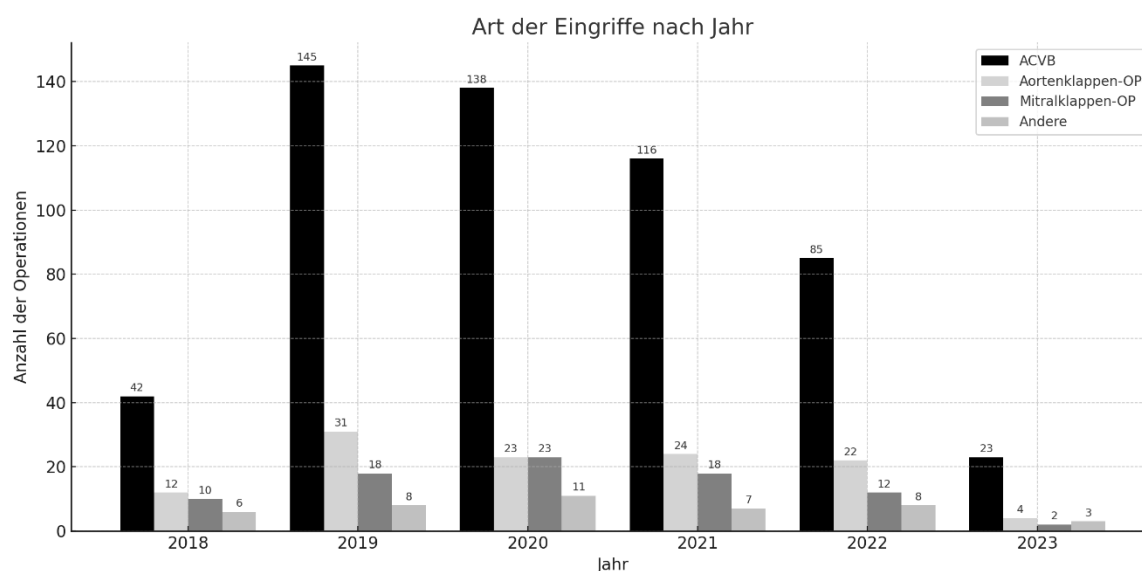


Abbildung 14: Anzahl operierte Patienten pro Jahr nach Eingriffsart

Abbildung 14 und 15 veranschaulichen die Entwicklung der herzchirurgischen Eingriffsarten bei Patienten: innen, die im Zeitraum von 2018 bis 2023 im Rahmen eines Interhospitaltransfers vom Karl-Leisner-Klinikum (Standorte Kleve und Kevelaer) an die Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf überwiesen wurden. Differenziert dargestellt werden aortokoronare Bypassoperationen (ACVB), Aortenklappenoperationen, Mitralklappenoperationen sowie sonstige Eingriffe.

Über den gesamten Beobachtungszeitraum dominierten ACVB-Eingriffe – mit einem Spitzenwert von 145 Operationen im Jahr 2019. Dieser Befund reflektiert die weiterhin hohe Prävalenz der koronaren Herzerkrankung sowie die etablierte Rolle der chirurgischen Revaskularisation im therapeutischen Spektrum.

In den Folgejahren war jedoch ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen, insbesondere im Kontext der COVID-19-Pandemie: 2021 wurden 116 Bypassoperationen durchgeführt, 2022 nur noch 85, und im Jahr 2023 fiel die Zahl auf 23 Eingriffe.

Ein vergleichbarer Trend zeigte sich bei den Klappeneingriffen: Die Zahl der Aortenklappenoperationen sank von 31 Fällen im Jahr 2019 auf nur noch 4 im Jahr 2023, während Mitralklappenoperationen im gleichen Zeitraum von 18 auf 2 Fälle zurückgingen. Auch die sonstigen Eingriffe reduzierten sich von 8 auf 3 pro Jahr.

Diese Entwicklung verdeutlicht die tiefgreifenden Auswirkungen der Pandemie auf die elektive herzchirurgische Versorgung. Sie lässt sich unter anderem durch eingeschränkte OP-Kapazitäten, begrenzte Ressourcen in der prästationären Diagnostik sowie Herausforderungen in der Terminsteuerung erklären.

Die grafische Darstellung legt nahe, dass pandemiebedingte Einschränkungen zu einer selektiveren Indikationsstellung führten – mit dem Fokus auf akut vital gefährdete Patientinnen und -patienten, während elektive Prozeduren, insbesondere isolierte Klappeneingriffe, in größerem Umfang verschoben oder ausgesetzt wurden.

Ob dieser Rückgang reversibel ist oder ob sich ein nachhaltiger struktureller Wandel in der Versorgungslandschaft abzeichnet, bleibt derzeit offen und bedarf weiterer prospektiver Beobachtung.

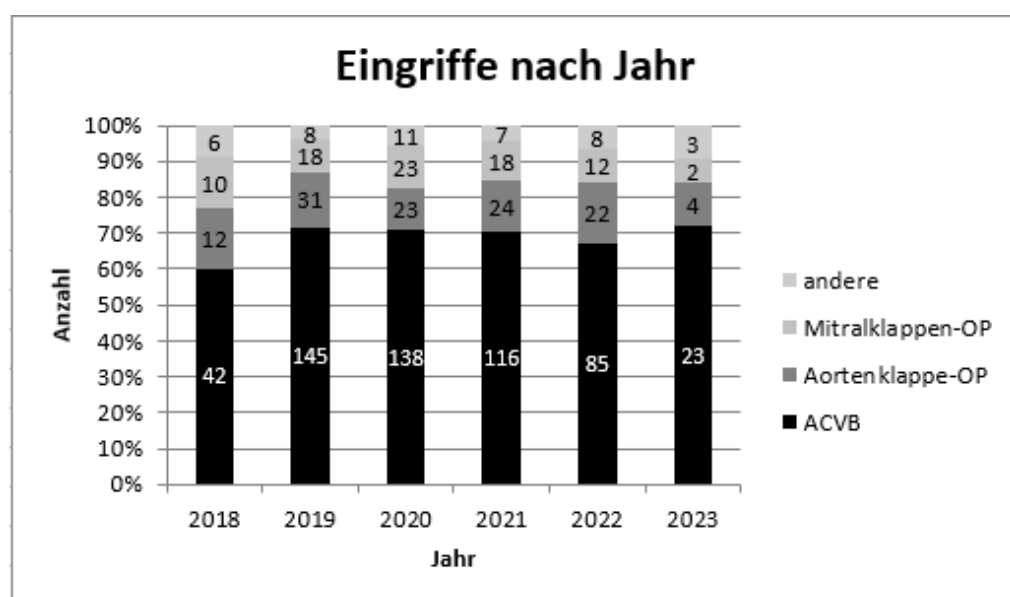


Abbildung 15: Anzahl operierte Patienten nach Eingriffsart

Wie bereits zuvor beschrieben, war die Durchführung einer aortokoronaren Bypassoperation (ACVB) der häufigste Grund für die Aufnahme von Patientinnen und -patienten an die Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf.

Bemerkenswert ist, dass die Fallzahlen für Aorten- und Mitralklappenoperationen im Vergleich zu den Bypassoperationen während der COVID-19-Pandemie nur geringfügig zurückgingen. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der unterschiedlichen Dringlichkeit der Eingriffe: Klappenoperationen erfolgen in der Regel elektiv und lassen sich zeitlich planen, während Bypassoperationen häufig notfallmäßig durchgeführt werden müssen.

Im pandemischen Kontext führte die eingeschränkte Kapazitätslage in Maximalversorgerkliniken dazu, dass Patientinnen und -patienten mit Indikation zur Bypassoperation vermehrt alternative Therapieverfahren – etwa die sogenannte Rescue-PCI – direkt in den zuweisenden Häusern angeboten wurden (siehe Abbildungen 14 und 15). Diese Verschiebung könnte zur relativen Stabilität der Klappenoperationen im Vergleich zu den deutlich rückläufigen Bypasszahlen beigetragen haben.

3.5.4 In Hospital Mortalität insgesamt

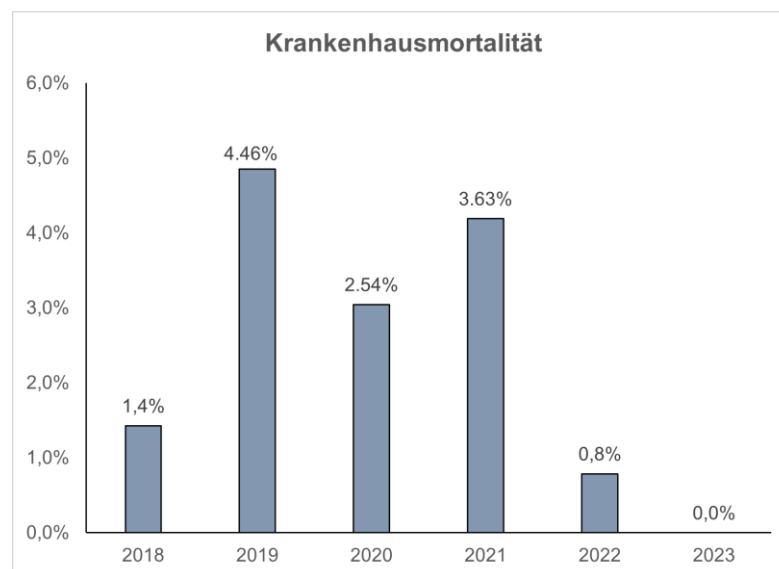


Abbildung 16: In Hospital Mortalität postoperativ

Abbildung 16 veranschaulicht die Entwicklung der herzchirurgischen Krankenhausmortalität im Zeitraum von 2018 bis 2023.

Im Jahr 2018 lag die Mortalitätsrate bei 1.4%. 2019 kam es zu einem markanten Anstieg auf 4.46% – dem höchsten Wert innerhalb des betrachteten Zeitraums. Im Folgejahr sank die Rate auf 2.54%, bevor 2021 ein erneuter Anstieg auf 3.63% verzeichnet wurde.

Ab dem Jahr 2022 war ein deutlicher Rückgang der Mortalität zu beobachten: Die Rate fiel zunächst auf 0.8% und erreichte im Jahr 2023 mit 0% den niedrigsten dokumentierten Wert.

3.5.5 Mortalität nach Überweisungsart

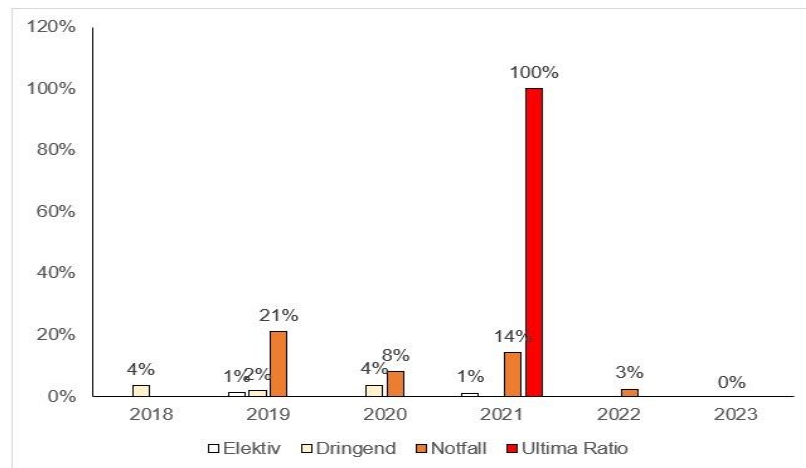


Abbildung 17: Mortalität nach Überweisungsart

Das Balkendiagramm in Abbildung [XY] zeigt die Entwicklung der Mortalitätsraten in Prozent für den Zeitraum von 2018 bis 2023, differenziert nach Überweisungsart: „Elektiv“ (geplant), „Dringend“, „Notfall“ und „Ultima Ratio“. Die Darstellung erfolgt farblich codiert: Elektiv (weiß), Dringend (hellorange), Notfall (orange) und Ultima Ratio (rot).

In allen Jahren blieb die Mortalität bei elektiven Überweisungen konstant niedrig: Insgesamt verstarben 3 von 270 Patientinnen und -patienten, entsprechend einer durchschnittlichen Mortalitätsrate von rund 1%.

Bei dringenden Überweisungen schwankte die Mortalität leicht zwischen 1% und 4%:

2018: 4%,

2019: 1%,

2020: 4%,

2021: 1%,

2022 & 2023: jeweils 0%.

Auffällig ist der Verlauf der Mortalität in der Gruppe der Notfallüberweisungen. Hier erreichte die Rate im Jahr 2019 einen Spitzenwert von 21 % und lag 2021 bei 14 %. In den übrigen Jahren wurden niedrigere Werte beobachtet:

2018: 0%,

2020: 8%,

2022: 3%,

2023: 0%.

Besonders hervorzuheben ist das Jahr 2021 in der Kategorie „Ultima Ratio“: Hier lag die Mortalität bei 100%. In allen anderen Jahren wurde für diese Kategorie keine Mortalität verzeichnet. Es handelte sich dabei um einen einzelnen Patientenfall, der in einem fulminanten kardiogenen Schock mit manifester Malperfusion zerebral, renal und intestinal aufgenommen wurde. Das extreme Krankheitsbild ließ trotz maximaler intensivmedizinischer Maßnahmen keine therapeutische Option mehr zu.

3.6 Zuweisungsanalyse pro Quartal 2018 und 2019

3.6.1 Anzahl insgesamt

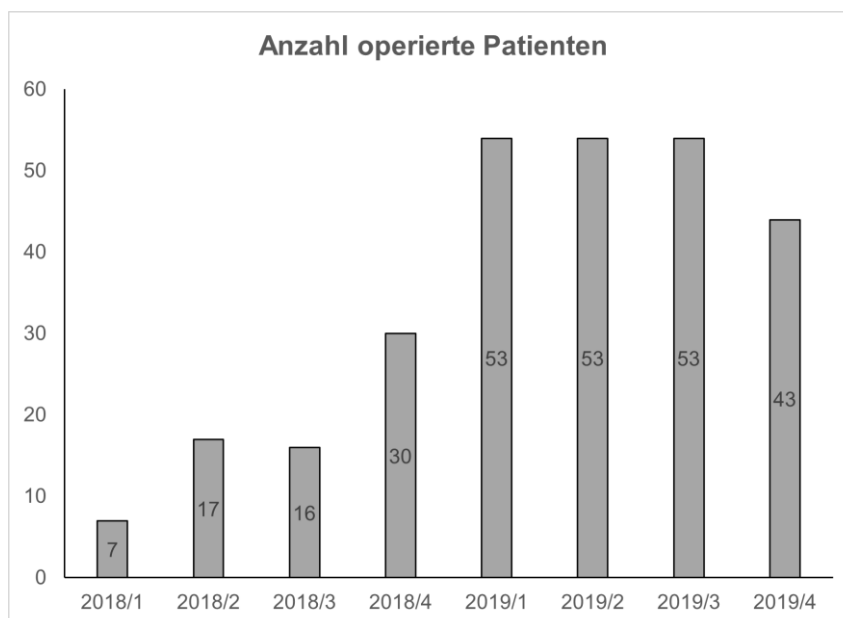


Abbildung 18: Sub-Analyse pro Quartal zwischen 2018 und 2019

Das Balkendiagramm in Abbildung 18 veranschaulicht die quartalsweise Anzahl operierter Patientinnen und Patienten in den Jahren 2018 und 2019. Im ersten Quartal 2018 wurden lediglich sieben Patientinnen und Patienten operiert. In den Folgequartalen stieg die Zahl zunächst auf 17 (Q2) und 16 (Q3), bevor sie im vierten Quartal 2018 mit 30 Fällen einen deutlichen Anstieg verzeichnete. Im Jahr 2019 ist ein noch ausgeprägter Anstieg zu beobachten: In den ersten drei Quartalen wurden jeweils 53 Patientinnen und Patienten behandelt, im vierten Quartal lag die Zahl mit 43 Fällen zwar etwas niedriger, jedoch weiterhin deutlich über dem Niveau des Vorjahres.

3.6.2 Nach Überweisungsart

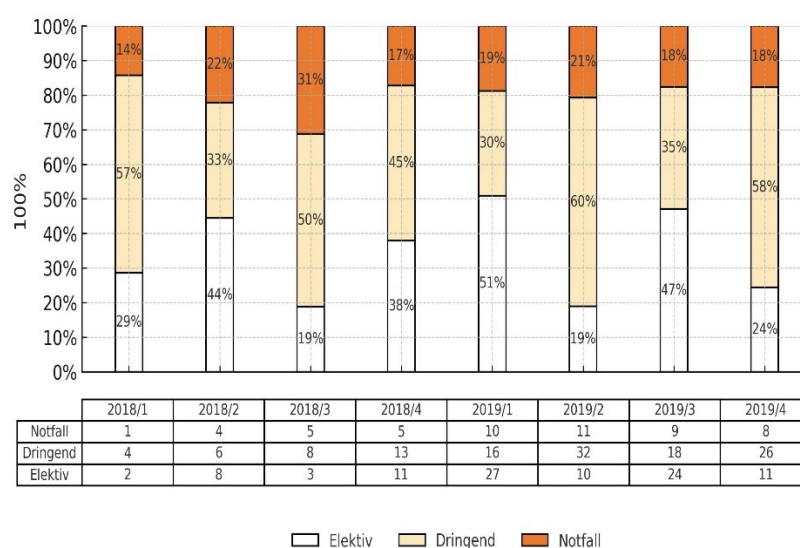


Abbildung 19: Sub-Analyse pro Quartal nach Überweisungsart zwischen 2018-2019

Das gestapelte Balkendiagramm in Abbildung 19 zeigt die quartalsweise Verteilung der Eingriffe nach Dringlichkeitskategorien in den Jahren 2018 und 2019. Die Patientinnen und Patienten wurden in drei Kategorien eingeteilt: elektiv (geplant, weiß), dringend (beige) und Notfall (orange). Eine ergänzende Tabelle unterhalb der Grafik stellt die jeweiligen absoluten Fallzahlen je Quartal und Kategorie dar.

Im Jahr 2018 war zu Beginn nur ein geringer Anteil elektiver Eingriffe zu verzeichnen – im ersten Quartal wurden lediglich zwei elektive Operationen durchgeführt. Im weiteren Verlauf nahm deren Zahl kontinuierlich zu, von acht (Q2) auf elf Fälle im vierten Quartal. Auch die Zahl dringender Eingriffe stieg im gleichen Zeitraum deutlich an – von vier Fällen in Q1 auf 13 Fälle in Q4. Die Notfallzuweisungen blieben dagegen auf konstant niedrigem Niveau (1 bis 5 Fälle pro Quartal) und zeigten im Jahresverlauf keine erkennbare Dynamik.

Im Jahr 2019 zeigte sich ein deutlicher Anstieg der Fallzahlen über alle Dringlichkeitskategorien hinweg. Besonders auffällig war der Zuwachs bei dringenden Eingriffen, die im zweiten Quartal mit 32 Fällen ihren Höhepunkt erreichten und auch in den übrigen Quartalen auf hohem Niveau blieben (Q1: 16, Q3: 18, Q4: 26). Auch die Zahl elektiver Eingriffe stieg deutlich an und erreichte mit 27 Fällen im ersten Quartal den höchsten Wert, gefolgt von stabilen Fallzahlen in den Folgequartalen (Q2: 10, Q3: 24, Q4: 11). Die Zahl der Notfallzuweisungen bewegte sich konstant im Bereich von acht bis elf Fällen pro Quartal, mit einem leichten Höhepunkt in Q2 und Q3 (jeweils 11 bzw. 9 Fälle).

Die dargestellten Verläufe zeigen eine zunehmende Versorgungsdynamik im Jahr 2019, insbesondere im Bereich dringlicher Eingriffe. Der kontinuierliche Anstieg elektiver und dringender Operationen lässt auf eine fortschreitende Etablierung und Intensivierung der interklinischen Kooperation zwischen dem zuweisenden Haus und der herzchirurgischen Klinik schließen.

3.6.3 Nach Eingriffsart

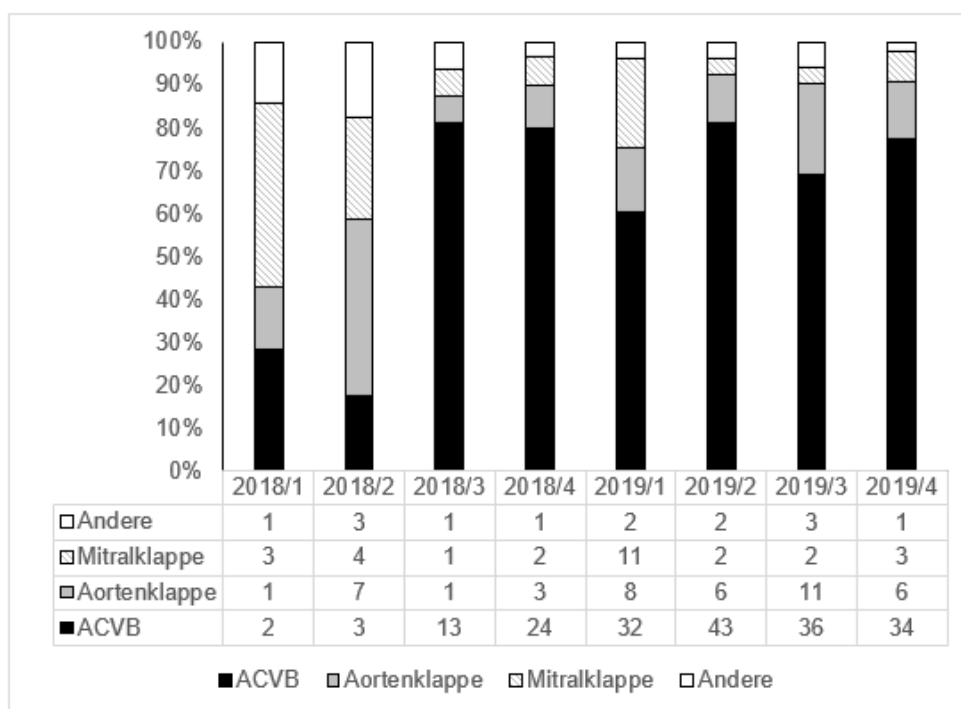


Abbildung 20: Sub-Analyse pro Quartal nach Eingriffsart zwischen 2018 und 2019

Das gestapelte Balkendiagramm in Abbildung 20 zeigt die prozentuale Verteilung der Eingriffsarten bei im Interhospitaltransfer zugewiesenen Patientinnen und Patienten für jedes Quartal der Jahre 2018 und 2019. Die Kategorisierung umfasst aortokoronare Bypassoperationen (ACVB), Aortenklappenoperationen, Mitralklappenoperationen sowie

sonstige herzchirurgische Eingriffe. Die zugehörige Tabelle ergänzt die Darstellung um die absoluten Fallzahlen pro Quartal und Eingriffsart.

Im Jahr 2018 lässt sich eine Veränderung in der Verteilung der Eingriffsarten im Jahresverlauf beobachten. Im ersten Quartal war die Verteilung noch relativ ausgewogen: Von insgesamt sieben durchgeführten Eingriffen entfielen zwei auf ACVB-, drei auf Mitralklappen-, einer auf Aortenklappenoperationen sowie einer auf sonstige Eingriffe. Im zweiten Quartal stieg die Gesamtzahl der Operationen auf 17 an, wobei insbesondere Aortenklappenoperationen (7 Fälle) und Mitralklappenoperationen (4 Fälle) zunahmen. ACVB-Eingriffe blieben mit drei Fällen weiterhin auf niedrigem Niveau.

Ab dem dritten Quartal 2018 war ein deutlicher Anstieg der ACVB-Operationen zu verzeichnen: Von insgesamt 16 Eingriffen entfielen 13 auf ACVB. Dieser Trend setzte sich im vierten Quartal fort, in dem 24 der insgesamt 30 Eingriffe als ACVB durchgeführt wurden. Die übrigen Eingriffsarten traten im Vergleich nur vereinzelt auf und spielten eine untergeordnete Rolle.

Auch im Jahr 2019 dominierte das ACVB-Verfahren weiterhin deutlich. Im ersten Quartal entfielen 32 der insgesamt 53 Eingriffe auf ACVB, gefolgt von acht Aortenklappen-, elf Mitralklappen- und zwei sonstigen Eingriffen. In den darauffolgenden Quartalen blieb der Anteil der ACVB-Eingriffe auf hohem Niveau: Im zweiten Quartal wurden 43 von 53, im dritten Quartal 36 von 52 und im vierten Quartal 34 von 44 Eingriffen als ACVB durchgeführt.

Die übrigen Eingriffsarten bewegten sich weiterhin auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau: Aortenklappenoperationen wurden mit sechs bis elf Fällen pro Quartal durchgeführt, Mitralklappenoperationen lagen zwischen zwei und drei Fällen, und sonstige Eingriffe wurden ein- bis dreimal pro Quartal verzeichnet.

Insgesamt lässt sich ein deutlicher Anstieg der ACVB-Operationen im Zeitverlauf feststellen, während die Fallzahlen der übrigen Eingriffsarten relativ konstant und auf niedrigerem Niveau blieben. Diese Entwicklung könnte auf eine zunehmende Standardisierung der Indikationsstellung sowie eine Schwerpunktverlagerung in der Versorgung zugunsten koronarer Herzerkrankungen hinweisen.

3.7 ACB-OP

3.7.1 Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes

3.7.1.1 Anzahl insgesamt

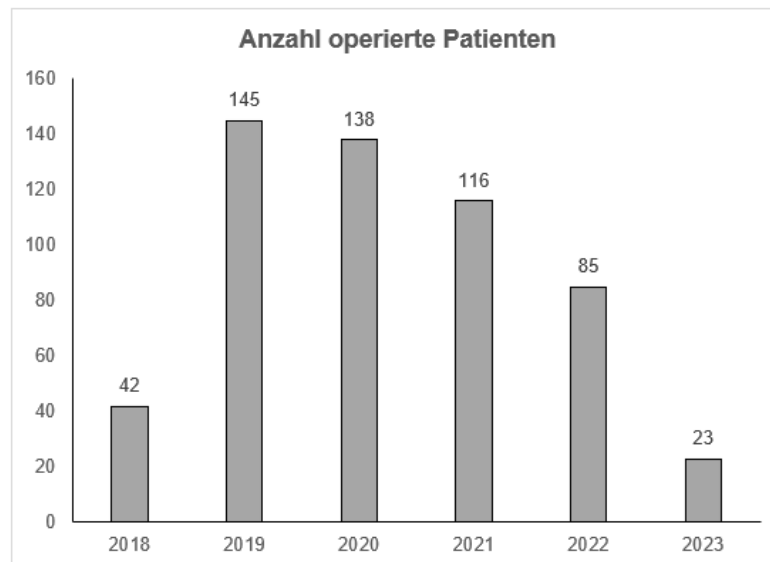


Abbildung 21: Anzahl operierte Patienten mit Bypass Operation

Das Balkendiagramm in Abbildung 21 zeigt die jährliche Anzahl der aortokoronaren Bypassoperationen (ACB) im Zeitraum von 2018 bis 2023. Im Jahr 2018 wurden insgesamt 42 Patientinnen und Patienten operiert. Bereits im Folgejahr 2019 kam es zu einem markanten Anstieg auf 145 Patienten, was mehr als einer Verdreifachung im Vergleich zum Vorjahr entspricht. Auch im Jahr 2020 blieb die Zahl mit 138 Eingriffen auf einem konstant hohen Niveau.

Ab 2021 war ein Rückgang zu verzeichnen: Die Zahl sank zunächst auf 116 Patienten, lag damit jedoch weiterhin deutlich über dem Ausgangswert von 2018. In den Folgejahren setzte sich dieser rückläufige Trend fort: 2022 wurden 85 Patientinnen und Patienten operiert, im Jahr 2023 fiel die Zahl schließlich auf nur noch 23 Patienten.

Insgesamt lässt sich ein klarer Verlauf erkennen: Nach einem moderaten Ausgangswert im Jahr 2018 kam es zu einem raschen Anstieg in den Jahren 2019 und 2020, gefolgt von einem sukzessiven Rückgang ab 2021.

3.7.1.2 Nach Überweisungsart

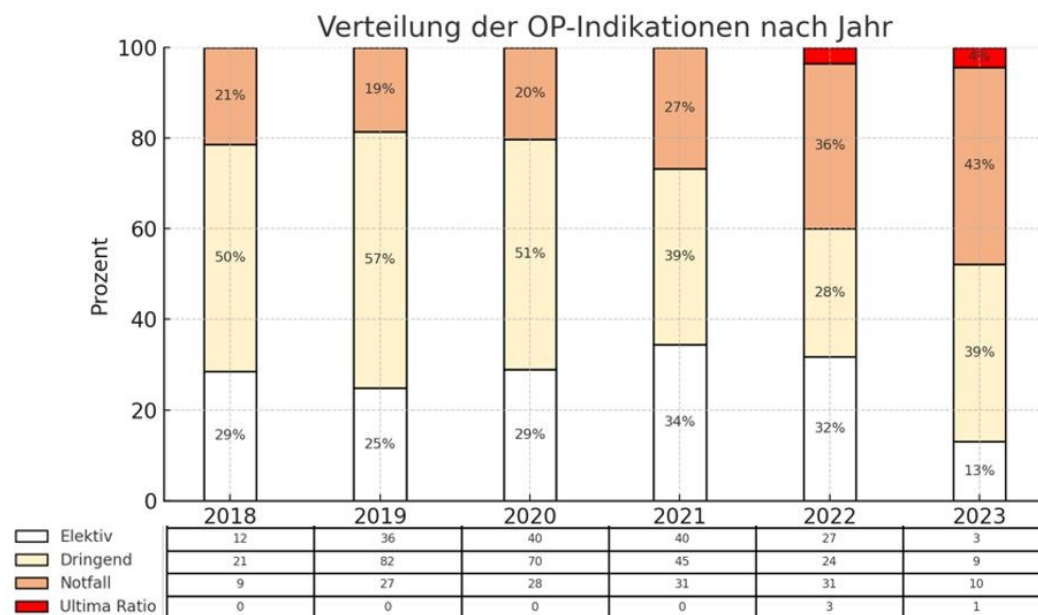


Abbildung 22: Anzahl operierte Patienten mit Bypass Operation nach Überweisungsart

Das Säulendiagramm in Abbildung 22 stellt die jährliche prozentuale Verteilung der operierten ACB-Patienten nach Zuweisungsart für den Zeitraum 2018 bis 2023 dar. Unterschieden werden die Kategorien Elektiv (weiß), Dringend (beige), Notfall (orange) und Ultima Ratio (rot). Die zugehörige Tabelle ergänzt die Darstellung um die absoluten Fallzahlen pro Kategorie und Jahr.

Im Jahr 2018 wurden von insgesamt 42 Patientinnen und Patienten 12 elektiv (29%), 21 dringend (50%) und 9 als Notfall (21%) zugewiesen. Ultima-Ratio-Fälle traten in diesem Jahr nicht auf. Im Jahr 2019 stieg die Gesamtzahl der Eingriffe deutlich an, wobei insbesondere die Zahl dringlicher Zuweisungen mit 82 Fällen (57%) dominierte. Elektive Eingriffe lagen bei 36 Fällen (25%), Notfallzuweisungen bei 27 Fällen (19%). Auch in diesem Jahr wurden keine Ultima-Ratio-Fälle dokumentiert.

Ein ähnliches Bild zeigte sich 2020: Die Mehrheit der Patientinnen und Patienten wurde weiterhin als dringend (70 Fälle, 51%) eingestuft, gefolgt von elektiven Zuweisungen (40 Fälle, 29%) und Notfällen (28 Fälle, 20%). Die Kategorie Ultima Ratio blieb erneut ohne Fall.

Im Jahr 2021 sank die Gesamtzahl der operierten Patientinnen und Patienten erstmals. Es wurden 45 Patientinnen und Patienten dringend (39%), 40 elektiv (34%) und 31 als Notfall (27%) zugewiesen. Erstmals wurde auch ein Ultima-Ratio-Fall (1 Patient) registriert.

Der Abwärtstrend setzte sich 2022 fort: Elektive Zuweisungen lagen bei 27 Fällen (32%), dringende bei 24 Fällen (28%), während Notfallzuweisungen mit 31 Fällen (36%) relativ konstant blieben. Ultima Ratio war mit 3 Fällen (4%) erstmals deutlicher vertreten.

Im Jahr 2023 erreichte die Gesamtzahl der operierten Patientinnen und Patienten ein Minimum. Nur noch 3 Patientinnen und Patienten wurden elektiv zugewiesen (13%), 9 als dringend (39%), 10 als Notfall (43%) und 1 als Ultima Ratio (4%). Diese Entwicklung weist auf eine zunehmende Verschiebung hin zu hochdringlichen und vitalbedrohlichen Indikationen im Verlauf der Jahre hin.

3.7.1.3 Krankenhausmortalität bei KHK Patienten

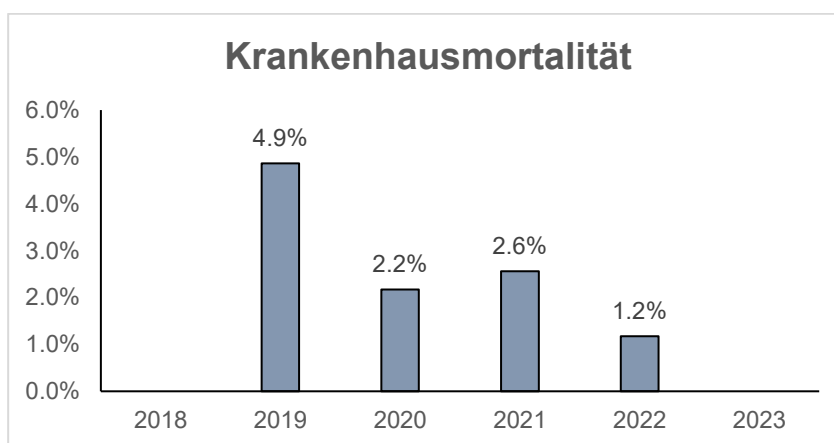


Abbildung 23: In Hospital Mortalität postoperativ nach Bypass Operation

Das Balkendiagramm in Abbildung 23 zeigt die jährliche In-Hospital-Mortalität (Sterblichkeit während des stationären Aufenthalts) bei Patientinnen und Patienten mit aortokoronarer Bypass-Operation (ACB) im Zeitraum von 2018 bis 2023.

Im Jahr 2018 lag die Mortalitätsrate bei 0%. 2019 kam es zu einem deutlichen Anstieg auf 4.9%, was den höchsten Wert im gesamten Beobachtungszeitraum darstellt. In den Folgejahren sank die Mortalität zunächst auf 2.2% (2020), stieg 2021 leicht auf 2.6% an und reduzierte sich anschließend weiter auf 1.2% im Jahr 2022. Für das Jahr 2023 wurde erneut eine Mortalitätsrate von 0% dokumentiert.

Die Daten weisen damit für das Jahr 2019 einen klaren Ausreißer in der In-Hospital-Mortalität auf. Insgesamt verstarben in diesem Jahr sieben Patientinnen und Patienten nach ACB-Operation. Diese wiesen ein mediales Alter von 67.5 Jahren auf. Bei allen Patientinnen und Patienten wurde präoperativ ein erhöhter Troponinwert festgestellt, was auf eine akute Myokardschädigung hinweist.

Bezüglich der Dringlichkeitsklassifikation wurden zwei Patienten als dringend, vier als Notfall und ein Patient als Ultima-Ratio-Fall eingestuft. Fünf der sieben Patientinnen und Patienten waren vor der Operation hämodynamisch stabil oder benötigten lediglich eine niedrig dosierte Katecholamintherapie. Ein Patient wurde unter Impella-Unterstützung operiert, ein weiterer während einer laufenden kardiopulmonalen Reanimation (CPR) notfallmäßig operiert.

Die Todesfälle verteilten sich gleichmäßig über das Jahr, ohne Hinweise auf saisonale Häufungen in bestimmten Monaten oder Quartalen. Alle verstorbenen Patientinnen und Patienten wurden negativ auf eine SARS-CoV-2-Infektion getestet.

Als Todesursachen wurden bei zwei Patienten hypoxische Hirnschäden diagnostiziert, ein Patient verstarb an den Folgen eines Hirnstamminfarkts, und bei vier Patientinnen und Patienten kam es zu einer Protrachitis mit nachfolgendem kardiogenem Schock und Multiorganversagen.

In den Folgejahren zeigte sich ein kontinuierlicher Rückgang der Mortalitätsrate, die in Jahr 2023 auf 0% gesenkt werden konnte. Insgesamt lässt sich eine positive Entwicklung feststellen: Nach dem signifikanten Anstieg im Jahr 2019 gelang es, die Sterblichkeit in den Folgejahren deutlich zu reduzieren.

3.7.2 ACB-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019

3.7.2.1 Anzahl insgesamt

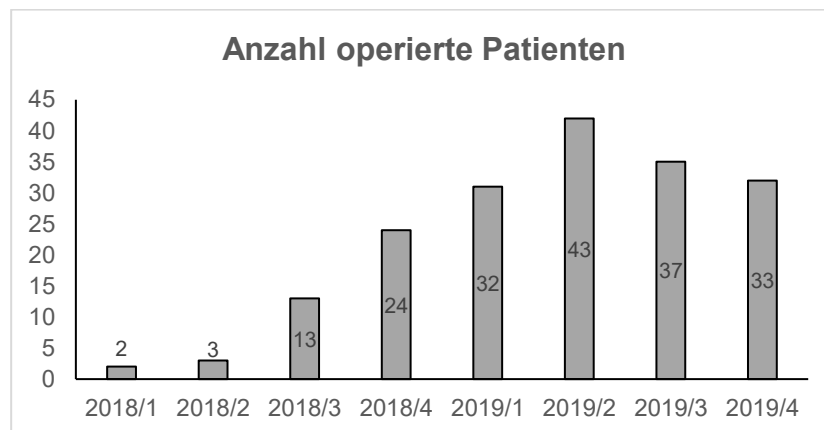


Abbildung 24: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Bypass Operation zwischen 2018 und 2019

Abbildung 24 veranschaulicht die Anzahl der operierten Patientinnen und Patienten pro Quartal im Zeitraum von Anfang 2018 bis Ende 2019.

Im ersten Quartal 2018 wurden lediglich 2 Patienten operiert, im zweiten Quartal waren es 3 Patienten. Ab dem dritten Quartal 2018 ist ein deutlicher Anstieg auf 13 Patientinnen und Patienten zu beobachten, der sich im vierten Quartal mit 24 Operationen deutlich fortsetzt.

Dieser positive Trend setzt sich im ersten Quartal 2019 mit 32 operierten Patientinnen und Patienten fort. Im zweiten Quartal 2019 wird mit 43 Operationen der Höchststand im betrachteten Zeitraum erreicht. Auch im dritten (37 Patienten) und vierten Quartal 2019 (33 Patienten) verbleibt die Fallzahl auf einem konstant hohen Niveau.

Die Daten zeigen einen kontinuierlichen und ausgeprägten Anstieg der operierten Patientinnen und Patienten im Verlauf der beiden Jahre. Besonders markant ist der sprunghafte Anstieg ab dem dritten Quartal 2018 sowie die Etablierung eines deutlich höheren Niveaus ab 2019. Während die ersten beiden Quartale 2018 noch durch sehr niedrige Fallzahlen gekennzeichnet waren, deutet sich ab der zweiten Jahreshälfte 2018 eine klare Trendwende an.

3.7.2.2 nach Überweisungsart

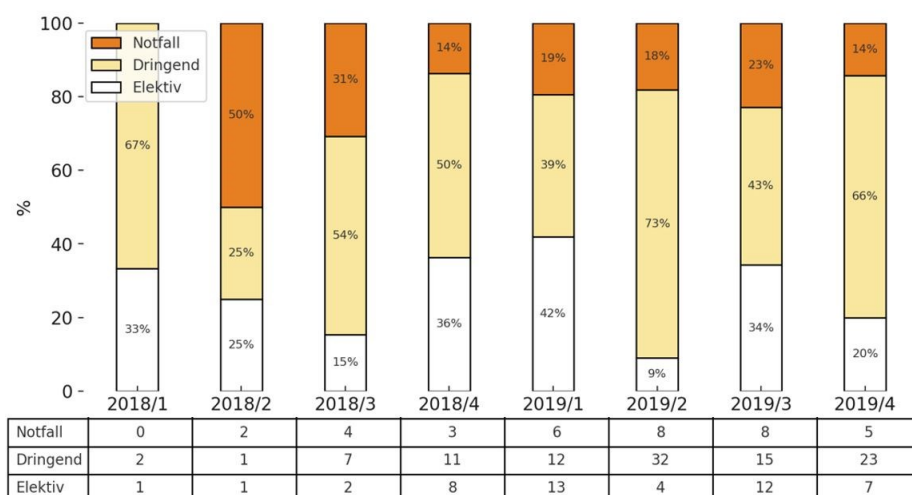


Abbildung 25: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Bypass Operation nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019

Das gestapelte Säulendiagramm (Abbildung 25) zeigt die prozentuale Verteilung der Überweisungsarten – Notfall, Dringend und Elektiv – bei ACB-Patientinnen und Patienten für jedes Quartal der Jahre 2018 und 2019. Die zugehörige Tabelle stellt die absoluten Fallzahlen dar.

Im ersten Quartal 2018 war die Gesamtzahl der Patientinnen und Patienten noch sehr gering: ein elektiv und zwei dringend zugewiesene Patientinnen und Patienten wurden verzeichnet, während keine Notfallüberweisungen dokumentiert wurden. Im zweiten Quartal stieg die Zahl der Notfälle auf zwei, während jeweils ein Patient elektiv und dringend zugewiesen wurde.

Im dritten Quartal 2018 dominierten die dringenden Überweisungen mit sieben Fällen, gefolgt von vier Notfällen und zwei elektiven Eingriffen. Im vierten Quartal 2018 setzte sich dieser Trend fort: Es wurden elf dringliche, acht elektive und drei notfallmäßige Überweisungen registriert.

Im ersten Quartal 2019 ist ein deutlicher Anstieg der Gesamtzahlen zu erkennen: 13 elektive, 12 dringliche und 6 notfallmäßige Zuweisungen wurden erfasst. Besonders auffällig ist das zweite Quartal 2019, in dem die Zahl der dringlichen Überweisungen auf 32 Fälle anstieg. Im selben Zeitraum wurden zudem 8 Notfall- und 4 elektive Eingriffe durchgeführt.

Auch im dritten Quartal 2019 blieben die dringenden Überweisungen mit 15 Fällen auf hohem Niveau. Zudem wurden 12 elektive und 8 notfallmäßige Zuweisungen

dokumentiert. Im vierten Quartal 2019 zeigt sich eine erneute Zunahme der dringlichen Fälle auf 23 Patienten, während sieben elektive und fünf Notfallüberweisungen registriert wurden.

Insgesamt verdeutlicht die Darstellung eine zunehmende Bedeutung dringlicher Überweisungen im Verlauf der acht Quartale, während elektive Eingriffe kontinuierlich an Anteil verlieren. Notfallüberweisungen blieben hingegen über den gesamten Zeitraum relativ stabil, jedoch auf einem untergeordneten Niveau.

Wenn du eine Vergleichstabelle (Original vs. Überarbeitung) oder eine Farbmarkierung der Änderungen.

3.8 Aortenklappe-OP

3.8.1 Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes

3.8.1.1 Anzahl insgesamt

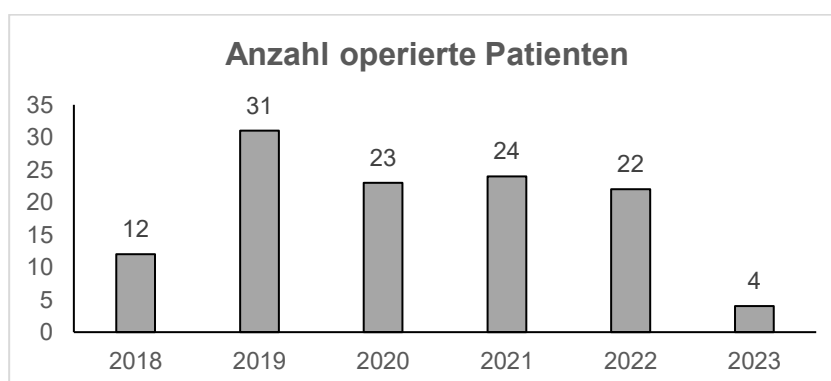


Abbildung 26: Anzahl der Patienten nach Aortenklappenoperationen

Abbildung 26 zeigt die jährliche Entwicklung der operierten Aortenklappenpatientinnen und -patienten, die im Rahmen eines Interhospitaltransfers vom Karl-Leisner-Klinikverbund (Kleve und Kevelaer) an das Universitätsklinikum Düsseldorf überwiesen wurden. Im Zeitraum von Januar 2018 bis Februar 2023 lässt sich ein klarer Trend erkennen: Nach einem moderaten Beginn mit 12 operierten Patientinnen und Patienten im Jahr 2018 stieg die Fallzahl im Jahr 2019 deutlich auf 31 Patientinnen und Patienten an. In den darauffolgenden Jahren (2020 bis 2022) stabilisierte sich die Anzahl der operierten Patientinnen und Patienten auf einem weitgehend konstanten Niveau zwischen 22 und 24 Fällen pro Jahr. Im Jahr 2023 wurden lediglich 4 Patientinnen und Patienten operiert; diese

Zahl ist jedoch aufgrund des verkürzten Erhebungszeitraums (nur bis Februar) nicht direkt mit den Vorjahren vergleichbar.

Diese Entwicklung deutet auf eine erfolgreiche Etablierung der interklinischen Kooperation hin. Die geografische Entfernung zwischen den beteiligten Einrichtungen scheint keinen negativen Einfluss auf die Anzahl der Überweisungen oder die operative Versorgung gehabt zu haben. Vielmehr spricht die kontinuierliche Zuweisung von Patientinnen und Patienten für eine strukturierte und verlässliche Zusammenarbeit, die auch über größere Distanzen hinweg effizient funktioniert.

3.8.1.2 Aortenklappen-OP nach Überweisungsart

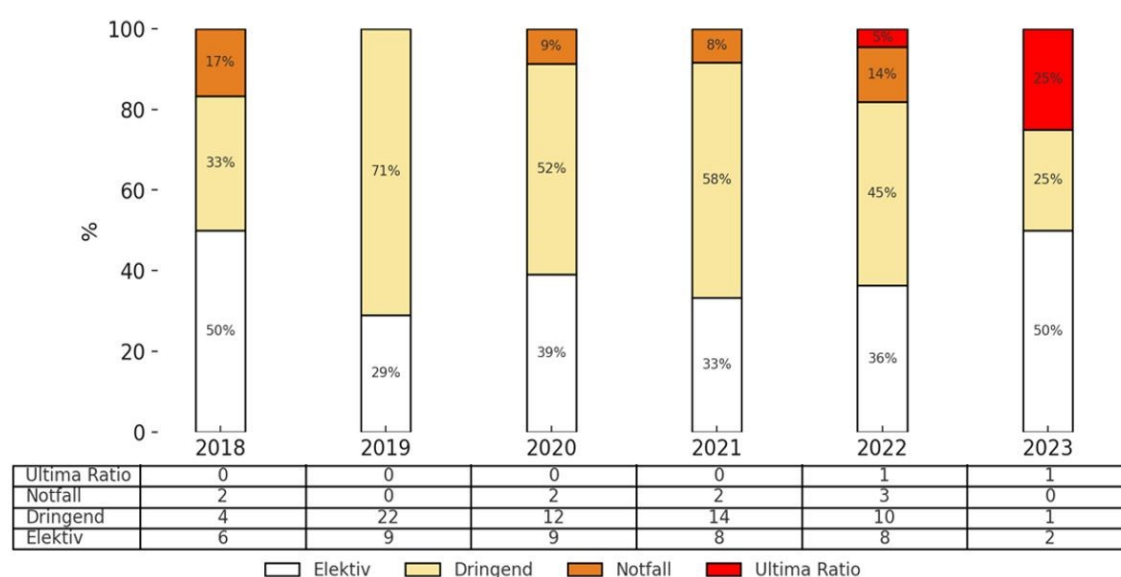


Abbildung 27: Anzahl der Patienten nach Aortenklappenoperationen nach Überweisungsart

Abbildung 27 veranschaulicht die jährliche prozentuale Verteilung der Zuweisungskategorien bei Patientinnen und Patienten mit Aortenklappenoperationen im Zeitraum 2018 bis 2023. Die Kategorien umfassen Elektiv, Dringend, Notfall und Ultima Ratio. Eine zugehörige Tabelle liefert die absoluten Fallzahlen pro Kategorie und Jahr.

Im Jahr 2018 wurden insgesamt 12 Patientinnen und Patienten operiert, davon 6 elektiv (50%), 4 dringlich (33%) und 2 notfallmäßig (17%). Ultima-Ratio-Zuweisungen lagen nicht vor.

2019 verschob sich die Verteilung deutlich: Von 31 operierten Patientinnen und Patienten waren 9 elektiv (29%) und 22 dringlich (71%). Notfall- und Ultima-Ratio-Fälle traten nicht auf.

Im Jahr 2020 stieg der Anteil elektiver Eingriffe leicht auf 9 von 23 Fällen (39%), während 12 Patientinnen und Patienten dringlich (52%) und 2 notfallmäßig (9%) behandelt wurden. Ultima-Ratio-Zuweisungen blieben aus.

2021 wurden 8 von 24 Patientinnen und Patienten elektiv (33%), 14 dringlich (58%) und 2 notfallmäßig (8%) operiert. Auch in diesem Jahr gab es keine Ultima-Ratio-Zuweisungen.

Im Jahr 2022 verteilten sich die 22 operierten Patientinnen und Patienten wie folgt: 8 elektiv (36%), 10 dringlich (45%), 3 notfallmäßig (14%) und erstmals 1 Patient als Ultima Ratio (5%).

2023 kam es zu einer markanten Verschiebung: Nur 2 von 8 Patientinnen und Patienten wurden elektiv (25%) operiert, während sich der Anteil der Ultima-Ratio-Fälle auf 2 Patienten (25%) erhöhte. Die übrigen 4 Patientinnen und Patienten (50%) wurden dringlich überwiesen. Notfallüberweisungen wurden in diesem Jahr nicht verzeichnet.

Zusammenfassend zeigt sich über die Jahre hinweg eine zunehmende Verlagerung hin zu höhergradig dringlichen und komplexeren Versorgungsfällen. Während elektive Eingriffe zunächst dominierten, ist seit 2022 eine zunehmende Häufung von Notfall- und Ultima-Ratio-Zuweisungen zu beobachten. Die Präsenz solcher hochakuten Fälle unterstreicht die Leistungsfähigkeit der interhospitalen Versorgungskette – auch bei zeitkritischen kardiochirurgischen Indikationen über größere Distanzen hinweg.

3.8.2 Aortenklappen-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019

3.8.2.1 Anzahl insgesamt

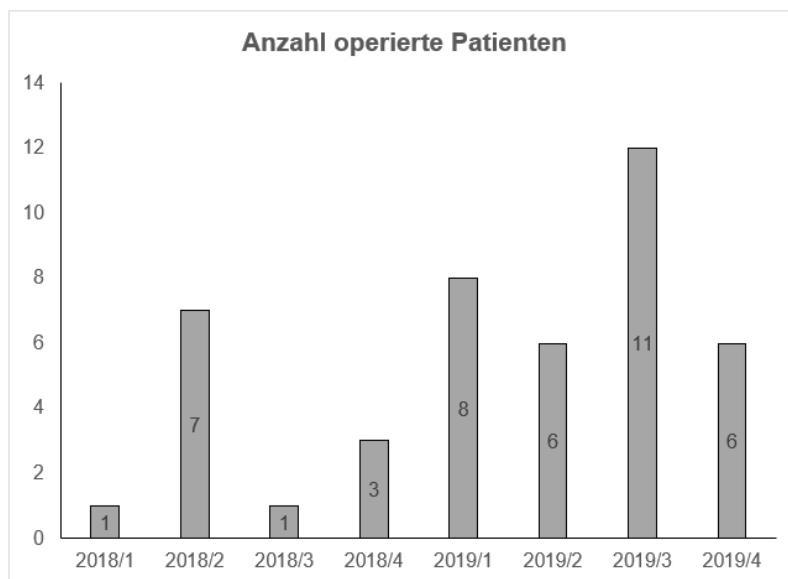


Abbildung 28: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Aortenklappenoperationen zwischen 2018 und 2019

Abbildung 28 zeigt die quartalsweise Verteilung der am Universitätsklinikum Düsseldorf operierten Aortenklappenpatienten für die Jahre 2018 und 2019. Im Jahr 2018 war die Fallzahl noch unregelmäßig verteilt: Während im zweiten Quartal mit 7 Patientinnen und Patienten ein deutlicher Anstieg verzeichnet wurde, lagen die Zahlen in den übrigen Quartalen deutlich darunter (Q1: 1, Q3: 1, Q4: 3).

Diese Schwankungen lassen sich als Hinweis auf eine sich noch im Aufbau befindliche Kooperation deuten, bei der Überweisungsprozesse und Kommunikationsstrukturen möglicherweise noch nicht vollständig etabliert waren.

Im Gegensatz dazu zeigt sich im Jahr 2019 ein deutlich stabileres Bild: Die Zahl der operierten Patientinnen und Patienten lag pro Quartal zwischen 6 und 11 Fällen. Den Höchstwert erreichte das dritte Quartal mit 11 Patienten. Auch die übrigen Quartale wiesen mit 8 (Q1), 6 (Q2) und nochmals 6 (Q4) vergleichbare Fallzahlen auf.

Diese gleichmäßigere Verteilung spricht für eine zunehmende Etablierung und Verstetigung der interklinischen Zusammenarbeit. Die kontinuierliche Zuweisung über das gesamte Jahr hinweg deutet auf eine deutlich verbesserte intersektorale Kommunikation und Fallsteuerung hin, die offenbar unabhängig von saisonalen oder organisatorischen Schwankungen zuverlässig funktioniert.

3.8.2.2 Nach Überweisungsart

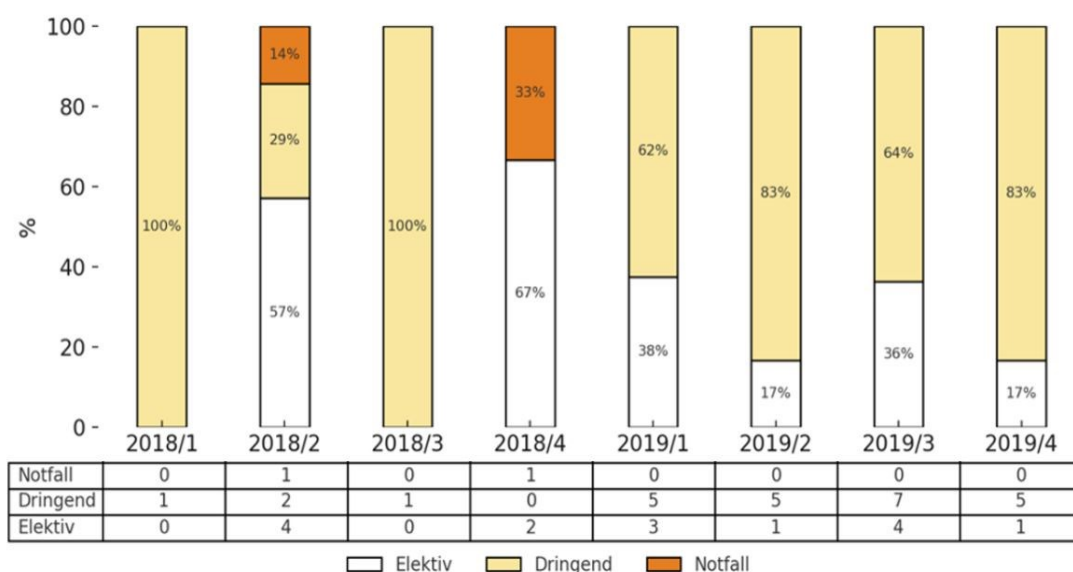


Abbildung 29: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Aortenklappenoperationen nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019

Die prozentuale Verteilung der Überweisungsarten bei Aortenklappenoperationen im Zeitraum vom 1. Quartal 2018 bis zum 4. Quartal 2019 in der Abbildung 29 dargestellt. Die Patientinnen und Patienten wurden entsprechend ihrer Dringlichkeit in die Kategorien Elektiv (weiß), Dringend (beige) und Notfall (orange) eingeteilt. Die zugehörige Tabelle gibt die absoluten Fallzahlen je Quartal wieder.

- Im ersten Quartal 2018 wurde ausschließlich ein dringlicher Fall dokumentiert.
- Im zweiten Quartal wurden insgesamt 7 Patientinnen und Patienten operiert, davon 4 elektiv (57%), 2 dringlich (29%) und 1 notfallmäßig (14%).
- Im dritten Quartal wurde erneut nur ein dringlicher Fall verzeichnet, elektive oder notfallmäßige Eingriffe fanden nicht statt.
- Im vierten Quartal stieg die Fallzahl auf drei Operationen, davon 2 elektiv (67%) und 1 notfallmäßig (33%).

Im Jahr 2019 ist eine zunehmende Häufung dringlicher Überweisungen zu erkennen:

- Im ersten Quartal erfolgten 3 elektive (38%) und 5 dringliche (62%) Eingriffe.
- Im zweiten Quartal dominierten dringliche Fälle mit 5 von 6 Operationen (83%), nur ein Eingriff war elektiv.
- Auch im dritten Quartal lag der Schwerpunkt auf dringlichen Eingriffen (7 von 11; 64%), während 4 Patientinnen und Patienten elektiv operiert wurden.

- Im vierten Quartal wurden erneut 6 Patientinnen und Patienten behandelt, davon 5 dringlich (83%) und 1 elektiv (17%).

Zusammenfassend zeigt sich über die betrachteten acht Quartale eine deutliche Verschiebung zugunsten dringlicher Überweisungen. Während elektive Eingriffe im Jahr 2018 noch einen wesentlichen Anteil ausmachten, sind ab 2019 dringliche Fälle klar in den Vordergrund gerückt. Notfallzuweisungen blieben hingegen selten und traten nur vereinzelt auf.

3.9 Mitralklappe

3.9.1 Jahresbezogene Analyse von Eingriffszahlen, Überweisungsarten und klinischen Outcomes

3.9.1.1 Mitralklappe-OP Anzahl insgesamt

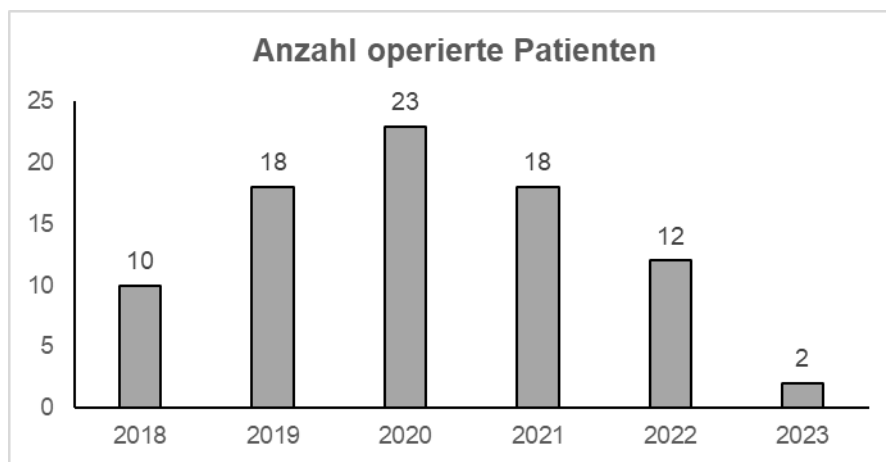


Abbildung 30: Anzahl der Patienten nach Mitralklappenoperation

Abbildung 30 zeigt die jährliche Entwicklung der operierten Mitralklappenpatienten, die im Rahmen der Kooperation zwischen dem Universitätsklinikum Düsseldorf und den zuweisenden Kliniken zwischen 2018 und 2023 behandelt wurden.

Im Jahr 2018 wurden zunächst 10 Patientinnen und Patienten operiert, gefolgt von einem deutlichen Anstieg auf 18 Fälle im Jahr 2019. Der Höchststand wurde 2020 mit 23 Eingriffen erreicht. In den folgenden Jahren zeigte sich jedoch ein rückläufiger Trend: 18 Patientinnen und Patienten im Jahr 2021, 12 im Jahr 2022 und lediglich 2 Fälle im Jahr

2023, wobei Letzteres vermutlich auf den unvollständigen Erhebungszeitraum zurückzuführen ist.

Diese Entwicklung lässt sich in zwei Phasen gliedern:

- Aufbau- und Wachstumsphase (2018–2020) – gekennzeichnet durch eine zunehmende Annahme und Etablierung der Kooperation.
- Phase rückläufiger Fallzahlen (ab 2021) – möglicherweise bedingt durch externe Einflüsse wie pandemiebedingte Einschränkungen, strukturelle Veränderungen in den zuweisenden Häusern oder eine angepasste Indikationsstellung.

Trotz des Rückgangs verdeutlicht die anfängliche Zunahme, dass die geografische Entfernung auch bei komplexeren Eingriffen wie Mitralklappenoperationen kein Hindernis für eine funktionierende und erfolgreiche interklinische Zusammenarbeit darstellt.

3.9.1.2 Mitralklappe-OP nach Überweisungsart

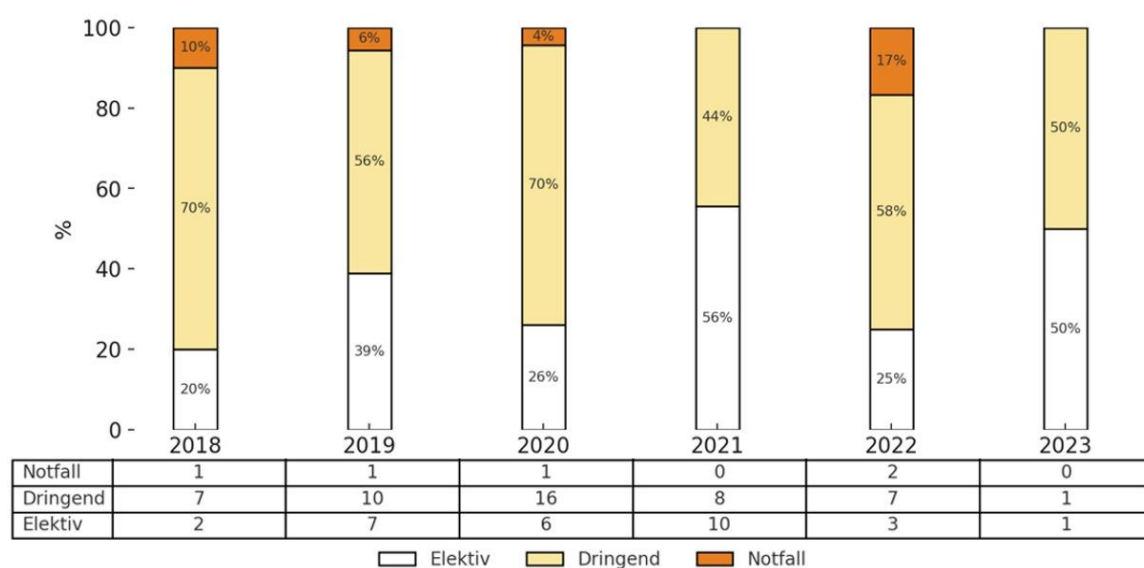


Abbildung 31: Anzahl der Patienten nach Mitralklappenoperation nach Überweisungsart

Abbildung 31 veranschaulicht die prozentuale Verteilung der Überweisungsarten bei den zwischen 2018 und 2023 im Universitätsklinikum Düsseldorf operierten Mitralklappenpatienten. Die Kategorisierung erfolgte in Elektiv (weiß), Dringend (beige) und Notfall (orange). Ultima-Ratio-Zuweisungen wurden im gesamten Zeitraum nicht dokumentiert. Die absoluten Fallzahlen sind der Tabelle unterhalb der Grafik zu entnehmen.

2018 dominierten dringliche Überweisungen mit 7 von 10 Fällen (70%), während 2 elektive (20%) und 1 notfallmäßige Zuweisung (10%) registriert wurden.

2019 zeigte sich eine Verschiebung zugunsten elektiver Eingriffe: 7 von 18 Patientinnen und Patienten (39%) wurden elektiv operiert, 10 (56%) dringlich und 1 (6%) als Notfall.

2020 stieg der Anteil dringlicher Fälle erneut deutlich: 16 von 23 Patientinnen und Patienten (70%) wurden dringlich zugewiesen, 6 (26%) elektiv und 1 (4%) notfallmäßig.

2021 ergab sich ein ausgeglicheneres Bild mit 10 elektiven (56%) und 8 dringlichen Zuweisungen (44%), Notfälle wurden in diesem Jahr nicht dokumentiert.

2022 kam es zu einer erneuten Verschiebung: Nur 3 der 12 Patientinnen und Patienten (25%) wurden elektiv zugewiesen, während 7 (58%) dringlich und 2 (17%) notfallmäßig operiert wurden.

Im Jahr 2023 wurden bis zum Stichtag lediglich zwei Patienten operiert – je einer elektiv und einer dringlich. Notfallzuweisungen traten nicht auf.

Insgesamt zeigt sich über den betrachteten Zeitraum eine hohe Variabilität der Überweisungsarten. Besonders auffällig ist der hohe Anteil dringlicher Fälle in den Jahren 2018, 2020 und 2022, während elektive Eingriffe vor allem 2019 und 2021 dominierten. Die vereinzelt Notfallzuweisungen verdeutlichen, dass das Universitätsklinikum auch unter zeitkritischen Bedingungen eine verlässliche Versorgung gewährleisten konnte.

Die Verschiebungen in der Überweisungsstruktur könnten Hinweise auf veränderte Versorgungsrealitäten, eine modifizierte Patientenselektion oder veränderte Entscheidungsprozesse in der Triage geben.

3.9.2 Mitralklappe-OP Sub-Analyse pro Quartal 2018 und 2019

3.9.2.1 Anzahl insgesamt

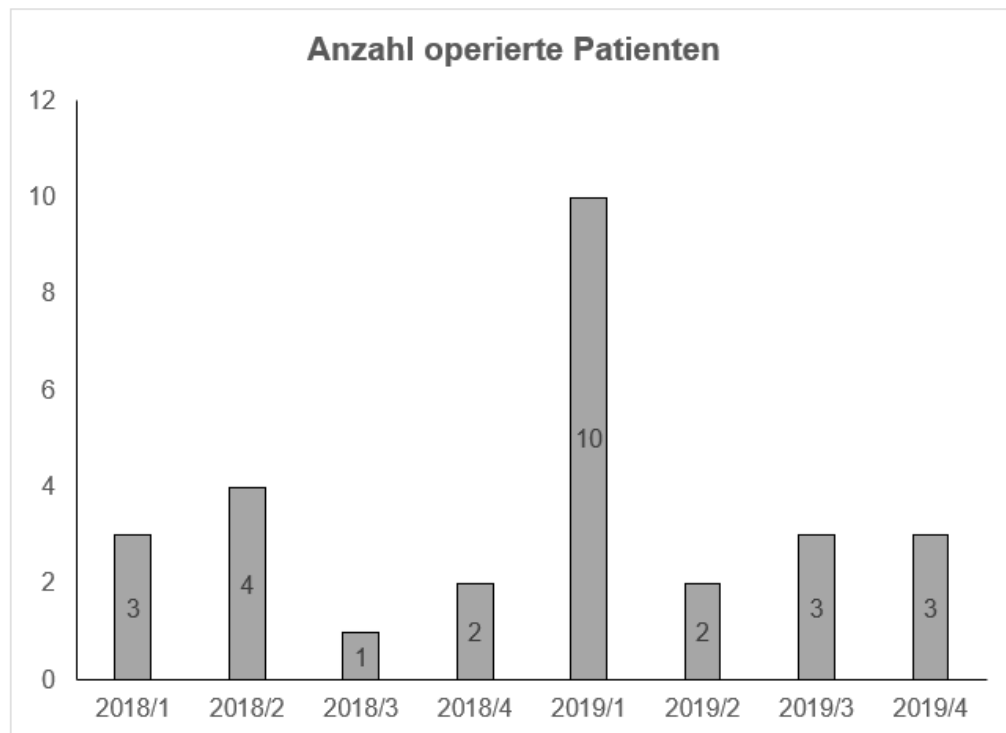


Abbildung 32: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Mitralklappenoperation zwischen 2018 und 2019

Die Abbildung 32 zeigt die Anzahl der operierten Mitralklappenpatienten am Universitätsklinikum Düsseldorf, aufgeschlüsselt nach Quartalen für die Jahre 2018 und 2019.

Im Jahr 2018 war die Fallverteilung noch relativ ungleichmäßig:

Q1: 3 Patienten

Q2: 4 Patienten

Q3: nur 1 Patient

Q4: leichter Anstieg auf 2 Patienten

Diese Schwankungen deuten auf eine Aufbau- und Etablierungsphase der Kooperation hin, in der sich Überweisungswege und Kommunikationsstrukturen vermutlich noch im Entwicklungsprozess befanden.

Ein markanter Anstieg wurde im ersten Quartal 2019 verzeichnet:

Mit 10 operierten Patientinnen und Patienten wurde der Höchstwert im betrachteten Zeitraum erreicht.

Dieser deutliche Anstieg könnte auf eine optimierte Überweisungssteuerung oder eine gezielte Fallkonzentration zu Jahresbeginn hindeuten.

In den Folgequartalen ging die Fallzahl jedoch deutlich zurück:

Q2: 2 Patienten

Q3: 3 Patienten

Q4: erneut 3 Patienten

Dieser abrupte Rückgang nach dem Höhepunkt zu Jahresbeginn 2019 könnte durch externe Einflüsse wie organisatorische Veränderungen, operative Kapazitätsgrenzen oder saisonale Schwankungen im Überweisungsverhalten bedingt sein.

Insgesamt verdeutlicht die Darstellung eine zunehmende Kooperation mit einem Höhepunkt im ersten Quartal 2019, gefolgt von einer rückläufigen, jedoch weiterhin stabilen Grundaktivität. Die geografische Entfernung scheint dabei kein limitierender Faktor gewesen zu sein. Vielmehr könnten die operative Auslastung oder eine strategische Priorisierung einzelner Eingriffsarten das Überweisungsverhalten maßgeblich beeinflusst haben.

Nach Überweisungsart

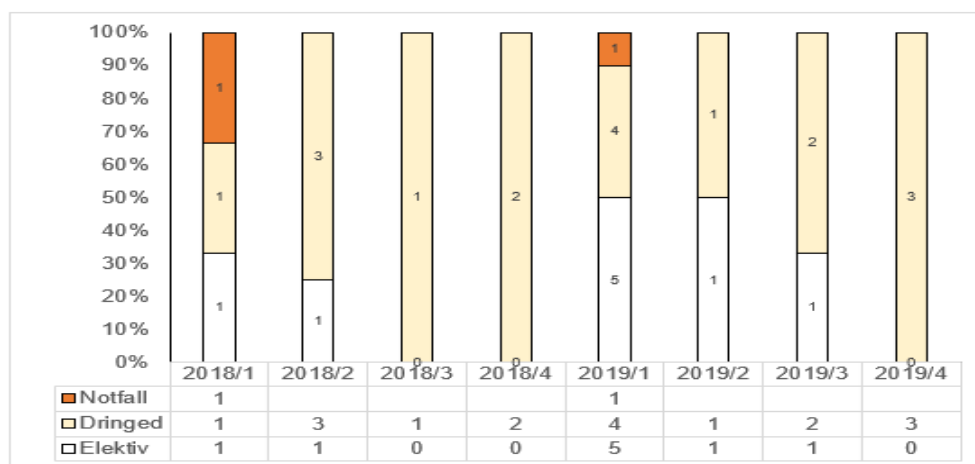


Abbildung 33: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Mitralklappenoperation nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019

Die Abbildung 33 zeigt die prozentuale Verteilung der Überweisungsarten bei Mitralklappenpatienten, die zwischen dem 1. Quartal 2018 und dem 4. Quartal 2019 operiert wurden. Die Einteilung erfolgte in die Kategorien Elektiv (weiß), Dringlich (beige) und Notfall (orange). Die zugehörige Tabelle weist die absoluten Fallzahlen pro Quartal und Kategorie aus.

Im ersten Quartal 2018 wurde jeweils ein Patient elektiv, dringlich und notfallmäßig zugewiesen – eine gleichmäßige Verteilung über alle Kategorien.

Ab dem zweiten Quartal 2018 zeichnete sich jedoch ein klarer Schwerpunkt auf dringlichen Zuweisungen ab:

Q2: 3 von 5 Patientinnen und Patienten (60%) dringlich

Q3: 1 Patient dringlich (100%)

Q4: 2 Patienten dringlich (100%)

Auch im Jahr 2019 setzte sich dieser Trend fort:

Q1: 5 von 10 Patientinnen und Patienten elektiv (50%), 4 dringlich (40%), 1 notfallmäßig (10%)

Q2: 1 elektiv, 1 dringlich

Q3: 1 elektiv, 2 dringlich

Q4: 3 Patienten, alle dringlich – keine elektiven oder notfallmäßigen Eingriffe

Notfallzuweisungen traten im betrachteten Zeitraum nur zweimal auf – jeweils in Q1/2018 und Q1/2019 – und blieben damit Ausnahmen.

Über den gesamten Zeitraum zeigt sich eine klare Dominanz dringlicher Überweisungen bei insgesamt niedrigen Fallzahlen pro Quartal.

Elektive Eingriffe wurden nur vereinzelt durchgeführt

Notfallzuweisungen blieben ebenfalls.

Diese Verteilung spricht dafür, dass im Rahmen des Mitralklappenprogrammes vor allem dringliche Patientinnen und Patienten priorisiert behandelt wurden. Die geringe Anzahl an Notfällen könnte auf organisatorische Rahmenbedingungen, begrenzte Ressourcen oder die gezielte Rolle des Zentrums innerhalb der Versorgungskette hindeuten.

4 Diskussion

4.1 Kooperationsprojekt zur Optimierung der Patientenversorgung:

Bis zum Jahr 2018 erfolgte die Behandlung von Patientinnen und Patienten des Karl-Leisner-Klinikums Kleve und Kevelaer hinsichtlich Bypass- und Klappenoperationen in unterschiedlichen Kliniken. Die hierbei bestehende Zusammenarbeit sowie Kommunikation mit den externen Einrichtungen erwies sich als suboptimal. Zur nachhaltigen Verbesserung der Versorgungsqualität wurde im Jahr 2018 in Kooperation mit der Universität Düsseldorf ein neues, stufenweise implementiertes Kooperationsprojekt initiiert.

Zu Beginn wurden Patientinnen und Patienten mit Indikation für Klappenoperationen in der Universitätsklinik Düsseldorf vorgestellt. Im weiteren Verlauf folgten auch Überweisungen für Bypass-Operationen. Von Anfang an wurde großer Wert auf die Optimierung der Kommunikationswege gelegt, was durch die Einführung folgender Maßnahmen erreicht wurde:

1. **Hotline:** Eine rund um die Uhr erreichbare Hotline wurde im Herzkatheterlabor gut sichtbar etabliert und zusätzlich im internen Intranet (Roxtra) hinterlegt, um eine sofortige Erreichbarkeit sicherzustellen.
2. **Schnelle Kommunikationskanäle:** Eine umfassende Liste mit den Telefonnummern der Oberärztinnen und Oberärzte wurde erstellt, um den direkten und schnellen Austausch zwischen den HTs zu erleichtern.
3. **Telemetrie:** Befunde und Bilddaten wurden über das Visus-Programm telemetrisch übermittelt, wodurch die Effizienz und Genauigkeit der Informationsweitergabe deutlich gesteigert werden konnte.
4. **Online-Videokonferenzen:** Mithilfe des True-Conf-Programms wurden direkte Videokonferenzen ermöglicht, um interdisziplinäre Fallbesprechungen zeitnah und ortsunabhängig durchzuführen.

Nach ausführlichen Fallbesprechungen im HT erfolgten die Entscheidungen zur Therapieart (operativ vs. interventionell), zum Zeitpunkt der Verlegung (elektiv, notfallmäßig oder als Ultima Ratio) sowie zur Auswahl der geeigneten Aufnahmestation.

- **Organisation des Notfalltransports:**

Der Transport bei Notfallverlegungen wurde direkt von der kardiologischen Klinik in enger Zusammenarbeit mit der Leitstelle in Kreiskleve organisiert. Spezielle Transportanforderungen, etwa mittels Intensivmobil oder Hubschrauber, wurden ebenfalls über die zuständigen Leitstellen koordiniert.

- **Datenerhebung und Nachverfolgung:**

1. **Patientendaten:** Stammdaten, Operationsindikationen sowie operationsbezogene Informationen wurden aus den Krankenhausinformationssystemen (KIS) der Kliniken in Kleve, Kevelaer und Düsseldorf erhoben.
2. **30-Tage-Follow-up:** Die postoperative Überlebensrate wurde über mehrere Wege erfasst:
 - Für Patientinnen und Patienten, die während des stationären Aufenthalts an der Universitätsklinik Düsseldorf verstarben, wurden die Bankdaten erhoben.
 - Weitere Patientinnen und Patienten wurden im KIS des KKLE-Verbunds auf erneute stationäre Aufenthalte überprüft.
 - Für jene ohne dokumentierte Aufenthalte erfolgte eine Informationsbeschaffung bei kardiologischen Praxen und Hausärztinnen beziehungsweise Hausärzten.
 - Abschließend wurden Patientinnen und Patienten telefonisch kontaktiert.
 - Patientinnen und Patienten ohne nachvollziehbares Follow-up wurden als „Lost to Follow-Up“ (LOF) deklariert.
3. **Lebensqualitätsfragebögen:** Diese wurden teils telefonisch abgefragt, teils postalisch versendet (siehe Methodenabschnitt).
4. **Transportzeiten:** Die Zeiten für notfallmäßige Verlegungen zwischen Kleve bzw. Kevelaer und der Universitätsklinik Düsseldorf wurden sowohl von der Leitstelle in Kreiskleve als auch anhand der Entlassungszeiten im KIS erfasst.

Nach ausführlichen Fallbesprechungen im HT wurden die Entscheidungen bezüglich der Therapieart (operativ oder interventionell), des Verlegungszeitpunkts (elektiv, notfallmäßig oder als Ultima Ratio) sowie der Wahl der geeigneten Aufnahmestation getroffen. Bei Notfallverlegungen erfolgte die Organisation des Transports in enger Abstimmung zwischen der kardiologischen Klinik und der Leitstelle im Kreis Kleve. Besondere Anforderungen an den Transport, die sich aus den HT-Besprechungen ergaben – beispielsweise der Einsatz eines Intensivmobils oder eines Hubschraubers – wurden der Leitstelle mitgeteilt und von dort aus koordiniert.

Aus gesundheitsökonomischer Perspektive lässt sich das Kooperationsmodell auch als Maßnahme zur Effizienzsteigerung in der Ressourcennutzung verstehen. Die Bündelung hochspezialisierter Leistungen an einem zentralen Standort und die Standardisierung der Überweisungsprozesse durch die Zuweiser ermöglichten einen gezielteren Einsatz sowohl des medizinischen Personals als auch der technischen Infrastruktur. Gerade im Hinblick auf den zunehmenden Fachkräftemangel – sowohl im ärztlichen als auch im pflegerischen Bereich – ist eine solche Arbeitsteilung essenziell, um die Versorgungsqualität langfristig sicherzustellen. Intersektorale Kooperationen erleichtern hierbei eine effektivere Verteilung knapper Personalressourcen, indem sie Synergien zwischen spezialisierten Zentren und peripheren Einrichtungen schaffen.

Zwar sind mit interklinischen Verlegungen, insbesondere bei der Nutzung aufwendiger Transportmittel, zunächst höhere direkte Kosten verbunden. Diese relativieren sich jedoch durch bessere klinische Ergebnisse, niedrigere Komplikationsraten und den Abbau redundanter Strukturen. Die Krankenhausreform 2024 trägt diesem Ansatz Rechnung, indem sie Vorhaltebudgets und sektorenübergreifende Planungsvorgaben einführt, die solche Kooperationen finanziell und strukturell absichern. Die Einbindung derartiger Kooperationsprojekte in die überregionale Versorgungsplanung wird daher zunehmend als sinnvoll aus gesundheitsökonomischer Perspektive betrachtet.

Ein Blick auf industrielle Kooperationsmodelle zeigt, dass auch dort die Schaffung klarer Schnittstellen, standardisierter Kommunikationswege und einer strukturierten Aufgabenverteilung von zentraler Bedeutung für den Erfolg ist. In Branchen wie der Automobil-, Luftfahrt- oder Pharmaindustrie arbeiten Unternehmen über große Distanzen hinweg zusammen, ohne dass die räumliche Entfernung die Produktqualität oder Prozesssicherheit beeinträchtigt. Entscheidend für den Erfolg solcher Partnerschaften sind

standardisierte Schnittstellen, abgestimmte Kommunikationsprozesse, eine redundanzvermeidende Organisation und eine kontinuierliche Qualitätssicherung. Ähnlich wie bei der medizinischen Kooperation zwischen dem Universitätsklinikum Düsseldorf und dem Karl-Leisner-Klinikum sind es weniger die räumliche Nähe als vielmehr klare Prozesse und Verlässlichkeit, die den Erfolg ermöglichen. Die Einrichtung einer klar strukturierten Hotline, digital unterstützter Entscheidungswege und telemedizinischer Datenübermittlung entspricht dabei dem, was in der Wirtschaft als „Lean Communication Infrastructure“ bezeichnet wird. Durch diese standardisierten Instrumente wird, ähnlich wie in industriellen Zuliefernetzwerken, eine reibungslose, zeitnahe und qualitativ hochwertige Zusammenarbeit über Distanz hinweg ermöglicht.

In vielen industriellen Kooperationsprojekten beginnt die Zusammenarbeit zudem schrittweise, beispielsweise mit Pilotprojekten, bevor ein umfassender Rollout erfolgt. Auch dieses Prinzip findet sich in dem hier untersuchten Modell wieder: Die stufenweise Einführung der Kooperation – zunächst auf Klappeneingriffe beschränkt, später erweitert auf Bypass-Operationen – ermöglichte es, Prozesse sukzessive zu optimieren und die Wirksamkeit regelmäßig zu evaluieren. Ergänzt wird dies durch ein gemeinsames Verständnis von Qualität und einen kontinuierlichen Wissensaustausch. Insofern erfüllt die vorgestellte Kooperation nicht nur medizinische, sondern auch strategische und ökonomische Anforderungen, wie sie erfolgreiche Partnerschaftsmodelle auszeichnen.

4.2 Patientencharakteristika

Im untersuchten Patientenkollektiv von 793 Personen waren 196 weibliche (25%) und 597 männliche (75%) Patienten eingeschlossen. Von den 553 Patienten, die direkt im UKD operiert wurden, waren 133 weiblich (24%) und 420 männlich (76%). Diese Geschlechterverteilung ähnelt anderen Studien, wie etwa Sanaiha et al. mit 30% weiblichen Patienten bei Bypass- und Klappenoperationen oder Gill et al., der 26.8% Frauen bei Bypass-Operationen dokumentierte. Dies bestätigt, dass die vorliegende Patientengruppe hinsichtlich Geschlechtes und Operationsindikationen vergleichbar mit anderen Kollektiven ist.

Deutliche Unterschiede zeigen sich im präoperativen Risikoprofil, in der zeitlichen Organisation der Abläufe und im klinischen Outcome in Abhängigkeit von der Dringlichkeit der Operation. Notfallpatientinnen und -patienten wiesen eine signifikant

höhere Morbiditätslast auf, kürzere Zeitintervalle bis zur Operation sowie eine erhöhte Krankenhausmortalität. Die Überrepräsentation männlicher Patientinnen und Patienten mit einem Durchschnittsalter von etwa 67 Jahren entspricht der bekannten Epidemiologie kardiovaskulärer Erkrankungen, die besonders bei älteren Männern häufiger auftreten. Zwischen den Dringlichkeitsgruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Alter, Geschlecht oder Body-Mass-Index, was auf eine vergleichbare demografische Ausgangslage schließen lässt. Klinisch ergab sich ein einheitliches Bild: Notfallpatientinnen und -patienten litten signifikant häufiger an kardialen Ereignissen wie Myokardinfarkt, Reanimation oder Schock innerhalb der 48 h vor der Operation. Die erhöhte Troponinhäufigkeit in dieser Gruppe weist auf eine akute Myokardschädigung hin und ist mit einem gesteigerten perioperativen Risiko assoziiert. Über 70% der Notfallpatientinnen und -patienten wurden in die ASA-Klasse IV eingestuft – ein Hinweis auf eine erhebliche funktionelle Einschränkung bei potenzieller Vitalgefährdung, die als prädiktiver Faktor für ungünstige postoperative Verläufe gilt.

Neben der klinischen Charakterisierung ergeben sich auch gesundheitsökonomische Implikationen. Die weitgehende Homogenität in Alter, Geschlecht und Body-Mass-Index über die Dringlichkeitsgruppen hinweg legt nahe, dass Unterschiede im Outcome weniger auf demografische Faktoren, sondern vielmehr auf prozessuale und versorgungsbedingte Aspekte zurückzuführen sind. Für die gesundheitsökonomische Bewertung des Kooperationsmodells ist dies von entscheidender Bedeutung: Die Vergleichbarkeit der Ausgangsparameter erlaubt es, die Effektivität strukturierter interklinischer Zusammenarbeit unter kontrollierten Bedingungen zu analysieren – eine zentrale Voraussetzung für belastbare Kosten-Nutzen-Analysen im Kontext von Strukturverträgen oder regionaler Krankenhausplanung.

Die Überrepräsentation von ASA-Klasse-IV-Patientinnen und Patienten und die hohe Prävalenz kardialer Instabilität unterstreichen die Notwendigkeit spezifischer Versorgungsstrategien für Hochrisikopatienten. Diese Gruppen erfordern eine besonders eng abgestimmte Prozessführung, redundanzfreie Schnittstellen und eine zeitkritische Steuerung der Ressourcen – Aspekte, die sich auch in der Industrie, beispielsweise bei der Steuerung „kritischer Pfade“ in Produktionsnetzwerken, als Schlüsselfaktoren etabliert haben. Analog zu industriellen Risikomanagementstrategien kann die Versorgung instabiler Herzpatienten durch prozessorientierte Risikostratifizierung und abgestimmte Eskalationsmechanismen gezielt optimiert werden.

Dass die Operationsdauer über alle Dringlichkeitsgruppen hinweg weitgehend konstant blieb, deutet auf ein hohes Maß an Prozessstandardisierung im operativen Setting hin. Dieses Niveau an Standardisierung – unabhängig von der klinischen Ausgangssituation – ist vergleichbar mit Qualitätsmanagementsystemen in der Fertigungsindustrie, in denen trotz stark variierender Eingangsfaktoren (etwa unterschiedliche Rohmaterialqualitäten) durch konsistente Prozessführung eine gleichbleibende Produktqualität gewährleistet wird. Dies spricht für eine robuste Versorgungsarchitektur in der Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf, die sich auch im Rahmen der Kooperation bei Patientinnen und Patienten mit erhöhtem Risikoprofil als belastbar erwiesen hat.

Nicht zuletzt ermöglicht das strukturierte Management vulnerabler Patientengruppen eine gezielte Allokation klinischer Ressourcen. Die Tatsache, dass Notfallpatientinnen und -patienten trotz massiv erhöhtem Risikoprofil zeitnah operiert werden konnten, verdeutlicht, dass die Kooperationsstruktur funktional auf Akutsituationen ausgelegt ist – eine Fähigkeit, die aus Sicht der Versorgungssteuerung und Krankenhausplanung von hoher Relevanz ist. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die vorgestellte Kooperation auch bei hochkomplexen Patientengruppen nicht nur medizinisch, sondern ebenso prozessual und ökonomisch tragfähig ist. Der vergleichsweise homogene Aufbau des Patientenkollektivs ermöglicht es, Rückschlüsse auf die Belastbarkeit der intersektoralen Versorgung unabhängig von soziodemografischen Variablen zu ziehen.

In der industriellen Praxis finden sich ähnliche Beobachtungen in groß angelegten Liefernetzwerken: Bei stabiler Prozessführung und klaren Kommunikationswegen bleibt die Produktqualität auch bei variierender Komplexität und Ausgangslage konstant. Diese Parallele unterstreicht, dass ein strukturiertes, abgestimmtes Vorgehen – wie in der hier beschriebenen Kooperation – zu verlässlichen Ergebnissen führt, selbst wenn die Ausgangsbedingungen, wie bei Notfallpatientinnen und -patienten, stark variieren.

Das hohe Maß an Standardisierung innerhalb der prä- und intraoperativen Abläufe spiegelt sich auch in der geringen Varianz der Operationsdauer wider. Dieses Maß an Prozessstabilität lässt sich mit industriellen Qualitätsmanagementsystemen vergleichen, die eine einheitliche Bearbeitungszeit gewährleisten – unabhängig von den Eigenschaften des Ausgangsmaterials. Die medizinische Kooperation zwischen Zuweiser und Maximalversorger weist somit Merkmale einer professionell geführten Wertschöpfungskette auf, in der Effizienz und Ergebnisqualität Hand in Hand gehen.

4.3 Verteilung der Eingriffsdringlichkeit im Zeitverlauf

Die Auswertung über fünf Jahre ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der zeitlichen Entwicklung herzchirurgischer Eingriffe hinsichtlich Aufnahmeart, klinischer Stabilität und Dringlichkeitsverteilung.

Auffällig ist die relative Konstanz des Anteils an elektiven, dringlichen und notfallmäßigen Eingriffen. Selbst unter externen Belastungen, wie sie beispielsweise durch die COVID-19-Pandemie auftraten, blieb insbesondere der Anteil an Notfalloperationen weitgehend stabil. Dies spricht für die Belastbarkeit und die Funktionsfähigkeit der herzchirurgischen Notfallversorgung in der Region. Der pandemiebedingte Rückgang elektiver Eingriffe in den Jahren 2020 und 2022 deckt sich mit deutschlandweiten und internationalen Berichten über die Verschiebung planbarer Operationen [111].

Gleichzeitig blieb die Versorgung schwer erkrankter Patientinnen und Patienten durch dringliche und notfallmäßige Eingriffe konstant, was die Belastbarkeit der intersektoralen Versorgungsstrukturen zusätzlich unterstreicht. Die ASA-Klassifikation ermöglicht eine Einschätzung des präoperativen Risikoprofils: Die überwiegende Zuordnung der Patientinnen und Patienten zur ASA-Klasse III entspricht einem Kollektiv mit kardialen Grunderkrankungen und Komorbiditäten, jedoch mit noch erhaltener funktioneller Reserve. Der deutliche Anstieg der ASA-Klasse IV im Jahr 2020 könnte auf eine selektive Patientenaufnahme während der Pandemie-Hochphasen hindeuten, bei der bevorzugt schwerer erkrankte Patientinnen und Patienten operiert wurden, während stabilere Fälle verschoben wurden – ein Muster, das auch in anderen chirurgischen Disziplinen ähnlich beschrieben wurde [112].

Weitere Marker für die klinische Instabilität, wie die Beatmungspflichtigkeit und das Auftreten von Schockereignissen, zeigten im Verlauf der Jahre Schwankungen, ohne dass sich ein klarer Trend ableiten ließ. Der Anstieg beatmungspflichtiger Patientinnen und Patienten im Jahr 2022 könnte auf eine veränderte Patientenselektion hindeuten, bei der ein höherer Anteil akut instabiler Patientinnen und Patienten behandelt wurde. Die durchgehend hohe Prävalenz positiver Troponinbefunde von über 50% spricht für eine relevante kardiale Vorschädigung im Patientenkollektiv. Ob diese Befunde auf chronische ischämische Herzerkrankungen oder akute myokardiale Ereignisse zurückzuführen sind, konnte nicht eindeutig differenziert werden. Positive Troponinwerte gelten jedoch als prognostisch ungünstig, insbesondere im Kontext kardialer Operationen [108]. Nach einem

initialen Anstieg der Patientenzahlen von 70 im Jahr 2018 auf einen Höchstwert von 206 im Jahr 2019 zeigte sich in den Folgejahren ein sukzessiver Rückgang bis auf 32 Patientinnen und Patienten im Jahr 2023. Diese Entwicklung spiegelt nicht zwangsläufig eine geringere Kooperationsintensität oder ein schlechteres Outcome wider, sondern ist differenziert im Kontext pandemiebedingter Einschränkungen ab 2020, struktureller Veränderungen, personeller Engpässe sowie gegebenenfalls angepasster Verlegungsstrategien zu interpretieren. Trotz des rückläufigen Gesamtvolumens unterstreicht die kontinuierliche Durchführung interdisziplinärer Transfers und die anhaltend hohe Zahl an behandelten Notfallpatientinnen und -patienten den nachhaltigen Nutzen und die funktionale Relevanz des Kooperationsmodells. Die quantitative Entwicklung verdeutlicht, dass eine kontinuierliche, patientenzentrierte Zusammenarbeit über geografische Distanzen hinweg realisierbar ist.

Ein zentrales Ergebnis ist die über alle Jahre hinweg konstant hohe Rate an dringlichen und Notfalleingriffen, die zusammen zwischen 65% (2018) und 69% (2023) der operierten Fälle ausmachen. Besonders auffällig ist der Anstieg des Anteils an Ultima-Ratio-Operationen im Jahr 2023 auf 13%, was möglicherweise auf geänderte Zuweisungswege, eine selektivere Indikationsstellung oder pandemiebedingte Verschiebungen elektiver Eingriffe zurückzuführen ist. Die anteilige Abnahme elektiver Eingriffe von 34% (2018) auf 31% (2023) bei gleichzeitig stabiler Anzahl dringlicher und Notfallinterventionen deutet auf eine zunehmende Fokussierung der interklinischen Verlegung auf Patientinnen und Patienten mit höherer Dringlichkeit hin. Dies kann als Ausdruck einer effizienteren Ressourcennutzung sowie einer verbesserten prästationären Triage gewertet werden.

Ein ähnliches Muster findet sich auch in der Wirtschaft, etwa in globalen Logistikketten oder strategischen Partnerschaften: In Phasen externer Belastungen – wie wirtschaftlichen Krisen oder geopolitischen Spannungen – werden knappe Ressourcen verstärkt auf „kritische Lieferungen“ konzentriert. Dies entspricht in der medizinischen Versorgung der Fokussierung auf dringliche und Notfallbehandlungen. Auch dort gilt die Fähigkeit zur flexiblen Priorisierung als Ausdruck der Reife und Belastbarkeit eines Netzwerks. Die beobachtete Verteilung bestätigt zudem die Eignung des Transfersystems für die zeitkritische Versorgung kardiochirurgischer Patienten. Der steigende Anteil an höher priorisierten Eingriffsindikationen stützt die Hypothese, dass nicht die geografische Distanz, sondern die präklinische Einschätzung und die strukturierte Kommunikation

zwischen den beteiligten Einrichtungen entscheidend für eine adäquate Behandlung und ein gutes Outcome der Patientinnen und Patienten sind.

Diese Entwicklung kann als Ausdruck einer zunehmenden Spezialisierung und verbesserten präklinischen Triage gewertet werden. Im zeitlichen Verlauf zeigt sich offenbar eine verbesserte Fähigkeit zur Selektion und priorisierten Aufnahme von Hochrisikopatienten. Der überproportionale Anstieg der Ultima-Ratio-Fälle – trotz pandemiebedingter Ressourcenknappheit – deutet darauf hin, dass die Kooperationsstruktur gerade bei instabilen Patientinnen und Patienten ihre Stärken entfalten konnte.

Aus gesundheitsökonomischer Perspektive lässt sich diese Entwicklung auch als Zeichen einer wachsenden funktionalen Differenzierung deuten: Während elektive Fälle zunehmend wohnortnah oder interventionell behandelt werden konnten, wurde das Universitätsklinikum Düsseldorf als überregionales Herzchirurgiezentrum verstärkt für hochkomplexe, zeitkritische Verläufe genutzt. Dies entspricht dem Prinzip der „zentrumsorientierten Versorgung“, das auch in der aktuellen Krankenhausplanung zunehmend betont wird. Eine solche Fokussierung ermöglicht es, Ressourcen gezielt dort zu bündeln, wo sie den größten Nutzen entfalten – insbesondere angesichts von Fachkräftemangel, OP-Knappheit und Personalfluktuation.

Die relative Resilienz der Kooperation – selbst unter den Bedingungen der Pandemie – zeigt, dass die zugrunde liegenden Prozesse robust und krisenfest angelegt sind. Die Fähigkeit, auch unter externem Druck handlungsfähig zu bleiben, ist ein zentrales Merkmal widerstandsfähiger Netzwerkstrukturen und gilt als typisches Erfolgskriterium nachhaltiger Kooperationsmodelle, wie sie auch in der Industrie etabliert sind. In der Logistikbranche etwa werden „Load-Balancing-Modelle“ eingesetzt, bei denen Belastungsspitzen durch automatisierte Umverteilung innerhalb resilienzfähiger Partnernetzwerke ausgeglichen werden. Übertragen auf die hier beschriebene Kooperation bedeutet dies: Die flexible Steuerung von Aufnahmekapazitäten, die priorisierte Allokation dringlicher Eingriffe und die gezielte Steuerung elektiver Fälle sind Ausdruck einer dynamikfähigen Versorgungsstruktur.

Nicht zuletzt verdeutlicht die Entwicklung der Eingriffsdringlichkeiten, dass eine zunehmende Professionalität in der Abstimmung zwischen Zuweisern und Zielklinik erreicht wurde. Solche Abstimmungsprozesse sind ein typisches Merkmal reifer Netzwerke

und ermöglichen es, durch kontinuierliches Monitoring und Feedback die Versorgungsrealität adaptiv an sich verändernde Bedarfe anzupassen. Die dargestellten Daten legen somit nahe, dass sich nicht nur die medizinische Qualität, sondern auch die Systemkompetenz des Kooperationsmodells im Zeitverlauf signifikant verbessert hat.

4.4 Häufigkeit und Typisierung chirurgischer Eingriffe

Die Eingriffsverteilung über die Jahre zeigt eine klare Dominanz der koronaren Bypasschirurgie [113]. Dies entspricht der Versorgungssituation deutscher herzchirurgischer Zentren, in denen die operative Revaskularisation weiterhin eine zentrale Rolle einnimmt – mit potenziellen Auswirkungen auf Mortalität, Komplikationsraten und Ressourcennutzung – trotz der zunehmenden Verfügbarkeit interventioneller Alternativen. Der Anteil der Klappenoperationen blieb über den gesamten Zeitraum stabil, ohne nennenswerte Veränderungen. Eingriffe an der Aorta oder andere Verfahren traten nur selten auf.

Besondere Aufmerksamkeit verdient das Jahr 2023, in dem mit lediglich 32 dokumentierten Fällen ein deutlich geringeres Fallaufkommen zu verzeichnen war. Diese Reduktion stellt jedoch keinen echten Rückgang der Operationstätigkeit dar, sondern ist auf den verkürzten Erhebungszeitraum bis einschließlich Februar 2023 zurückzuführen. Aussagen zu Jahresvergleichen oder Trends müssen für diesen Zeitraum daher mit großer Vorsicht interpretiert werden.

Die anhaltende Dominanz der ACB-Operationen über den gesamten Erhebungszeitraum – trotz des Rückgangs der Gesamtzahlen – deutet auf eine gezielte Fokussierung auf komplexe Koronarpathologien hin. Vergleichbar mit spezialisierten Industriepartnerschaften in komplexen Fertigungsprozessen, etwa bei der Herstellung von Flugzeugkomponenten oder in der pharmazeutischen Wirkstoffproduktion, bleibt auch in kooperativen Strukturen mit wechselndem Auftragsvolumen ein hoher Spezialisierungsgrad erhalten. Die Aufrechterhaltung dieser spezialisierten Leistungskette bei gleichzeitig reduzierter Fallzahl spricht für ein funktionierendes System der Qualitätssicherung und strategischen Allokation.

4.5 Prädiktoren für Krankenhausmortalität bei Notfallpatienten

1. Demografische Faktoren ohne prognostische Relevanz

Die Analyse der Subkohorte notfalloperierter Patientinnen und Patienten ergab, dass demografische Basisparameter wie Alter, Geschlecht und BMI keinen signifikanten Einfluss auf das unmittelbare Überleben bis zur Krankenhausentlassung hatten. Diese Beobachtung legt nahe, dass klassische epidemiologische Variablen im Kontext eines akuten kardiovaskulären Notfalls eine untergeordnete Rolle für die Prognose spielen. Ähnliche Befunde finden sich auch in anderen Studien zur kardiovaskulären Notfallversorgung, in denen Alter und BMI zwar als Risikofaktoren für chronische Krankheitsverläufe gelten, im akuten postoperativen Zeitraum jedoch keine verlässliche Differenzierung zwischen Überleben und Mortalität ermöglichen [114].

2. Klinische Instabilität als Hauptprädiktor für Mortalität

Deutlich stärker auf das postoperative Outcome wirkte sich der präoperative hämodynamische Status aus. So war bei 25% der verstorbenen Notfallpatientinnen und -patienten eine CPR in den 48 h vor der Operation dokumentiert, verglichen mit lediglich 3.7% der Überlebenden. Auch anamnestische CPR-Ereignisse zeigten eine signifikante Assoziation mit erhöhter Mortalität, was die Bedeutung einer kardialen Dekompensation vor der Operation als wesentlichen Risikofaktor bestätigt. Reanimationen gelten allgemein als Indikator für einen komplexen postoperativen Verlauf mit erhöhtem Komplikationsrisiko, insbesondere, wenn sie zeitnah vor dem Eingriff auftreten [115]. Weitere Zeichen hämodynamischer Instabilität – wie Schockereignisse und präoperative Beatmungspflichtigkeit – waren bei den Verstorbenen deutlich häufiger zu finden: 42% der Verstorbenen benötigten eine Beatmung und litten an einem Kreislaufschock, während diese Raten bei den Überlebenden mit 8 % beziehungsweise 14% deutlich niedriger lagen. Auch eine anamnestische Schockvorgeschichte korrelierte signifikant mit erhöhter Mortalität. Diese Ergebnisse verdeutlichen die klinische Relevanz der hämodynamischen Ausgangssituation als entscheidenden prognostischen Faktor bei Notfalloperationen.

Ein weiterer signifikanter Prädiktor war die ASA-Klassifikation: Während alle verstorbenen Patientinnen und Patienten den Klassen IV oder V zugeordnet wurden, befanden sich 27% der Überlebenden in der niedrigeren Klasse III. Diese Daten bestätigen

den bekannten Zusammenhang zwischen ASA-Kategorie und postoperativer Mortalität auch im Kontext kardiovaskulärer Notfalleingriffe [109]. Die auffälligen Schwankungen in den Jahren 2019 und 2021 könnten auf besondere Ereignisse oder externe Einflussfaktoren zurückzuführen sein, etwa Krankheitsausbrüche, Veränderungen in der Patientenzusammensetzung oder Anpassungen in der medizinischen Versorgung. Der deutliche Rückgang ab 2022 deutet darauf hin, dass gezielte Maßnahmen zur Optimierung der Versorgungsprozesse erfolgreich umgesetzt wurden. Diese Entwicklung lässt sich mit Reorganisationsstrategien in der Industrie vergleichen, bei denen gezielte Prozessverbesserungen – etwa durch Einführung neuer Qualitätsstandards – zu messbaren Verbesserungen in der Ergebnisqualität führen.

3. Eingriffsart und OP-Dauer ohne signifikanten Einfluss

Operative Merkmale wie der Eingriffstyp oder die Dauer des Eingriffs zeigten keinen signifikanten Zusammenhang mit der Krankenhausmortalität. Die meisten Patientinnen und Patienten in beiden Gruppen wurden mittels koronarer Bypassoperationen versorgt, was eine hohe Vergleichbarkeit hinsichtlich des Eingriffstyps gewährleistet. Obwohl sich bei den Verstorbenen tendenziell eine längere mediane Operationsdauer zeigte, konnte keine statistisch signifikante Korrelation zum Outcome festgestellt werden. Dies könnte auf komplexere intraoperative Situationen oder verlängerte Operationszeiten infolge hämodynamischer Instabilität hindeuten, jedoch ohne ausreichende Differenzierungskraft für das unmittelbare Überleben.

Die Zeitspanne von Aufnahme bis Operation war in beiden Gruppen erwartungsgemäß identisch, da es sich um Notfalleingriffe handelte. Rückschlüsse auf einen möglichen Einfluss der interhospitalen Transferzeit auf die Krankenhausmortalität konnten somit nicht gezogen werden – ein Befund, der die übergeordnete Hypothese dieser Arbeit stützt.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass klinische Instabilität – und nicht demografische oder operative Parameter – den größten Einfluss auf das Überleben von herzchirurgischen Notfallpatientinnen und -patienten hat. Frühwarnzeichen wie Reanimation, Schockereignisse oder Beatmungspflichtigkeit sollten daher als kritische Parameter in die präoperative Risikoeinschätzung einbezogen werden. Diese Faktoren könnten in Zukunft in spezifische Scoring-Systeme zur Prognose des Outcomes einfließen und die gezielte Allokation intensivmedizinischer Ressourcen unterstützen.

Die Tatsache, dass weder die OP-Dauer noch die Art des Eingriffs signifikant mit dem Mortalitätsrisiko korrelierten, spricht für eine hohe intraoperative Prozessqualität, bei der auch komplexe Eingriffe standardisiert und sicher durchgeführt werden konnten. Dieses Erkenntnis stützt die Annahme, dass insbesondere die präoperative Phase – also Indikationsstellung, Stabilisierung und zeitgerechte OP-Planung – entscheidend für den Behandlungserfolg ist. Zukünftige Versorgungsstrategien sollten daher genau in diesem Bereich gezielte Prozessoptimierungen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung implementieren.

4.6 Einfluss der Aufnahmeart auf das 90-Tage-Überleben

1. Unterschiede im Überlebensverlauf nach Aufnahmeart

Die Kaplan-Meier-Analyse demonstrierte eine signifikante Differenz im 90-Tage-Überleben in Abhängigkeit von der stationären Aufnahmeart. Patientinnen und Patienten mit elektiver Aufnahme zeigten die höchste Überlebenswahrscheinlichkeit, gefolgt von der dringlichen Gruppe. Am ungünstigsten verlief das 90-Tage-Überleben bei Notfallaufnahmen mit einer Überlebensrate von 93.5%. Die Unterschiede waren statistisch signifikant ($p = 0.00048$) und unterstreichen die prognostische Bedeutung der initialen Aufnahmesituation. Diese Ergebnisse korrespondieren mit vorherigen Studien, die Notfallaufnahmen bei kardiochirurgischen Patientinnen und Patienten mit erhöhter Komplikationsrate und Mortalität in Verbindung bringen [110]. Auch in anderen chirurgischen Disziplinen wird die Dringlichkeit der stationären Aufnahme zunehmend als unabhängiger Risikofaktor für das postoperative Outcome anerkannt.

2. Klinische Interpretation und mögliche Ursachen

Die schlechtere Prognose von Notfallpatientinnen und -patienten über einen Zeitraum von 90 Tagen lässt sich durch verschiedene Faktoren erklären. Einerseits spiegelt die Dringlichkeit der Operation eine instabilere klinische Ausgangssituation bei Aufnahme ins Krankenhaus wider – wie bereits durch erhöhte Raten an Reanimationen, Schockereignissen und Beatmungspflichtigkeit belegt wurde. Andererseits könnten zeitkritische Entscheidungen, die unter suboptimalen Bedingungen getroffen werden müssen – etwa aufgrund eingeschränkter präoperativer Vorbereitung – eine Rolle spielen.

Darüber hinaus ist es denkbar, dass Notfallpatientinnen und -patienten bereits im präklinischen Verlauf Verzögerungen oder Versorgungsengpässe erlebt haben, die den weiteren Verlauf negativ beeinflussten. Studien zu interhospitalen Notfalltransporten zeigen, dass sowohl Transportzeit als auch Übergabequalität einen wesentlichen Einfluss auf die Prognose haben können [44].

Patientinnen und Patienten mit dringlicher Aufnahme weisen ein intermediäres Risiko auf. Dies lässt sich klinisch dadurch erklären, dass zwar eine moderate Instabilität vorliegt, aber dennoch ausreichend Zeit für präoperative Stabilisierung und Diagnostik bleibt. Die nur geringfügig schlechtere Überlebensrate im Vergleich zur elektiven Gruppe (96.5% vs. 97.0%) deutet darauf hin, dass strukturierte Risikovorsorge selbst unter Zeitdruck wirksam ist. Diese Befunde unterstreichen die Bedeutung einer frühzeitigen, an die Dringlichkeit angepassten Risikoeinschätzung. Besonders bei Notfallpatientinnen und Patienten erscheint eine intensivisierte Überwachung und gezielte perioperative Betreuung erforderlich, um Komplikationen frühzeitig zu erkennen und adäquat zu behandeln.

Darüber hinaus könnten die Ergebnisse als Grundlage für eine risikoadaptierte Nachsorgeplanung dienen. Eine engmaschige Verlaufskontrolle, insbesondere nach stationärer Entlassung und vor allem bei Notfallpatientinnen und -patienten, könnte helfen, spät auftretende Komplikationen frühzeitig zu identifizieren und Rehospitalisierungen zu vermeiden. Auch aus der Perspektive des Supply-Chain-Managements ist dieser Gedanke nachvollziehbar: Unternehmen, die mit kritischen Produktlinien arbeiten, implementieren häufig risikoadaptive Monitoring-Systeme, um Ausfallrisiken frühzeitig zu erkennen und Gegenmaßnahmen einzuleiten. Übertragen auf das Gesundheitssystem bedeutet dies: Eine konsequent strukturierte Nachsorge – gerade bei hochvulnerablen Patientengruppen – ist nicht nur medizinisch sinnvoll, sondern auch aus gesundheitsökonomischer Sicht.

Grundsätzlich gilt: Je höher das Risiko, desto größer der potenzielle Nutzen einer qualitativ hochwertigen Versorgung. Der gezielte Einsatz spezialisierter Ressourcen bei Notfallpatientinnen und -patienten – wie er im vorgestellten Kooperationsmodell praktiziert wurde – ist daher sowohl medizinisch als auch gesundheitsökonomisch sinnvoll. Eine Reduktion von Komplikationen und Mortalität führt langfristig zu geringeren Folgekosten und reduziert gleichzeitig den Bedarf an Langzeitversorgung.

Ein industrieanaloger Vergleich verdeutlicht dies: In Hochrisikoproduktionsprozessen – etwa in der Luftfahrt- oder Pharmaindustrie – werden kritische Abläufe bevorzugt in

qualitätszertifizierten Zentralstandorten durchgeführt, während weniger risikobehaftete Prozesse dezentralisiert abgewickelt werden können. Dieses Prinzip der „risikoadaptierten Zentralisierung“ lässt sich auf das Gesundheitssystem übertragen: Hochrisikopatienten, wie notfallverlegte Herzchirurgiepatienten, sollten immer dort behandelt werden, wo Personal, Infrastruktur und Prozesse optimal auf ihre komplexen Bedürfnisse abgestimmt sind – auch wenn dafür größere Distanzen in Kauf genommen werden müssen.

Die Kaplan-Meier-Analyse fungiert in diesem Kontext nicht nur als Indikator für das klinische Outcome, sondern auch als indirekter Nachweis für den Nutzen strukturierter Zuweisungssysteme. Sie zeigt: Mit zunehmender Prozessqualität und frühzeitiger Risikoeinschätzung steigt die Chance, auch Hochrisikopatienten mit einer akzeptablen Prognose zu behandeln. Das untersuchte Kooperationsmodell liefert hierfür einen evidenzbasierten Beleg.

4.7 Prozessqualität in den prä- und klinischen Phasen

Die Analyse der Transportzeiten sowohl bei dringlich als auch bei notfallmäßig verlegten Patientinnen und Patienten zeigt, dass die präklinischen Abschnitte – von der Anmeldung bis zur Aufnahme sowie vom Transportbeginn bis zur Ankunft – in beiden Gruppen weitgehend effizient und standardisiert abliefen. Medianwerte um etwa 100 Minuten und eine geringe Streuung belegen eine funktionierende Koordination zwischen den zuweisenden Kliniken, dem Rettungsdienst und der aufnehmenden Einrichtung. Diese Ergebnisse bestätigen den hohen Organisationsgrad der interhospitalen Transportlogistik.

Vereinzelte auftretende Ausreißer mit verlängerten Wartezeiten bis zur Aufnahme deuten auf sporadische Störungen oder Kapazitätsengpässe hin, dürften aus systemischer Perspektive jedoch keine gravierenden Auswirkungen haben. Insgesamt verdeutlichen diese Befunde, dass die Transportdauer selbst keinen limitierenden Faktor für die Versorgungskontinuität darstellt – ein zentrales Element in der Bewertung der übergeordneten Hypothese dieser Arbeit.

Ein völlig anderes Bild zeigt sich für den Zeitraum zwischen Ankunft im Zielkrankenhaus und dem Beginn der Operation. Diese Phase wies nicht nur die höchste Medianzeit auf, sondern zeigte auch eine extreme Varianz mit teils erheblichen Ausreißern – insbesondere

bei notfallmäßig aufgenommenen Patienten, bei denen Operationsverzögerungen von über 1.200 h dokumentiert wurden.

Diese Beobachtungen lassen sich nicht ausschließlich durch medizinisch notwendige Stabilisierung erklären. Vielmehr deuten die Daten auf deutliche Inhomogenitäten in den intraklinischen Prozessen hin, die strukturelle, organisatorische oder ressourcenbedingte Ursachen haben könnten. Mögliche Gründe hierfür sind:

- Engpässe in OP- oder Intensivkapazitäten,
- Wartezeiten auf erweiterte präoperative Diagnostik,
- Verzögerungen in interdisziplinären Entscheidungsprozessen,
- Priorisierungen zugunsten anderer Fälle im klinischen Alltag.

Insbesondere bei Notfallpatientinnen und -patienten, die häufig in instabiler Kreislauf- oder Beatmungssituation aufgenommen werden, sind gewisse Verzögerungen im Rahmen notwendiger Stabilisierungen erwartbar. Dennoch zeigt der Vergleich mit dringlich verlegten Patientinnen und Patienten – die unter vergleichbaren Voraussetzungen deutlich kürzere Medianzeiten aufwiesen –, dass auch nicht-medizinische Faktoren eine Rolle bei den Verzögerungen spielen dürften.

Für die Praxis bedeutet dies: Es braucht eine gezielte Prozessanalyse und strukturierte Maßnahmen, um diese Wartezeiten zu reduzieren – etwa durch:

- die Einrichtung priorisierter OP-Slots für interhospital verlegte Notfallpatientinnen und -patienten,
- frühzeitige präoperative Risikostratifizierung,
- und eine enge Kommunikation zwischen Notaufnahme, OP-Planung und Intensivstation.

Die hier dargestellten Ergebnisse stützen die zentrale Hypothese dieser Arbeit: Die geografische Entfernung und die damit verbundenen Transportzeiten sind kein valider Prädiktor für das Überleben. Ähnlich wie in komplexen Produktionsketten internationaler Unternehmen zeigt sich, dass nicht die Transportzeit zwischen Standorten, sondern die internen Abläufe an den jeweiligen Knotenpunkten – insbesondere Engpässe,

Kommunikationsverzögerungen oder Planungsinkonsistenzen – die Qualität und Effizienz des Endergebnisses maßgeblich beeinflussen. In der Industrie werden solche Herausforderungen durch Lean-Management-Ansätze und strukturierte Qualitätszirkel adressiert. Die vorliegenden medizinischen Daten belegen, dass ähnliche Mechanismen – etwa OP-Slot-Management, Risikostratifizierung und optimierte Kommunikationsflüsse – auch im Gesundheitswesen Outcome-relevant sind.

Aus gesundheitsökonomischer Perspektive wirken sich solche internen Verzögerungen nicht nur negativ auf die Patientenergebnisse aus, sondern auch auf den Ressourceneinsatz. Jede vermeidbare Verzögerung führt zu einer ineffizienten Nutzung von Betten, Personal und OP-Kapazitäten. Potenzielle Komplikationen aufgrund zeitlicher Verzögerungen verursachen zusätzliche Folgekosten, die vermeidbar wären. Daher sollten innerklinische Prozesse regelmäßig überprüft und auf Effizienzpotenziale hin analysiert werden – idealerweise unter Verwendung klinikinterner Key Performance Indicators (KPIs) und Benchmarking-Methoden, wie sie in vielen industriellen Qualitätsmanagementsystemen Standard sind.

In der Industrie gelten Durchlaufzeiten und Pufferzeiten als zentrale Steuerungsgrößen. Analog dazu wäre es im klinischen Kontext sinnvoll, geplante versus realisierte OP-Zeiten, interne Liegedauern und Notfallreaktionszeiten systematisch zu dokumentieren und regelmäßig auszuwerten. Auch Prinzipien wie „Just-in-time“-Management im OP-Betrieb oder Lean-Methoden zur Vermeidung von Verzögerungen könnten adaptiert werden, um den innerklinischen Workflow robuster und effizienter zu gestalten.

Insgesamt zeigt sich, dass der Erfolg der Kooperation nicht allein von der Überwindung geografischer Distanzen abhängt, sondern maßgeblich von der Durchlässigkeit und Reibungslosigkeit der Schnittstellen – sowohl extern (zwischen Kliniken) als auch intern (zwischen Stationen, OP, Intensivstation und Verwaltung). Die Ergebnisse verdeutlichen, dass im untersuchten Modell bereits ein hohes Maß an Effizienz und Struktur vorliegt, gleichzeitig aber auch Potenzial für gezielte Prozessoptimierung besteht. Die Etablierung eines systematischen Prozesscontrollings könnte dazu beitragen, Engpässe frühzeitig zu identifizieren und die Versorgung noch patientenzentrierter und wirtschaftlicher zu gestalten.

4.8 Prognostische Aussagekraft der Zeit bis zur Operation bei Notfallpatienten

1. Eingeschränkter prädiktiver Wert der Operationsverzögerung

Die ROC-Analyse zur Bewertung des Zusammenhangs zwischen der Zeitspanne von der Aufnahme bis zur Operation und der Krankenhausmortalität bei notfallverlegten Patientinnen und Patienten ergab eine AUC von 0.544. Dieser Wert liegt nur geringfügig über der Zufallsverteilung ($AUC = 0,5$) und zeigt damit eine sehr geringe Trennschärfe. Das bedeutet, dass die Verzögerung bis zur Operation für sich genommen keinen zuverlässigen Prädiktor für das Überleben im Krankenhaus darstellt.

Auch die Analyse der Sensitivitäts- und Spezifitätswerte entlang der ROC-Kurve bestätigt diese Einschätzung: Es konnte kein klinisch sinnvoller Schwellenwert identifiziert werden, der eine ausgewogene Balance zwischen Sensitivität und Spezifität ermöglicht. Die alleinige Betrachtung der Operationsverzögerung erweist sich somit als unzureichend für eine differenzierte Risikostratifizierung.

2. Interpretation im Kontext der klinischen Realität

Auf den ersten Blick scheint dieses Ergebnis im Widerspruch zu den zuvor beobachteten erheblichen Varianzen im Zeitraum zwischen Aufnahme und Operation zu stehen. Eine differenzierte Betrachtung ist jedoch notwendig: Auch wenn längere Verzögerungen aus prozessualer Sicht kritisch zu bewerten sind, bedeutet dies nicht automatisch, dass sie eine direkte prognostische Relevanz besitzen.

Die ROC-Analyse verdeutlicht, dass kein systematischer, linearer Zusammenhang zwischen der Dauer bis zur Operation und dem Überleben besteht. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür liegt im sogenannten „Confounding by indication“: Die Entscheidung über den Operationszeitpunkt wird klinisch getroffen. Instabilere Patientinnen und Patienten müssen häufig zunächst stabilisiert werden, bevor ein Eingriff möglich ist, während stabilere Patientinnen und Patienten oft früher operiert werden. Diese klinisch bedingte Selektion der Patientengruppen verwischt eine klare statistische Korrelation zwischen Operationsverzögerung und Mortalität – ein bekanntes Phänomen in retrospektiven Beobachtungsstudien [116].

3. Bedeutung für Risikostratifizierungsmodelle

Die Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit multifaktorieller Modelle für die Prognose von Behandlungsergebnissen. Die Zeit bis zur Operation sollte nicht isoliert betrachtet werden, sondern im Zusammenspiel mit weiteren Risikofaktoren wie hämodynamischer Instabilität, Begleiterkrankungen, ASA-Klassifikation und präoperativen Ereignissen wie Reanimation oder Schock. Erst durch die Kombination mehrerer klinischer Parameter lässt sich eine belastbare und aussagekräftige Risikostratifizierung erreichen.

Ein vergleichbares Problem tritt auch in der Unternehmenssteuerung auf: Würde beispielsweise die Lieferzeit allein als Qualitätsindikator herangezogen, ohne Kontextfaktoren wie Produktkomplexität, Umrüstzeiten oder die Qualität der Vorprodukte zu berücksichtigen, könnten Fehleinschätzungen entstehen. Der medizinische Kontext erfordert ebenso differenzierte, multifaktorielle Analysen zur Outcome-Prognose.

4.9 Vergleich mit Kooperationsmodellen aus anderen Branchen

Die erfolgreiche Implementierung und nachhaltige Wirkung des hier untersuchten Kooperationsmodells zwischen einem regionalen Krankenhaus und einem Maximalversorger in der herzchirurgischen Notfallversorgung lässt sich auch anhand von Beispielen aus anderen Branchen nachvollziehen. Besonders eindrucksvoll sind Erfahrungen aus der Industrie, die zeigen, wie stufenweise eingeführte und langfristig etablierte Kooperationen über große Distanzen hinweg zu hoher Effizienz, Prozesssicherheit und Qualität führen können.

Ein prominentes Beispiel hierfür ist das Toyota-Produktionssystem (TPS). Dieses in den 1950er-Jahren in Japan entwickelte System basiert auf einem mehrstufigen Kooperationsmodell zwischen einem zentralen Hersteller (OEM) und einem Netzwerk von Zulieferern mit unterschiedlichen Spezialisierungs- und Verantwortungsbereichen. In einem schrittweisen Prozess wurden zunächst standardisierte Kommunikationswege, Qualitätsanforderungen und logistische Schnittstellen etabliert. Im weiteren Verlauf wurden auch komplexe, zeitkritische Bauteile – wie Motoren oder Getriebekomponenten – in den gemeinsamen Produktionsfluss integriert. Durch das Just-in-Time- und Just-in-Sequence-Prinzip konnte eine hocheffiziente Fertigung mit minimaler Lagerhaltung, hoher

Produktqualität und niedrigen Fehlerraten realisiert werden – und das auch über geografisch weit entfernte Standorte hinweg. Entscheidend für den Erfolg war dabei weniger die räumliche Nähe der Partner als vielmehr die Etablierung klarer Prozessstrukturen, standardisierter Schnittstellen, einer gelebten Kommunikationskultur und hoher wechselseitiger Verlässlichkeit [126].

Ein weiteres Beispiel ist die modulare Zusammenarbeit in der Luftfahrtindustrie. Flugzeughersteller wie Airbus oder Boeing arbeiten mit einem Netzwerk spezialisierter Zulieferer (Tier-1- und Tier-2-Lieferanten), die komplette Baugruppen – wie Triebwerke, Avionik Systeme oder Kabinenausstattungen – entwickeln und liefern. Diese Kooperationsstrukturen sind über Jahre hinweg in einem stufenweisen Prozess gewachsen und beinhalten neben technischen Spezifikationen auch standardisierte Abläufe für Qualitätssicherung, Dokumentation und Lieferlogistik. Die geografische Verteilung der Produktionsstätten – oft über Länder- und Kontinentgrenzen hinweg – stellt dabei keinen limitierenden Faktor dar, solange organisatorische Schnittstellen, Kommunikationsprozesse und gegenseitige Qualitätsstandards klar definiert und konsequent eingehalten werden [127].

Ein drittes Beispiel bietet die pharmazeutische Industrie, insbesondere im Bereich der Entwicklung und Herstellung komplexer Biopharmazeutika. Große Pharmakonzerne wie Roche oder Pfizer arbeiten hier mit spezialisierten Auftragsforschungsinstituten (CROs) und Produktionspartnern (CMOs) zusammen. Diese Kooperationen durchlaufen typischerweise mehrere Stufen – von der initialen Projektphase über die gemeinsame Entwicklung (z. B. klinische Studien) bis hin zur Produktion und Markteinführung. Auch hier zeigt sich, dass der Erfolg weniger von der geografischen Nähe, sondern vielmehr von klaren Prozessen, definierten Zuständigkeiten, strenger Qualitätssicherung und effektiver Kommunikation abhängt [128].

Die Übertragung dieser Erkenntnisse auf den medizinischen Kontext verdeutlicht: In der Versorgung komplexer Notfallpatientinnen und -patienten ist nicht die geografische Distanz zwischen Zuweiser- und Zielklinik entscheidend, sondern vielmehr die Etablierung strukturierter Prozesse, klar definierter Kommunikationswege und standardisierter Schnittstellen. Das hier untersuchte Kooperationsmodell zeigt damit deutliche Parallelen zu bewährten Konzepten aus der Industrie und kann als Beispiel für eine erfolgreiche,

sektorübergreifende Zusammenarbeit dienen, die langfristig eine hohe Versorgungsqualität sicherstellt.

Die Ergebnisse dieser Arbeit stehen nicht nur im Einklang mit nationalen Erkenntnissen, sondern werden auch durch internationale Studien gestützt. Untersuchungen aus den USA, Großbritannien und Skandinavien belegen, dass strukturierte Überweisungs- und Kommunikationsprozesse einen wesentlichen Einfluss auf das Outcome von Notfallpatientinnen und -patienten haben – unabhängig von der geografischen Distanz zwischen Zuweiser- und Zielklinik [129]. Die in dieser Arbeit implementierten Maßnahmen – darunter Hotlines, telemetrische Befundübermittlung und regelmäßige Videokonferenzen – entsprechen internationalen Empfehlungen und Best-Practice-Modellen. Ein gezielter Abgleich mit internationalen Leitlinien und Erfahrungswerten unterstreicht die Übertragbarkeit der eigenen Ergebnisse auf andere Gesundheitssysteme und stärkt die Aussagekraft dieser Arbeit. Besonders Erkenntnisse aus Ländern mit unterschiedlichen Versorgungsstrukturen und Transferdistanzen bieten wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung und Optimierung sektorenübergreifender Modelle.

Eine noch stärkere Einbindung internationaler Literatur könnte die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zusätzlich untermauern und die Relevanz des Kooperationsmodells im globalen Kontext weiter herausstellen.

4.10 Schlußfolgerung

Die vorliegende Arbeit untersucht erstmals systematisch, ob die geografische Entfernung zwischen Zuweiser- und Zielklinik einen prädiktiven Einfluss auf das klinische Outcome von Notfallpatientinnen und -patienten im Rahmen eines Interhospitaltransfers hat. Im Kontext eines sektorenübergreifenden Kooperationsprojekts zwischen dem Karl-Leisner-Klinikum Kleve/Kvelaer und dem Universitätsklinikum Düsseldorf wurden über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt 793 herzchirurgische Patientinnen und Patienten retrospektiv analysiert. Die Implementierung strukturierter Kommunikations- und Entscheidungswege – darunter eine rund um die Uhr erreichbare Hotline, telemetrische Befundübermittlung und regelmäßige Videokonferenzen – ermöglichte eine effiziente, standardisierte und patientenzentrierte Versorgung, unabhängig von der geografischen Distanz der beteiligten Kliniken.

Die Ergebnisse zeigen, dass die geografische Entfernung keinen eigenständigen negativen Einfluss auf das Überleben oder die Komplikationsraten der Patientinnen und Patienten hatte. Vielmehr waren die präoperative klinische Situation, die Stabilität des Patienten und der Zeitpunkt der Operation die entscheidenden Einflussfaktoren für das Outcome. Besonders bei Notfallpatientinnen und -patienten wurde deutlich, dass eine schnelle, strukturierte und interdisziplinär abgestimmte Versorgung essenziell für das Überleben ist. Die Operationsdauer blieb über alle Dringlichkeitsgruppen hinweg konstant, was auf hoch standardisierte chirurgische Abläufe und eine ausgeprägte Prozesssicherheit hindeutet.

Die Analyse der Fallzahlen und Eingriffsdringlichkeiten über den Beobachtungszeitraum verdeutlicht die Belastbarkeit und Flexibilität des Kooperationsmodells. Selbst unter den Bedingungen extremer Belastungen wie der COVID-19-Pandemie konnte die Versorgung von Notfallpatientinnen und -patienten auf konstant hohem Niveau aufrechterhalten werden, während elektive Eingriffe pandemiebedingt zurückgingen. Die kontinuierlich hohe Rate an dringlichen und Notfalloperationen bestätigt, dass das Transfersystem insbesondere für zeitkritische kardiochirurgische Patientinnen – und patienten geeignet ist und flexibel auf veränderte Rahmenbedingungen reagieren kann.

Ein zentrales Ergebnis der Arbeit ist: Nicht die geografische Distanz, sondern die Qualität der sektorenübergreifenden Zusammenarbeit, die Prozessklarheit und die Verlässlichkeit der Kommunikationswege sind maßgeblich für das Behandlungsergebnis. Die Parallele zu industriellen Kooperationsmodellen, in denen standardisierte Schnittstellen und klar definierte Kommunikationsstrukturen den Erfolg über große Distanzen hinweg ermöglichen, unterstreicht die Übertragbarkeit dieses Ansatzes auf die medizinische Versorgung. Das hier untersuchte Kooperationsmodell zeigt, dass durch die konsequente Implementierung digital unterstützter Entscheidungswege, telemedizinischer Datenübermittlung und klarer Verantwortlichkeiten eine hochwertige Versorgung auch über größere Distanzen hinweg realisiert werden kann.

Die Einbindung internationaler Literatur stützt die Ergebnisse dieser Arbeit. Studien aus den USA, Großbritannien und Skandinavien zeigen, dass strukturierte Überweisungs- und Kommunikationsprozesse entscheidend für das Outcome von Notfallpatientinnen und -patienten sind – unabhängig von der geografischen Entfernung. Die in dieser Arbeit etablierten Maßnahmen entsprechen internationalen Empfehlungen und Best-Practice-Modellen und können dazu beitragen, die Generalisierbarkeit der Ergebnisse weiter zu

stärken sowie wertvolle Impulse für die Weiterentwicklung sektorenübergreifender Versorgungsmodelle zu liefern.

Die Limitationen der vorliegenden Untersuchung dürfen dabei nicht unerwähnt bleiben: Das retrospektive Design und die Auswertung als Single-Center-Analyse schränken die Aussagekraft und externe Validität der Ergebnisse ein. Mögliche Verzerrungen, wie fehlende Randomisierung, potenzieller Selektionsbias und eine eingeschränkte Übertragbarkeit auf andere Regionen oder Krankenhausstrukturen, müssen berücksichtigt werden. Zudem kann aufgrund der retrospektiven Datenerhebung nicht ausgeschlossen werden, dass relevante Einflussfaktoren unvollständig erfasst wurden. Für die zukünftige Forschung sind multizentrische, prospektive Studien mit größeren Fallzahlen wünschenswert, um die Robustheit und Übertragbarkeit der Ergebnisse weiter zu prüfen und das Verständnis für die Einflussfaktoren beim Interhospitaltransfer von Notfallpatientinnen und -patienten zu vertiefen.

Besonders auffällig war, dass Patientinnen und Patienten mit notfallmäßiger Verlegung eine signifikant höhere Krankenhausmortalität und schlechtere 90-Tage-Überlebensrate aufwiesen – unabhängig von Alter, Geschlecht oder Transportdauer. Auch die Zeitspanne zwischen Aufnahme und Operation zeigte keinen relevanten prädiktiven Wert für das Outcome, was auf eine klinisch getriebene Entscheidungsfindung mit variabler Stabilisierung hindeutet.

Diese Ergebnisse betonen die Notwendigkeit einer risikoadaptierten präoperativen Einschätzung, klar strukturierter intraklinischer Prozesse sowie einer frühzeitigen Allokation intensivmedizinischer Ressourcen für akut instabile Patientinnen und -Patienten. Die geografische Distanz allein stellt in modernen Versorgungsstrukturen keinen limitierenden Faktor dar, sofern die intersektorale Koordination und die klinischen Abläufe standardisiert und effizient gestaltet sind.

Zusammenfassend zeigt die vorliegende Studie, dass eine sektorenübergreifende, interdisziplinäre und patientenzentrierte Versorgung auch über größere geografische Distanzen hinweg erfolgreich umgesetzt werden kann, wenn Prozess- und Kommunikationsqualität gewährleistet sind. Die geografische Entfernung stellt unter diesen Bedingungen keinen limitierenden Prognosefaktor für das klinische Outcome dar. Das vorgestellte Kooperationsmodell besitzt daher Vorbildcharakter für die zukünftige

Gestaltung regionaler und überregionaler Versorgungsstrukturen in der Herzchirurgie und kann als Best-Practice-Beispiel für andere Fachdisziplinen und Regionen dienen.

Für die zukünftige Versorgungsplanung ergibt sich daraus ein klares Signal: Regionale Netzwerke mit spezialisierten Zentren, klar geregelten Zuständigkeiten und gemeinsamen Qualitätsstandards dürfen kein Ausnahmefall mehr sein, sondern müssen zum Standard werden – sowohl aus medizinischer als auch aus ökonomischer Perspektive. Das untersuchte Kooperationsmodell kann hier als Blaupause dienen.

4.11 Limitation der Studie

Trotz der klinischen Relevanz und des umfangreichen Datensatzes weist die vorliegende Untersuchung mehrere Limitationen auf:

1. **Retrospektives Studiendesign:** Als retrospektive Beobachtungsstudie unterliegt die Arbeit inhärenten Verzerrungsrisiken wie „Confounding by indication“ und selektionsbedingter Bias. Kausale Schlußfolgerungen können daher nur eingeschränkt gezogen werden.
2. **Monozentrischer Ansatz:** Die Ergebnisse basieren auf einem regionalen Versorgungsnetz zwischen zwei zuweisenden Häusern und einer universitären Zielklinik. Eine Generalisierbarkeit auf andere Versorgungsstrukturen oder internationale Kontexte ist daher nur bedingt möglich.
3. **Inhomogene Dokumentation und Nachverfolgung:** Trotz intensiver Follow-up-Bemühungen konnten nicht alle Patientinnen und Patienten lückenlos nachverfolgt werden. Ein Teil der Daten zur 30-Tage-Mortalität basiert auf telefonischen oder externen Rückmeldungen, was zu Informationsverzerrungen führen kann.
4. **Keine multivariable Adjustierung:** Die Analyse erfolgte primär deskriptiv und univariat. Eine multivariate Regressionsanalyse zur Berücksichtigung potenzieller Interaktionen zwischen Risikofaktoren wurde nicht durchgeführt, wodurch mögliche Überlagerungseffekte unberücksichtigt bleiben.
5. **Begrenzte Aussagekraft einzelner Parameter:** Die ROC-Analyse zur Operationsverzögerung zeigt eine geringe Trennschärfe, deren Interpretation durch klinisch begründete Zeitsteuerung und fehlende Standardisierungen limitiert ist.

Diese Limitationen sollten bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Dennoch liefert die Arbeit wichtige Hinweise auf relevante prognostische Faktoren und strukturelle Verbesserungsmöglichkeiten im interhospitalen Versorgungsprozess herzchirurgischer Notfallpatientinnen und -patienten.

5 Literaturverzeichnis

1. (Destatis), S.B. *Pflege – Statistiken zur Pflege in Deutschland*. 2024 [28. Mai 2025]; Available from: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Pflege/_inhalt.html.
2. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, H.-u.G.D.u.D.G.f.K.H.-u.K.D., *Deutscher Herzbericht 2024 – Dossier Fakten & Highlights*. 2024: Berlin.
3. (BMG), B.f.G., *Gesundheit und Wohlergehen für alle nachhaltig fördern – Bericht 2024*. 2024: Berlin.
4. Statistisches, B., *Bevölkerungsentwicklung in Deutschland und im Kreis Kleve – Statistische Analysen und Studien*. 2023, Statistisches Bundesamt (Destatis): Wiesbaden.
5. Stephani, V., A. Geissler, and R. Busse, *Kooperation und Integration von Krankenhäusern*, in *Kooperation und Integration – das unvollendete Projekt des Gesundheitssystems*. 2017. p. 215-230.
6. Bundesregierung, *Bericht der Bundesregierung zur Zwischenbilanz zur Umsetzung der Maßnahmen der Politik für gleichwertige Lebensverhältnisse in der 19. Legislaturperiode*. orca affairs. 2019.
7. Sydow, A., *Zum Nutzen von Rehabilitationsnetzwerken – Netzwerkevaluation aus betriebswirtschaftlicher Perspektive*; *Forum E, Beitrag E5-2015* unter www.reha-recht.de. 2015.
8. Deutsche Gesellschaft für Thorax, H.-u.G., *Stellungnahme der DGTHG zur Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung (PpUGV)*. 2018, Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG): Berlin.
9. Johnson, T.J., et al., *Rural-urban disparities in baseline health factors and procedure outcomes for cardiac surgery patients*. *Journal of the American Heart Association*, 2022. **11**(3): p. e024617.
10. Manteufel, A., G. Schiepek, and M. Reicherts, *Systeme spielen: Selbstorganisation und Kompetenzentwicklung in sozialen Systemen*. 1998: Vandenhoeck & Ruprecht.
11. Gass, G. and M. Visarius, *Mehr Kooperation im Gesundheitswesen wagen!*, in *Das Gesundheitswesen und seine volkswirtschaftliche Bedeutung*, M. Ebersoll, et al., Editors. 2022, Springer Fachmedien Wiesbaden: Wiesbaden. p. 91-111.
12. Schwartz, F.W., et al., *Ziele und Strategien der Gesundheitspolitik*, in *Public Health*. 2012, Elsevier. p. 243-257.
13. Kröger, F. and A. Hendrichke, *Kooperation im Gesundheitswesen*. *PiD - Psychotherapie im Dialog*, 2002. **3**(1): p. 13-20.
14. Salfeld, R., S. Hehner, and R.C. Wichels, *Modernes Krankenhausmanagement: Konzepte und Lösungen*. 2010: Springer Science & Business Media.
15. Steffen, P. and M. Offermanns, *Erfolgskritische Faktoren von Krankenhausfusionen*. *Forschungsgutachten im Auftrag der Schubert Unternehmensgruppe und der Bank für Sozialwirtschaft*. Deutsches Krankenhausinstitut, 2011.
16. Amelung, V.E., J. Sydow, and A. Windeler, *Vernetzung im Gesundheitswesen: Wettbewerb und Kooperation*. 2009: W. Kohlhammer Verlag.

17. Christopher, M., *Logistics & Supply Chain Management*. 2016, Harlow: Pearson Education Limited.
18. (DKG), D.K., *Stellungnahme zum Regierungsentwurf eines Gesetzes zur Verbesserung der Versorgungsqualität im Krankenhaus und zur Reform der Vergütungsstrukturen (Krankenhausversorgungsverbesserungsgesetz – KHVVVG)*. 2024.
19. Buchner, V.A., V. Hinz, and J. Schreyogg, *Cooperation for a competitive position: The impact of hospital cooperation behavior on organizational performance*. Health Care Manage Rev, 2015. **40**(3): p. 214-24.
20. Wang, B.B., et al., *Managed care, vertical integration strategies and hospital performance*. Health Care Manag Sci, 2001. **4**(3): p. 181-91.
21. Behar, B.I., *Horizontale Verbundstrukturen im deutschen Krankenhausmarkt*. 2009: Springer.
22. Dieffenbach, S., *Kooperation in der Gesundheitsversorgung: Das Projekt» VerKet «*. Luchterhand, Neuwied, 2002.
23. Porter, M.E. and E.O. Teisberg, *Redefining health care: creating value-based competition on results*. 2006: Harvard business press.
24. Universitätsmedizin, R., *Kooperation zwischen Unimedizin und HELIOS erfolgreich gestartet*. 2016.
25. Braun, G.E., *Innovative Versorgungsformen im Gesundheitswesen: Konzepte und Praxisbeispiele erfolgreicher Finanzierung und Vergütung*. 2009: Deutscher Ärzteverlag.
26. Jia, H., H. Hilafu, and B. Bichescu, *Hospital-Physician Integration and Cardiac Surgery Outcomes: A U-Shaped Relationship?* Production and Operations Management, 2024. **33**(3): p. 645-662.
27. Caffrey, M., *Vertical Integration in Cardiology Brings Less Value, Analysis Finds*. The American Journal of Managed Care, 2024.
28. Stephani, V., A. Geissler, and R. Busse, *Kooperation und Integration von Krankenhäusern: Potentiale für disruptive Innovationen?* Kooperation und Integration–das unvollendete Projekt des Gesundheitssystems, 2017: p. 215-230.
29. Klemann, A., *Management sektorübergreifender Kooperationen: Implikationen und Gestaltungsempfehlungen für erfolgreiche Kooperationen an der Schnittstelle von Akutversorgung und medizinischer Rehabilitation*. 2007: Wikom-Verlag.
30. Robinson, D.A., et al., *Interactive translational research model and cadaveric simulation: where minimally invasive cardiac surgery and industry meet*. Ann Transl Med, 2018. **6**(15): p. 314.
31. Andree, F., G. Baum, and A. Bodemar, *Krankenhausmanagement mit Zukunft: Orientierungswissen und Anregungen von Experten*. 2011: Georg Thieme Verlag.
32. Peukert, J. and P. Letzgus, *Gutachten zur Medizinstrategie*. 2023, Lohfert & Lohfert AG.
33. Audebert, H.J., et al., *Long-term effects of specialized stroke care with telemedicine support in community hospitals on behalf of the Telemedical Project for Integrative Stroke Care (TEMPiS)*. Stroke, 2009. **40**(3): p. 902-8.
34. Ministerium für Arbeit, G.u.S.d.L.N.-W., *Krankenhausplan Nordrhein-Westfalen 2022*. 2022, MAGS NRW.

35. Stephani, V., R. Busse, and A. Geissler, *Benchmarking der Krankenhaus-IT: Deutschland im internationalen Vergleich*. Krankenhaus-Report 2019: Das digitale Krankenhaus, 2019: p. 17-32.
36. DIN, *Rettungsdienst Normen. 4. Aufl., Stand der abgedr. Normen: September 2012 ed. DIN-Taschenbuch 257. Vol. 257*. 2013.
37. Staufer, A. and D. Mittelhammer, *Der Verlegungsarzt in Bayern*. Notfall+ Rettungsmedizin, 2011. **14**(4): p. 291-296.
38. Hiller, B., *Die Verlegung intensivbehandlungspflichtiger Patienten*. Notarzt, 2010. **26**(04): p. 145-149.
39. Aurbek, N., et al., *Notfallmedizin*, J. Scholz, et al., Editors. 2013, Georg Thieme Verlag KG: Stuttgart.
40. Gräsner, J.T., et al., *Interhospitaltransfer–Indikationen, Ablauf und Organisation*. AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie, 2008. **43**(02): p. 122-129.
41. Reifferscheid, F., J.-T. Gräsner, and J. Höcker, *Interhospitaltransfer–Planung und Vorbereitung von Intensivtransporten/-verlegungen*. AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie, 2013. **48**(05): p. 352-356.
42. Schlechtriemen, T., et al., *Empfehlung der BAND zum arztbegleiteten Interhospitaltransport*. Notarzt, 2003. **19**(06): p. 215-219.
43. Murshed, I., et al., *Surgical inter-hospital transfers: life saver or resource drainer?* ANZ J Surg, 2022. **92**(6): p. 1300-1301.
44. Chan, J.C., et al., *“Nobody told me”: communication issues affecting Australian cardiothoracic surgery patients*. The Annals of thoracic surgery, 2019. **108**(6): p. 1801-1806.
45. Badal, B.D., et al., *Predictors of hospital transfer and associated risks of mortality in acute pancreatitis*. Pancreatology, 2021. **21**(1): p. 25-30.
46. Lawless, A.M., et al., *Time to surgery and transfer-associated mortality for hip fractures in Western Australia*. ANZ J Surg, 2020. **90**(9): p. 1750-1753.
47. Iwashyna, T.J., et al., *Interhospital transfers among Medicare beneficiaries admitted for acute myocardial infarction at nonrevascularization hospitals*. Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes, 2010. **3**(5): p. 468-475.
48. Bosk, E.A., T. Veinot, and T.J. Iwashyna, *Which patients and where: a qualitative study of patient transfers from community hospitals*. Medical care, 2011. **49**(6): p. 592-598.
49. Sokol-Hessner, L., et al., *Interhospital transfer patients discharged by academic hospitalists and general internists: Characteristics and outcomes*. J Hosp Med, 2016. **11**(4): p. 245-50.
50. Gupta, K. and S.K. Mueller, *Interhospital transfers: The need for standards*. J Hosp Med, 2015. **10**(6): p. 415-7.
51. Iwashyna, T.J., *The incomplete infrastructure for interhospital patient transfer*. Crit Care Med, 2012. **40**(8): p. 2470-8.
52. Mueller, S.K., et al., *Rates, Predictors and Variability of Interhospital Transfers: A National Evaluation*. J Hosp Med, 2017. **12**(6): p. 435-442.

53. Committee, G., A.C.o.C.C. Medicine, and S.o.C.C. Medicine, *the Transfer Guidelines Task Force Guidelines for the transfer of critically ill patients*. Am J Crit Care, 1993. **2**: p. 189-195.
54. Iwashyna, T.J., et al., *The structure of critical care transfer networks*. Medical care, 2009. **47**(7): p. 787-793.
55. Rush, B., et al., *Outcomes of Ventilated Patients With Sepsis Who Undergo Interhospital Transfer: A Nationwide Linked Analysis*. Crit Care Med, 2018. **46**(1): p. e81-e86.
56. Hernandez-Boussard, T., et al., *Interhospital Facility Transfers in the United States: A Nationwide Outcomes Study*. J Patient Saf, 2017. **13**(4): p. 187-191.
57. Tseng, Y.H., et al., *Does Interhospital Transfer Influence the Outcomes of Patients Receiving Surgery for Acute Type A Aortic Dissection? Type A Aortic Dissection: Is Transfer Hazardous or Beneficial?* Emerg Med Int, 2019. **2019**: p. 5692083.
58. Stone, C.K., et al., *Interhospital transfer of cardiac patients: does air transport make a difference?* Air Medical Journal, 1994. **13**(5): p. 159-162.
59. Sanaiha, Y., et al., *Impact of interhospital transfer on clinical outcomes and resource use after cardiac operations: Insights from a national cohort*. Surgery, 2020. **168**(5): p. 876-881.
60. Murshed, I., et al., *Surgical interhospital transfer mortality: national analysis*. Br J Surg, 2023. **110**(5): p. 591-598.
61. Mueller, S.K., et al., *Interhospital Transfer and Receipt of Specialty Procedures*. J Hosp Med, 2018. **13**(6): p. 383-387.
62. Lu, D.Y., et al., *Impact of hospital transfer to hubs on outcomes of cardiogenic shock in the real world*. Eur J Heart Fail, 2021. **23**(11): p. 1927-1937.
63. Gill, A., et al., *Impact of transfer status on coronary artery bypass graft surgery outcomes*. European Heart Journal, 2022. **43**(Supplement_2): p. 2549-2549.
64. Gillen, C. and A. Goyal, *Stable Angina*, in *StatPearls*. 2024, StatPearls Publishing: Treasure Island (FL).
65. Campeau, L., *Letter: Grading of angina pectoris*. Circulation, 1976. **54**(3): p. 522-3.
66. Byrne, R.A., et al., *2023 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes*. Eur Heart J, 2023. **44**(38): p. 3720-3826.
67. NVL Chronische KHK, V., <https://www.leitlinien.de/themen/khk/version-6>. 2019.
68. Gosswald, A., et al., *[Prevalence of myocardial infarction and coronary heart disease in adults aged 40-79 years in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1)]*. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz, 2013. **56**(5-6): p. 650-5.
69. Statistisches, B., *Todesursachen nach Krankheitsarten*. 2025, Statistisches Bundesamt: Wiesbaden.
70. World Health, O., *The top 10 causes of death*. 2020.
71. Visseren, F.L.J., et al., *2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12*

medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). European Heart Journal, 2021. 42(34): p. 3227-3337.

72. Ference, B.A., et al., *Low-density lipoproteins cause atherosclerotic cardiovascular disease. 1. Evidence from genetic, epidemiologic, and clinical studies. A consensus statement from the European Atherosclerosis Society Consensus Panel.* Eur Heart J, 2017. **38**(32): p. 2459-2472.
73. Doll, R., et al., *Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors.* Bmj, 2004. **328**(7455): p. 1519.
74. Prescott, E., et al., *Smoking and risk of myocardial infarction in women and men: longitudinal population study.* Bmj, 1998. **316**(7137): p. 1043.
75. Huxley, R.R. and M. Woodward, *Cigarette smoking as a risk factor for coronary heart disease in women compared with men: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies.* The Lancet, 2011. **378**(9799): p. 1297-1305.
76. Critchley, J.A. and S. Capewell, *Mortality risk reduction associated with smoking cessation in patients with coronary heart disease: a systematic review.* JAMA, 2003. **290**(1): p. 86-97.
77. Lim, S.S., et al., *A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010.* Lancet, 2012. **380**(9859): p. 2224-60.
78. Collaboration, E.R.F., *Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: a collaborative meta-analysis of 102 prospective studies.* The lancet, 2010. **375**(9733): p. 2215-2222.
79. Peters, S.A., R.R. Huxley, and M. Woodward, *Diabetes as a risk factor for stroke in women compared with men: a systematic review and meta-analysis of 64 cohorts, including 775 385 individuals and 12 539 strokes.* The Lancet, 2014. **383**(9933): p. 1973-1980.
80. Abarca-Gómez, L., et al., *NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults.* Lancet, 2017. **390**(10113): p. 2627.
81. Di Angelantonio, E., et al., *Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents.* The lancet, 2016. **388**(10046): p. 776-786.
82. Aune, D., et al., *BMI and all cause mortality: systematic review and non-linear dose-response meta-analysis of 230 cohort studies with 3.74 million deaths among 30.3 million participants.* bmj, 2016. **353**.
83. Ahmad, M., et al., *Percutaneous coronary intervention.* 2020.
84. Keeley, E.C., J.A. Boura, and C.L. Grines, *Primary angioplasty versus intravenous thrombolytic therapy for acute myocardial infarction: a quantitative review of 23 randomised trials.* Lancet, 2003. **361**(9351): p. 13-20.
85. Andersen, H.R., et al., *Danish multicenter randomized study on fibrinolytic therapy versus acute coronary angioplasty in acute myocardial infarction: rationale and design of the DANish trial in Acute Myocardial Infarction-2 (DANAMI-2).* Am Heart J, 2003. **146**(2): p. 234-41.

86. Levine, G.N., et al., *2015 ACC/AHA/SCAI focused update on primary percutaneous coronary intervention for patients with ST-elevation myocardial infarction: an update of the 2011 ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention and the 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions*. Circulation, 2016. **133**(11): p. 1135-1147.
87. Yusuf, S., et al., *Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-year results from randomised trials by the Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialists Collaboration*. Lancet, 1994. **344**(8922): p. 563-70.
88. Windecker, S., et al., *Revascularisation versus medical treatment in patients with stable coronary artery disease: network meta-analysis*. BMJ, 2014. **348**: p. g3859.
89. Jeremias, A., et al., *The impact of revascularization on mortality in patients with nonacute coronary artery disease*. Am J Med, 2009. **122**(2): p. 152-61.
90. Neumann, F., et al., *2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization (vol 40, pg 87, 2019)*. EUROPEAN HEART JOURNAL, 2019. **40**(37): p. 3096-3096.
91. Nashef SA, R.F., Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, Lockowandt U, *EuroSCORE II*. Eur J Cardiothorac Surg, 2012. **41**: p. 734-744.
92. Shahian, D.M., et al., *The Society of Thoracic Surgeons 2008 cardiac surgery risk models: part 1--coronary artery bypass grafting surgery*. Ann Thorac Surg, 2009. **88**(1 Suppl): p. S2-22.
93. Sianos, G., et al., *The SYNTAX Score: an angiographic tool grading the complexity of coronary artery disease*. EuroIntervention, 2005. **1**(2): p. 219-27.
94. Harskamp, R.E., et al., *Standardizing definitions for hybrid coronary revascularization*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014. **147**(2): p. 556-60.
95. Vahanian, A., et al., *2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease*. Eur Heart J, 2022. **43**(7): p. 561-632.
96. Agricola, E., et al., *The structural heart disease interventional imager rationale, skills and training: a position paper of the European Association of Cardiovascular Imaging*. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2021. **22**(5): p. 471-479.
97. Carroll, J.D., et al., *STS-ACC TVT registry of transcatheter aortic valve replacement*. Journal of the American College of Cardiology, 2020. **76**(21): p. 2492-2516.
98. Ramlawi, B., M. Ramchandani, and M.J. Reardon, *Surgical Approaches to Aortic Valve Replacement and Repair-Insights and Challenges*. Interv Cardiol, 2014. **9**(1): p. 32-36.
99. Benetti, F.J., et al., *Minimally invasive aortic valve replacement*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1997. **113**(4): p. 806-7.
100. Iung, B., et al., *Contemporary Presentation and Management of Valvular Heart Disease: The EURObservational Research Programme Valvular Heart Disease II Survey*. Circulation, 2019. **140**(14): p. 1156-1169.
101. Kaneko, T., et al., *Aortic regurgitation with markedly reduced left ventricular function is not a contraindication for aortic valve replacement*. The Annals of Thoracic Surgery, 2016. **102**(1): p. 41-47.

102. Fiedler, A.G., et al., *Aortic valve replacement associated with survival in severe regurgitation and low ejection fraction*. Heart, 2018. **104**(10): p. 835-840.
103. Klotz, S., et al., *Survival and reoperation pattern after 20 years of experience with aortic valve-sparing root replacement in patients with tricuspid and bicuspid valves*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2018. **155**(4): p. 1403-1411 e1.
104. Mazine, A., et al., *Ross Procedure vs Mechanical Aortic Valve Replacement in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis*. JAMA Cardiol, 2018. **3**(10): p. 978-987.
105. Cahill, T.J., et al., *Community prevalence, mechanisms and outcome of mitral or tricuspid regurgitation*. Heart, 2021. **107**(12): p. 1003-1009.
106. Jung, J.C., M.-J. Jang, and H.Y. Hwang, *Meta-analysis comparing mitral valve repair versus replacement for degenerative mitral regurgitation across all ages*. The American Journal of Cardiology, 2019. **123**(3): p. 446-453.
107. Goliasch, G., et al., *Refining the prognostic impact of functional mitral regurgitation in chronic heart failure*. Eur Heart J, 2018. **39**(1): p. 39-46.
108. Deja, M.A., et al., *Influence of mitral regurgitation repair on survival in the surgical treatment for ischemic heart failure trial*. Circulation, 2012. **125**(21): p. 2639-48.
109. Harmel, E.K., H. Reichenspurner, and E. Girdauskas, *Subannular reconstruction in secondary mitral regurgitation: a meta-analysis*. Heart, 2018. **104**(21): p. 1783-1790.
110. Wu, A.H., et al., *Impact of mitral valve annuloplasty on mortality risk in patients with mitral regurgitation and left ventricular systolic dysfunction*. J Am Coll Cardiol, 2005. **45**(3): p. 381-7.
111. Bishop, M.A. and K. Borsody, *Mitral Commissurotomy*. 2020.
112. Badheka, A.O., et al., *Balloon mitral valvuloplasty in the United States: a 13-year perspective*. Am J Med, 2014. **127**(11): p. 1126 e1-1126 e12.
113. Gerber, M.A., et al., *Prevention of rheumatic fever and diagnosis and treatment of acute Streptococcal pharyngitis: a scientific statement from the American Heart Association Rheumatic Fever, Endocarditis, and Kawasaki Disease Committee of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, the Interdisciplinary Council on Functional Genomics and Translational Biology, and the Interdisciplinary Council on Quality of Care and Outcomes Research: endorsed by the American Academy of Pediatrics*. Circulation, 2009. **119**(11): p. 1541-51.
114. Mohr, F.W., et al., *Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial*. Lancet, 2013. **381**(9867): p. 629-38.
115. Lawton, J.S., et al., *2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines*. Circulation, 2022. **145**(3): p. e18-e114.
116. Lee, C., et al., *Building and Optimizing the Interdisciplinary Heart Team*. J Soc Cardiovasc Angiogr Interv, 2023. **2**(6Part A): p. 101067.
117. Patel, M.R., et al., *ACCF/SCAI/STS/AATS/AHA/ASNC/HFSA/SCCT 2012 Appropriate use criteria for coronary revascularization focused update: a report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Thoracic Surgeons, American*

Association for Thoracic Surgery, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, and the Society of Cardiovascular Computed Tomography. J Am Coll Cardiol, 2012. **59**(9): p. 857-81.

118. Otto, C.M., et al., *2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol*, 2021. **77**(4): p. e25-e197.
119. Levine, G.N., et al., *2011 ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. Journal of the American College of Cardiology*, 2011. **58**(24): p. e44-e122.
120. Feit, F., et al., *Long-term clinical outcome in the Bypass Angioplasty Revascularization Investigation Registry: comparison with the randomized trial. BARI Investigators. Circulation*, 2000. **101**(24): p. 2795-802.
121. Patterson, T., et al., *Long-Term Outcomes Following Heart Team Revascularization Recommendations in Complex Coronary Artery Disease. J Am Heart Assoc*, 2019. **8**(8): p. e011279.
122. Hawkins, R.B., et al., *Travel distance and regional access to cardiac valve surgery. J Card Surg*, 2019. **34**(10): p. 1044-1048.
123. Beller, J.P., et al., *Impact of transfer status on real-world outcomes in nonelective cardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020. **159**(2): p. 540-550.
124. Ohki, Y., et al., *Regional medical inter-institutional cooperation in medical provider network constructed using patient claims data from Japan. PLoS One*, 2022. **17**(8): p. e0266211.
125. Barrenho, E. and et al., *International comparisons of the quality and outcomes of integrated care: Findings of the OECD pilot on stroke and chronic heart failure, in OECD Health Working Papers*. 2022, OECD Publishing: Paris.
126. Ohno, T., *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. 1988, Portland: Productivity Press.
127. Pompl, W., *Luftverkehr: Eine ökonomische und politische Einführung*. 1998, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
128. Pisano, G.P., *Science Business: The Promise, the Reality, and the Future of Biotech*. 2006, Boston: Harvard Business School Press.
129. Hadaya, J., et al., *Impact of hospital volume on resource use after elective cardiac surgery: A contemporary analysis. Surgery*, 2021. **170**(3): p. 682-688.

6 Anhang

6.1 Abbildungen

Abb. 1: Determinanten des Kooperationserfolgs	3
Abb. 2: Kooperationsbereiche und Ebenen im Krankenhaussektor	5
Abb. 3: Abgestuftes integriertes Versorgungskonzept.	10
Abb. 4: Eine konzeptionelle Illustration zeigt ein zentrales Universitätsklinikum (Maximalversorger) als Knotenpunkt	13
Abb. 5: Verlegungsarten im Interhospitaltransport.	13
Abb. 6: Todesursachen nach Krankheitsarten (Statistisches Bundesamt 2025).....	18
Abb. 7: HT und patientenzentrierte gemeinsame Entscheidungsfindung	25
Abb. 8: Kaplan-Meier-Überlebenskurve nach Aufnahmeart bis (90 Tage postoperativ)..	40
Abb. 9: Zeitdauern bei der dringlichen Verlegung von Patienten (n=379).	41
Abb. 10: Zeitdauern bei der dringlichen Verlegung von Patienten (n=379).	42
Abb. 11: Kurve zurzeit zwischen Aufnahme und Operationsbeginn sowie zur Krankenhausmortalität bei als Notfälle verlegten Patienten.	44
Abb. 12: Anzahl operierte Patienten pro Jahr für alle Angriffe	45
Abb. 13: Anzahl operierte Patienten nach Überweisungsart.....	46
Abb. 14: Anzahl operierte Patienten pro Jahr nach Eingriffsart	47
Abb. 15: Anzahl operierte Patienten nach Eingriffsart	48
Abb. 16: In Hospital Mortalität postoperativ	49
Abb. 17: Mortalität nach Überweisungsart	50
Abb. 18: Sub-Analyse pro Quartal zwischen 2018 und 2019.....	51
Abb. 19: Sub-Analyse pro Quartal nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019	52
Abb. 20: Sub-Analyse pro Quartal nach Eingriffsart zwischen 2018 und 2019	53
Abb. 21: Anzahl operierte Patienten mit Bypass Operation	55
Abb. 22: Anzahl operierte Patienten mit Bypass Operation nach Überweisungsart.....	56
Abb. 23: In Hospital Mortalität postoperativ nach Bypass Operation	57
Abb. 24: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Bypass-OP zwischen 2018-2019...	59
Abb. 25: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Bypass Operation nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019	60
Abb. 26: Anzahl der Patienten nach Aortenklappenoperation	61
Abb. 27: Anzahl der Patienten nach Aortenklappen-OP nach Überweisungsart	62

Abb. 28: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Aortenklappenoperation zwischen 2018 und 2019.....	64
Abb. 29: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Aortenklappenoperation nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019.....	65
Abb. 30: Anzahl der Patienten nach Mitralklappenoperation	66
Abb. 31:Anzahl der Patienten nach Mitralklappenoperation nach Überweisungsart	67
Abb. 32: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Mitralklappenoperation zwischen 2018 und 2019.....	69
Abb. 33: Sub-Analyse pro Quartal für Patienten mit Mitralklappenoperation nach Überweisungsart zwischen 2018 und 2019.....	70

Danksagung:

Diese Arbeit wäre ohne die Unterstützung, das Vertrauen und die Begleitung vieler Menschen nicht möglich gewesen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. H. Dalyanoglu, der mir durch die freundliche Überlassung des Themas und die Möglichkeit, meine Dissertation an der Klinik für Herzchirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf anzufertigen, diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht hat. Für seine engagierte fachliche Betreuung, seine wertvollen Impulse sowie seine stets offene Tür für Fragen, Diskussionen und kritische Reflexionen danke ich ihm von Herzen.

Ebenso herzlich danke ich Frau Dr. E. Yilmaz und der gesamten Arbeitsgruppe von PD Dr. H. Dalyanoglu. Ihre Expertise, ihr Interesse an meinem Fortschritt und ihre konstruktive Unterstützung haben diese Arbeit maßgeblich geprägt und bereichert.

Mein tief empfundener Dank gilt außerdem meiner Familie, die mich auf meinem gesamten Weg mit unerschütterlicher Zuversicht, stetiger Motivation und bedingungsloser Unterstützung begleitet hat. In jeder Phase meiner Ausbildung war sie mein Rückhalt und meine Kraftquelle – diese Arbeit ist auch ein Ergebnis ihrer Liebe und Ermutigung.