

Aus der Klinik für Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie
des Deutschen Herzzentrums Berlin
Akademisches Lehrkrankenhaus der Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Vergleich der Kostenrelevanz im DRG-System des Apache II-, des SAPS II-, des
TISS-28-Scores und der IMKB zur Entwicklung eines optimierten Scores zur
Kostenvorhersage herzchirurgischer Fälle

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Michael Regitz
aus Köln

Datum der Promotion: 7. Dezember 2018

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	8
Abbildungsverzeichnis	10
Abkürzungsverzeichnis	11
1 Abstrakt	14
1.1 Zusammenfassung	14
1.2 Summary	15
2 Einleitung	16
2.1 Ziel der Dissertation	16
2.2 Scoring-Systeme	16
2.2.1 Therapeutic Intervention Scoring System (TISS)	17
2.2.2 Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (APACHE)	18
2.2.3 Simplified Acute Physiology Score (SAPS)	20
2.2.4 Intensivmedizinische Komplexbehandlung (IMKB)	23
2.3 Stand der Forschung	24
2.3.1 Art der Kostenermittlung	25
2.3.2 Betrachtung des stationären Aufenthaltes	26
2.3.3 Vergleich der Vorgehensweisen	26
2.3.4 Ergebnisse	26
2.4 Das G-DRG-System als Grundlage der Kostenkalkulation	27
2.4.1 Grundlage	27
2.4.2 Kostenverteilung nach dem Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK)-Standard	28
2.4.3 Systematik der G-DRG-Matrix	28
2.4.4 Ergebnis der Kostenkalkulation der G-DRG	30
2.5 Fragestellung der Dissertation	31

3 Methodik	32
3.1 Auswahl der Scores	32
3.1.1 Therapeutic Intervention Scoring System 28 (TISS-28)	32
3.1.2 Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II (APACHE II)	32
3.1.3 Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II)	32
3.1.4 Intensivmedizinische Komplexbehandlung (IMKB)	32
3.2 Patienten- und Fallauswahl	33
3.2.1 Klinische Leistungsgruppen (KLG)	33
3.2.2 Ausschluss von Fällen	35
3.3 Informationstechnik – Infrastruktur am DHZB zur Datenextraktion	37
3.3.1 Veterans Health Information Systems and Technology Architecture	38
3.3.2 Medicare und Medfolio	38
3.3.3 Sunrise Critical Care	39
3.3.4 Swisslab	39
3.3.5 Qlikview	39
3.3.6 Externe Datenquellen	39
3.4 Programmiertechnisches Vorgehen	41
3.4.1 Rohdaten	41
3.4.2 Berechnung der Scores	43
3.5 Anpassung der Kostendaten an die Preisentwicklung	45
3.5.1 Verbraucherpreisindex	45
3.5.2 Grundlohnrate	46
3.5.3 Orientierungswert	46
3.5.4 Entscheidung für einen Preissteigerungsindex	47
3.6 Statistische Methoden	48
3.6.1 Korrelationskoeffizient	48
3.6.2 Vorhersagegleichungen durch Regressionsmodelle	49
3.6.3 Chi-Quadrat-Test	49
3.7 Reduktion des ausgewählten Scores	49
3.8 Deskriptive Analyse der Stichprobe	50
3.8.1 Verteilung der Fälle über die Jahre 2008 bis 2015	50
3.8.2 Verteilung nach Geschlecht	51

3.8.3	Verteilung nach Liegetagen	52
3.8.4	Verteilung nach Fallart und Geschlecht	53
3.8.5	Verteilung nach Operationsart CABG und Herzklappen	54
3.8.6	Verteilung nach Operationsarten und Geschlecht	54
3.8.7	Analyse der Kostendaten	55
3.8.8	Analyse der TISS-28-Scores	59
4	Ergebnisse	62
4.1	Retrospektive Analysen zur Auswahl des Scores	62
4.1.1	Korrelationsanalyse der Scores und der Gesamtkosten	62
4.1.2	Korrelationsanalyse der Scores nach klinischen Leistungsgruppen	64
4.1.3	Korrelationsanalyse der Scores nach Geschlecht	67
4.1.4	Korrelationsanalyse der Scores nach Stationsart	69
4.1.5	Korrelationsanalyse der Scores nach Kostenart	71
4.1.6	Schlussfolgerung	73
4.2	Regressionsanalyse zur Prognose der Kostendaten	76
4.2.1	Kostenart „Gesamtkosten“ als abhängige Variable	76
4.2.2	Kostenart „Fixkosten“ als abhängige Variable	79
4.2.3	Kostenart „Variable Kosten“ als abhängige Variable	82
4.2.4	Kostenstelle „Intensivstation“ als abhängige Variable	85
4.2.5	Kostenstelle „Normalstation“ als abhängige Variable	87
4.2.6	Schlussfolgerung	90
4.3	Modellvalidierung für die Jahre 2014 und 2015 mit Daten aus den Jahren 2008 bis 2013	91
4.3.1	Kostenart „Gesamtkosten“ als abhängige Variable	91
4.3.2	Kostenart „Fixkosten“ als abhängige Variable	92
4.3.3	Kostenart „Variable Kosten“ als abhängige Variable	94
4.3.4	Kostenstelle „Intensivstation“ als abhängige Variable	95
4.3.5	Kosten der „Normalstation“ als abhängige Variable	97
4.3.6	Schlussfolgerung	98
4.4	Analyse der Daten zur Reduzierung der TISS-28-Parameter	99
4.5	Zusammenfassung	101

5 Diskussion	103
5.1 Scores	103
5.1.1 Nutzung von SAPS II und APACHE II als Verlaufsscore	103
5.1.2 Nichtberücksichtigung des Glasgow Coma Score (GCS)	103
5.1.3 Nutzung des TISS-28 zur Kostenkorrelation	104
5.1.4 Güte der Scores	105
5.1.5 Qualität der automatischen Berechnung der Scores	105
5.1.6 Nichtberücksichtigung von EureSCORE (ES) II	106
5.1.7 Ebenen der Korrelationsanalysen	107
5.2 Kostenrechnung	108
5.2.1 InEK-Systematik	108
5.2.2 Preissteigerung	108
5.3 Ergebnis	109
5.3.1 TISS-28 versus „Beatmung“	109
5.3.2 Modell 1 versus Modell 2	110
5.3.3 Übertragung der Ergebnisse auf andere herzchirurgische Kliniken .	110
Eidesstattliche Versicherung	I
Lebenslauf	II
Danksagung	III
Literaturverzeichnis	IV

Tabellenverzeichnis

2.1	Therapeutic Intervention Scoring System 28	19
2.2	APACHE II : „Age Point“ und „Acute Physiology Score“	20
2.3	APACHE II : „Chronic Health Score“	21
2.4	Simplified Acute Physiology Score II	22
2.5	Intensivmedizinische Komplexbehandlung – Anteil aus dem SAPS-II	23
2.6	Intensivmedizinische Komplexbehandlung – Chronische Leiden	23
2.7	Intensivmedizinische Komplexbehandlung – Alter des Patienten	24
2.8	Intensivmedizinische Komplexbehandlung – Anteil aus TISS-28	24
2.9	Forschungsstand: Themenkomplex Score und Kostenkorrelation	25
2.10	Forschungsstand: Vergleich der Vorgehensweisen der bisherigen Arbeiten	26
2.11	Forschungsstand: Ergebnisse	27
2.12	Umfang der Datenlieferungen an das InEK	28
2.13	InEK Kostenmatrix: Verteilungsschlüssel der Fallkosten	30
3.1	Klinische Leistungsgruppen	34
3.2	Anzahl der Fälle zur Korrelationsberechnung	36
3.3	Anzahl der Fälle zur prospektiven Überprüfung der Ergebnisse	37
3.4	Informationstechnik –Infrastruktur am Deutsches Herzzentrum Berlin (DHZB)	37
3.5	Auszug aus der ATC-Klassifikation für Medikamente	41
3.6	Rohdaten der Berechnungsjahre 2014 und 2015	42
3.7	Rohdaten der Berechnungsjahre 2008 bis 2013	43
3.8	Prozentuale Veränderung des Verbraucherpreisindex für stationäre Gesundheitsleistungen zum Vorjahr	46
3.9	Grundlohnrate 2008 bis 2015	46
3.10	Anpassung der Kostendaten an die Kostensteigerung	47
3.11	Einsatz verschiedener Korrelationskoeffizienten	48
3.12	Deskriptive Analyse: Verteilung der Häufigkeiten Geschlecht	51
3.13	Deskriptive Analyse: Verteilung der Häufigkeiten Geschlecht und Jahr	52
3.14	Deskriptive Analyse: Chi-Quadrat nach Geschlecht und Jahr	52
3.15	Deskriptive Analyse: Verteilung nach Liegetagen	52
3.16	Deskriptive Analyse: T-Test Gruppenstatistik	53

3.17 Deskriptive Analyse: T-Test für die Mittelwertgleichheit	53
3.18 Deskriptive Analyse: Verteilung nach Fallart	53
3.19 Deskriptive Analyse: Verteilung nach Fallart und Geschlecht	54
3.20 Deskriptive Analyse: Chi-Quadrat von Fallart und Geschlecht	54
3.21 Deskriptive Analyse: Häufigkeiten nach Operationsart CABG und Herzklappen	54
3.22 Deskriptive Analyse: Häufigkeiten nach Operationsart CABG und Geschlecht	55
3.23 Deskriptive Analyse: Chi-Quadrat der Operationsart CABG und Geschlecht	55
3.24 Deskriptive Analyse: Häufigkeiten nach Operationsart Herzklappe und Geschlecht	55
3.25 Deskriptive Analyse: Chi-Quadrat der Operationsart Herzklappe und Geschlecht	55
3.26 Deskriptive Analyse: Verteilung der Kosten nach Kostenstellen und -arten .	56
3.27 Deskriptive Analyse: Verteilung der TISS-28-Punkte	59
4.1 Konfidenzintervall der Gesamtkosten	63
4.2 Konfidenzintervall der Klinische Leistungsgruppen CABG	65
4.3 Konfidenzintervall der Klinische Leistungsgruppen Herzklappen	66
4.4 Konfidenzintervall der Klinische Leistungsgruppen CABG und Herzklappen	67
4.5 Konfidenzintervall der Männer	68
4.6 Konfidenzintervall der Frauen	69
4.7 Konfidenzintervall der Intensivstation	70
4.8 Konfidenzintervall der Normalstation	71
4.9 Konfidenzintervall der Fixkosten	72
4.10 Konfidenzintervall der Variable Kosten	73
4.11 Ergebnisse der retrospektiven Korrelationsanalysen	74
4.12 Ergebnisse der retrospektiven Konfidenzintervalle mit einem Konfidenzniveau von 95 %	75
4.13 Methoden der Regressionsanalyse der Gesamtkosten	77
4.14 Modellzusammenfassung Gesamtkosten als abhängige Variable	77
4.15 Varianzanalyse (ANOVA) (Gesamtkosten als abhängige Variable)	77
4.16 Koeffizient (Gesamtkosten als abhängige Variable)	78
4.17 Methoden der Regressionsanalyse der Fixkosten	79

4.18 Modellzusammenfassung Fixkosten als abhängige Variable	80
4.19 Varianzanalyse (ANOVA) (Fixkosten als abhängige Variable)	80
4.20 Koeffizient (Fixkosten als abhängige Variable)	80
4.21 Methoden der Regressionsanalyse der variablen Kosten	82
4.22 Modellzusammenfassung Variable Kosten als abhängige Variable	82
4.23 Varianzanalyse (ANOVA) (Variable Kosten als abhängige Variable)	83
4.24 Koeffizient (Variable Kosten als abhängige Variable)	83
4.25 Methoden der Regressionsanalyse der Kostenstelle Intensivstation	85
4.26 Modellzusammenfassung Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable	85
4.27 Varianzanalyse (ANOVA) (Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable)	86
4.28 Koeffizient (Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable)	86
4.29 Methoden der Regressionsanalyse der Kostenstelle Normalstation	88
4.30 Modellzusammenfassung Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable	88
4.31 Varianzanalyse (ANOVA) (Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable)	88
4.32 Koeffizient (Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable)	89
4.33 R^2 der Modelle 1 und 2 in allen fünf Modellvarianten	90
4.34 Modellvalidierung: Gesamtkostenvergleich auf 2014 und 2015 angewendet)	91
4.35 Modellvalidierung: Fixkosten auf 2014 und 2015 angewendet	93
4.36 Modellvalidierung: Variable Kosten auf 2014 und 2015 angewendet	94
4.37 Modellvalidierung: Kosten der Intensivstation auf 2014 und 2015 angewendet	96
4.38 Modellvalidierung: Kosten der Normalstation auf 2014 und 2015 angewendet)	97
4.39 Modellzusammenfassung TISS-28-Item „Beatmung“	99
4.40 Korrelationen der TISS-28-Parameter mit den Kostenarten	101
5.1 Glasgow Coma Score	104
5.2 Aufbau des EureSCORE II	106
5.3 Euroscore zur Kostenprognose	107
5.4 Korrelationsanalyse der zweiten Ebene	108

Abbildungsverzeichnis

2.1	G-DRG-Report-Browser 2016 für die G-DRG F03A	31
3.1	Algorithmus zur Berechnung der Klinischen Leistungsgruppen (KLG)	35
3.2	Auszug Kosten.CSV	40
3.3	Prozess der Datenextraktion, Score-Berechnung und statistische Auswertung	44
3.4	Methode zur Berechnung des Orientierungswertes	47
3.5	PubMed: Anzahl der Publikationen mit „Delphi“ und „Score“ im Abstract	50
3.6	Deskriptive Analyse: Verteilung der Behandlungsfälle über die Jahre	51
3.7	Deskriptive Analyse: Verteilung der Gesamtkosten	56
3.8	Deskriptive Analyse: Verteilung der Fixkosten	57
3.9	Deskriptive Analyse: Verteilung der Variablen Kosten	57
3.10	Deskriptive Analyse: Verteilung der Kosten der Intensivstation	58
3.11	Deskriptive Analyse: Verteilung der Kosten der Normalstation	58
3.12	Deskriptive Analyse: Verteilung der Kosten der restlichen Kostenstellen	59
3.13	Deskriptive Analyse: Verteilung der TISS-28-Punkte des gesamten Aufenthaltes	60
3.14	Deskriptive Analyse: Verteilung der TISS-28-Punkte der Intensivstation	60
3.15	Deskriptive Analyse: Verteilung der TISS-28-Punkte der Normalstation	61
4.1	Korrelationsanalysen: Blickwinkel	62
4.2	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten für alle Scores	63
4.3	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten der KLG CABG	65
4.4	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten der KLG Herzklappen	66
4.5	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten der Klinische Leistungsgruppen Coronary Artery Bypass Graft (CABG) und Herzklappen	67
4.6	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten für Männer	68
4.7	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten für Frauen	69
4.8	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten für die Intensivstation	70
4.9	Korrelationsanalyse der Gesamtkosten für die Normalstation	71
4.10	Korrelationsanalyse für die Fixkosten	72
4.11	Korrelationsanalyse für die variablen Kosten	73

4.12 Regression des standardisierten Residiums für die Gesamtkosten als abhängige Variable	78
4.13 Streuungsdiagramm für die Gesamtkosten als abhängige Variable	79
4.14 Regression des standardisierten Residiums für die Fixkosten als abhängige Variable	81
4.15 Streuungsdiagramm für die Fixkosten als abhängige Variable	81
4.16 Regression des standardisierten Residiums für die variablen Kosten als abhängige Variable	84
4.17 Streuungsdiagramm für die variablen Kosten als abhängige Variable	84
4.18 Regression des standardisierten Residiums für die Kosten der Intensivstationals abhängige Variable	87
4.19 Streuungsdiagramm für die Kosten der Intensivstation als abhängige Variable	87
4.20 Regression des standardisierten Residiums für die Kosten der Normalstation als abhängige Variable	89
4.21 Streuungsdiagramm für die Kosten der Normalstation als abhängige Variable	90
4.22 Residuen für die Gesamtkosten des Jahres 2014	92
4.23 Residuen für die Gesamtkosten des Jahres 2015	92
4.24 Residuen für die Fixkosten des Jahres 2014	93
4.25 Residuen für die Fixkosten des Jahres 2015	94
4.26 Residuen für die variablen Kosten des Jahres 2014	95
4.27 Residuen für die variablen Kosten des Jahres 2015	95
4.28 Residuen für die Kosten der Intensivstation des Jahres 2014	96
4.29 Residuen für die Kosten der Intensivstation des Jahres 2015	97
4.30 Residuen für die Kosten der Normalstation des Jahres 2014	98
4.31 Residuen für die Kosten der Normalstation des Jahres 2015	98
4.32 Histogramm für die standardisiertes Residuen für die Gesamtkosten als abhängige Variable	100
4.33 Residuen der Gesamtkosten und des TISS-28 Item „Beatmung“	100
5.1 Entwicklung der beatmungstriggerten G-DRG von 2003 bis 2017	109

Abkürzungsverzeichnis

ACS	Aristotle Complexity Score
ACVB	Aorto-Coronarer-Venen-Bypass
AHF	Angeborene Herzfehler
AICD	Automated Implantable Cardioverter-Defibrillator
ANOVA	Varianzanalyse
APACHE	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation
ATC	Anatomisch-Therapeutisch-Chemische Klassifikation
ADT	Admission, Transfer, Discharge
AUC	Area Under the Curve
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BI	Business Intelligence
CABG	Coronary Artery Bypass Graft
CAP	Cumulative Accuracy Profile
CSV	Comma Separated Values
DESTATIS	Statistisches Bundesamt
DGTHG	Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
DHM	Deutschen Herzzentrum München
DKHZ	Deutsches Kinderherzzentrum
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
DIVI	Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
DHZB	Deutsches Herzzentrum Berlin
ES	EureSCORE
ETL	Extract, Transform, Load
DF	Freiheitsgrad

FPV	Fallpauschalenverordnung
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GCS	Glasgow Coma Score
G-DRG	German Diagnosis Related Groups
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GPL	General Public License
HDZ NRW	Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen
HIS	Hannover Intensiv Score
HDWS	Heidelberg Intensive Ward Score
IABP	Intraaortale Ballonpumpe
ICD	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
ICP	Intracranial Pressure
ICU	Intensive Care Unit
IT	Informationstechnik
IMKB	Intensivmedizinische Komplexbehandlung
InEK	Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
KHEntgG	Krankenhausentgeltgesetz
KHG	Krankenhausfinanzierungsgesetz
KIS	Krankenhausinformationssystem
KLG	Klinische Leistungsgruppen
LIS	Laborinformationssystem
OPCAB	Off Pump Coronary Artery Bypass
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
PDMS	Patientendatenmanagementsystem
PKH	Paulinenkrankenhaus

MARIS	Marburger Intensiv Score
MDC	Major Diagnostic Category
MIDCAB	Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass
MIS	Management-Informationssysteme
M	Mittelwert
MUMPS	Massachusetts General Hospital Utility Multi Programming System
RMSE	Root Mean Square Error
ROC	Receiver Operating Characteristic
SAPS	Simplified Acute Physiology Score
SCC	Sunrise Critical Care
SD	Standardabweichung
SEM	Standardfehler
SGB V	Sozialgesetzbuch V
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation
TISS	Therapeutic Intervention Scoring System
VAX	Virtual Address eXtension
VIF	Varianzinflationsfaktor
VistA	Veterans Health Information Systems and Technology Architecture
ZVK	Zentraler Venen-Katheter

1 Abstrakt

1.1 Zusammenfassung

Der Kostendruck in Krankenhäusern nimmt stetig zu. Dies führt zu dem Wunsch der Krankenhäuser, die Kosten für die Behandlungsfälle frühzeitig zu kennen, um gegebenenfalls die vorhandenen Finanzmittel wirtschaftlich und medizinisch besser zu verteilen. Die Behandlungskosten von Patienten zeitnah zu ermitteln, ist schwierig. Der Goldstandard in Deutschland ist hierfür die InEK-Kostenkalkulation, nach der ein Krankenhaus nach einem deutschlandweit festgelegten Verfahren die Kosten für Behandlungsfälle ermittelt. Dies ist jedoch ein retrospektives Verfahren, mit dem die Vorjahreskosten berechnet werden. Dieses Verfahren eignet sich daher nicht, um kurzfristige Kostenentwicklungen zu erkennen und darauf reagieren zu können.

Somit ergaben sich für diese Arbeit mehrere Fragestellungen: Lassen sich durch medizinische Scores Kosten prognostizieren? Welche medizinischen Scores sollen in die Studie aufgenommen werden? Lassen sich die ausgewählten Scores mit hoher Datenqualität retrospektiv berechnen? Welcher der Scores ist am besten zur Kostenprognose geeignet? Ist eine hochqualitative Prognose der Kosten möglich? Kann man den Score auf wenige Items reduzieren, um den Aufwand der Berechnung zu minimieren?

Es wurden 12.733 Behandlungsfälle ausgewählt, bei denen jeweils ein CABG, eine Herzklappenoperation oder eine Kombination aus beiden Eingriffen durchgeführt wurde. Für die Business Intelligence (BI)-Software Qlikview wurden Programme entwickelt, die für alle Behandlungsfälle mittels vier medizinischer Scoringssysteme (SAPS II, APACHE II, TISS-28 und die IMKB) retrospektiv aus den medizinischen Daten für die Jahre 2008–2013 bzw. 2014 und 2015 die Punkte automatisiert berechneten. Die Berechnung der Scores aus den medizinischen Daten war ohne Probleme möglich.

Durch Korrelationsanalysen wurde der TISS-28 ausgewählt, da von den vier ausgewählten Scores seine Ergebnisse die höchste Korrelation zu den Kosten aufwiesen. Es wurden zwei Modelle getestet, um die Kosten zu prognostizieren. Es zeigte sich, dass ein Modell, das mit dem gesamten TISS-28 die Gesamtkosten prognostiziert, am besten geeignet war. Mit den Daten aus den Jahren 2008 bis 2013 wurden somit die Jahre 2014 und 2015 prognostiziert. Da in diesen beiden Jahren zwei verschiedene ärztliche Leitungen für das Behandlungsgeschehen verantwortlich waren, konnte auch gleichzeitig nachgewiesen werden, dass der TISS-28 in seiner Kostenprognose robust genug war, um auch bei unterschiedlichen Behandlungsstrategien die Kosten sicher zu prognostizieren.

Von einer Reduzierung der Anzahl der Items des TISS-28, um die Berechnung des Scores zu vereinfachen wurde abgesehen, da alle Items eine signifikante Korrelation zu den Kosten aufzeigten und mit der Reduzierung evtl. eine Fehlerquelle geschaffen würde, die nicht abzusehen war.

1.2 Summary

The immense pressure of hospital costs continues to increase. This leads hospitals to want to be able to calculate the case treatment costs early on, so as to distribute the available finances in an economic and medically sound fashion. It is difficult to estimate the treatment costs of patients in advance. The gold standard in Germany is the InEK cost calculation, which enables hospitals to estimate the costs per case in accordance with a nationally defined procedure. However, this procedure is based retrospectively on the costs from the previous year. Using it, it is therefore not possible to recognize and react to short-term cost developments.

For this reason this work looks at several related questions: Are medical scores able to predict costs? Which medical scores should be investigated? Is it possible to calculate the selected scores retrospectively with high data quality? Which of the scores is most suited to cost prognosis? Is high-quality projection of the costs possible? Can the score be reduced to a small number of items to simplify the calculation?

A total of 12,733 treatment cases were selected in which coronary artery bypass grafting (CABG) or a heart valve operation or a combination of the two was performed. Programs were developed for the BI software Qlikview that were used to automatically calculate the points for four medical scoring systems (SAPS II, APACHE II, TISS-28 and IMKB) retrospectively from the medical data for the years 2008 2013, 2014 and 2015. Calculation of the scores from the medical data was possible without problems.

Using correlation analyses the TISS-28 was selected since, of the four scores, it showed the highest correlation with the costs. Two models were tested to predict the costs; a model using the whole TISS-28 to predict the total costs was found to be the more suitable. Therefore the data from the years 2008 2013 were used for predictions for the years 2014 and 2015. In these two years the medical directorship of the institution changed, so that at the same time it was established that the TISS-28 was robust enough in its cost projection to correctly predict the costs even under different treatment strategies.

The number of items of the TISS-28 was not, after all, reduced, since all items showed a significant correlation to the costs and reducing them might have introduced an unforeseeable source of error.

2 Einleitung

2.1 Ziel der Dissertation

In dieser Dissertation soll überprüft werden, ob sich mit einem optimalen Score die Kosten für herzchirurgische Patienten prognostizieren lassen und somit eine bessere Abbildung im German Diagnosis Related Groups (G-DRG)-System möglich wird. Dieser Score ist idealerweise ein schon etablierter Score wie der SAPS II, der Apache II, der TISS 28 oder die intensivmedizinische Komplexbehandlung. Darüber hinaus wird erforscht, ob durch eine Kombination von Teilelementen dieser Scores eine bessere Korrelation zwischen Kosten und Score-Ergebnissen erreicht werden kann als bei einem der vier zuvor genannten Einzelscores.

Der zu entwickelnde Score sollte nur objektive, aus bestehenden IT-Systemen ableitbare Variablen enthalten. Dies stellt sicher, dass der Score sich ohne großen Aufwand erfassen und berechnen lässt. Bei einer höheren Korrelation als bei dem derzeit im G-DRG-System genutzten IMKB könnte solch ein Score dann zu einer besseren und gerechteren Erlösverteilung im G-DRG-System dienen.

Im Laufe der Forschungen ergab sich eine unvorhergesehene Situation, die zu einer Chance führte, die Dissertation zu erweitern: Im Jahr 2014 gab es einen Generationswechsel in der Leitung der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie im Deutschen Herzzentrum Berlin (DHZB). Dies führte zu der Möglichkeit, das Jahr 2014 unter der Leitung von Herr Prof. Roland Hetzer mit dem Jahr 2015 unter der Leitung von Herrn Prof. Volkmar Falk zu vergleichen. Es gab deutliche Änderungen hinsichtlich der Operationsmethoden, wie zum Beispiel die Einführung der minimalinvasiven Chirurgie, die Spezialisierung auf Mitralklappenchirurgie oder die Ausweitung des Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI)-Programmes. Damit war die Möglichkeit gegeben, die Kosten zweier Generationen von Herzchirurgen zu vergleichen und auch die Stabilität der gewonnenen Daten zu erforschen, da durch den Leitungswechsel de facto zwei Kliniken verglichen werden konnten. Dies hatte zur Folge, dass die Arbeit an der Dissertation um ein Jahr verlängert werden musste, da die InEK-Kalkulationsdaten für das Datenjahr 2015 erst im Juni 2016 zur Verfügung standen.

2.2 Scoring-Systeme

Grundsätzlich können zwei Gruppen von Scoringssystemen unterschieden werden: Die erste Gruppe benutzt Scores, die nur einmalig berechnet werden und klassischerweise als Aufnahmescores entwickelt wurden. Die Bestimmung des Scores wird am Aufnahmetag [1] bzw. präoperativ z. B. mit dem EuroScore, dem APACHE oder dem SAPS vorge-

nommen. Andere Scores, wie z. B. der Aristotle Complexity Score (ACS) [2], werden erst am Entlassungstag bewertet. Diese Scores berücksichtigen nicht die Länge des Krankenhausaufenthaltes, sondern bewerten den Zustand zu einem festgelegten Zeitpunkt.

Die zweite Gruppe benutzt Scores wie den TISS oder die IMKB, die täglich erhoben werden. Sie bilden somit nicht nur einen bestimmten Zeitpunkt ab, sondern bewerten einen Zeitraum bzw. den gesamten Krankenhausaufenthalt.

Mehrere Scores wie der Hannover Intensiv Score (HIS) oder der Heidelberg Intensive Ward Score (HDWS) wurden aufgrund ihrer geringen Durchdringung in der Medizin nicht berücksichtigt. Auch der Marburger Intensiv Score (MARIS) bringt laut Bierbrauer et al. gegenüber APACHE-II und TISS keine Vorteile. [3]

2.2.1 Therapeutic Intervention Scoring System (TISS)

TISS-56

Der TISS wurde im Massachusetts General Hospital entwickelt und 1974 das erste Mal von Cullen et al publiziert [4]. Der TISS besteht aus 56 Variablen, die jeweils mit 1 bis 4 Punkten bewertet werden. Die Items selbst wurden mittels der Delphi-Methode durch eine Gruppe von Ärzten und Pflegekräften entwickelt. Die Ziele bei der Entwicklung dieses Scores bestanden darin, verschiedene Intensivstationen quantitativ miteinander zu vergleichen, Belastungen des Pflegepersonals über „patient points per nurse“ zu ermitteln und nachzuweisen, dass die Kosten für die Behandlung eines Patienten mit den ermittelten Punkten korrelieren. Kostenanalysen mit zehn Patienten ergaben auf 24 Stunden bezogen einen Korrelationskoeffizienten nach Pearson von $r = 0,79$.

TISS-76

1983 wurde der TISS-56 von Keene und Cullen aktualisiert, um die technischen Entwicklungen in der Intensivmedizin besser abzubilden. [5] Hierbei wurden Variablen entfernt bzw. hinzugefügt und Punktwerte verändert. Die Anzahl der Variablen stieg von 56 auf 76. Zusätzlich wurde in sieben Punkten der Umgang mit dem TISS geregelt. Unter anderem wurde festgelegt, dass:

- der TISS-76 immer die gleiche 24-Stunden-Periode zu bewerten hat,
- der Entlassungstag von der Intensivstation auch bewertet werden sollte, wenn der Zeitraum auf der Station weniger als 24 Stunden beträgt,
- der Score auch dann weiter ermittelt wird, wenn er auf der Normalstation mehr als 10 Punkte beträgt,

- möglichst immer die gleiche Person den Score ermitteln sollte, um Schwankungen der Punktezahl durch unterschiedliche Interpretationen der medizinischen Daten zu verhindern.

Der TISS-56 und der aktualisierte TISS-76 wurden mit einer Regressionsanalyse verglichen, bei der es keine signifikanten Unterschiede gab ($y = 0,5 + 1,03x$). [6]

TISS-28

Als multizentrische Studie mit 19 niederländischen Krankenhäusern angelegt, wurde 1996 auf Basis des TISS-76 der TISS-28 entwickelt. Ziel des neuen Score war es, ein vereinfachtes System mit den gleichen Ergebnissen und der gleichen Zielsetzungen wie bei dem TISS-76 zu erreichen. [7] Wie sich schon am Namen ableiten lässt, wurde der TISS-76 von 76 auf 28 Variablen reduziert. Dies wurde durch ein Clustering und eine Reduktion der Variablen sowie die Anpassung von Punktwerten erreicht. Der TISS-28 wird in sieben Kriteriengruppen eingeteilt, bei denen die einzelnen Variablen mit einem bis fünf Punkten bewertet werden (Tabelle 2.1). Ein Vergleich der beiden TISS-Versionen ergab einen Korrelationskoeffizienten nach Pearson von $r = 0,92$. [8]

2.2.2 Acute Physiology And Chronic Health Evaluation (APACHE)

APACHE-I

Der APACHE-Score ist ein Aufnahmescore, der für Patienten auf Intensivstationen zur Beurteilung des Letalitätsrisikos von Knaus et al. entwickelt wurde. Der Score wurde ursprünglich in der ersten Version von 1981 aus den Vorerkrankungen und 34 physiologischen Variablen berechnet. Die Variablen wurden innerhalb der ersten 32 Stunden nach Aufnahme ermittelt. [10] Bei der Gewichtung der Variablen wurden die Methoden verwendet, die Gustafson et al. Bereits 1981 entwickelten, aber erst 1986 publizierten. [11]

¹regelmäßige Vitalzeichenkontrolle, d.h. mind. alle vier Stunden Messung und Dokumentation von Herzfrequenz + RR und tägliche Berechnung der Flüssigkeitsbilanz (auch ohne Katheter)

²Behandlung zur Verbesserung der Lungenfunktion: Physiotherapie (Atemgymnastik), endotracheales Absaugen, aktive längerzeitige Vernebelung über Tubus o. Maske (z.B. Acetylzystein; nicht Dosieraerosole)

³großer Volumenersatz i.v., mind. 6 Liter pro Tag (Gesamtmenge incl. Blutprodukten, nicht Hämodialyse) ODER mind. 1 Liter Blutprodukte (EK=250 ml, GFP=200 ml, TK=100 ml, nicht Humanalbumin)

⁴Katecholamine: jedes Medikament, jede Dosis, z.B. Adrenalin, Noradrenalin, Dobutamin, Dopamin, Dopexamin, Neosynephrin und Analoga (nicht Nitro, ACE-Hemmer)

⁵aktive medikamentös unterstützte Diurese (z.B. Furosemid > 1 mg / kg KG oder analoge Medikation)

⁶z.B. endotracheale Intubation, Einsetzen eines Schrittmachers, Cardioversion, Endoskopie, Notfall-OP auf ICU, Magenspülung, TEE, Bronchoskopie, keine Routine-Untersuchungen wie Röntgen der Lunge

Tabelle 2.1: TISS 28: Eigene Darstellung in Anlehnung an Miranda [8] und Lefering [9] mit Erläuterungen der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI)

Nr	Bezeichnung	Punkte
Basismaßnahmen		
1	Standardmonitoring ¹	5
2	Laboruntersuchungen	1
3	Einfache Medikation	2
4	Mehrfache Medikation	3
5 / 6	Routineverbandwechsel / Häufiger Verbandwechsel	1 / 2
7	Drainagen	3
Atmung/Beatmung		
8	Mechanische Beatmung	5
9	Atemunterstützung	2
10	Künstlicher Atemweg	1
11	Behandlung zur Verbesserung der Lungenfunktion ²	1
Kardiovaskuläres System		
12 / 13	Einfache vasoaktive Medikation ³ / Mehrfache vasoaktive Medikation	3 / 4
14	Intravenöser Ersatz großer Flüssigkeitsverluste ⁴	4
15	Peripherer arterieller Zugang	5
16	Pulmonalarterienkatheter	8
17	Zentralvenöser Katheter	2
18	Kardiopulmonale Wiederbelebung	3
Niere		
19	Nierenersatzverfahren	3
20	Messung des Harnvolumens	2
21	Aktive Diurese ⁵	3
Zentrales Nervensystem		
22	Messung des intrakraniellen Drucks	4
Metabolismus		
23	Behandlung einer komplizierten Azidose/Alkalose	4
24	Parenterale Ernährung	3
25	Enterale Ernährung	2
Spezifische Maßnahmen		
26	Einzelne spezifische Intervention innerhalb der Intensivstation ⁶	3
27	Mehrere spezifische Interventionen innerhalb der Intensivstation	5
28	Spezifische Interventionen außerhalb der Intensivstation	5

APACHE-II

1985 wurde die Weiterentwicklung zum APACHE-II-Score vorgestellt. Knaus bezeichnet den APACHE-II-Score als Revision des Prototyps APACHE von 1981. Es hatte sich gezeigt, dass die erste Version des APACHE-Scores zu komplex und zu aufwändig zu berechnen war. Der neue Score wurde auf 12 Messwerte reduziert und in die Gruppen „Age Point“ und „Acute Physiology Score“ (Tab. 3.10) eingeteilt. Die Kürzung wurde damit begründet, dass redundante und selten gemessene Variablen gestrichen werden konnten, ohne die Qualität des Scores zu beeinträchtigen. Zusätzlich wurde noch der „Chronic Health Score“ (Tab. 2.3) erfasst, der Vorerkrankungen bewertet. [12]

APACHE-III

Der APACHE-III-Score wurde 1991 mit dem Ziel entwickelt, die Vorhersagegenauigkeit des APACHE-II zu verbessern. Die physiologischen Variablen wurden von 12 auf 16 erweitert und der Patient kann nun zwischen 0 und 299 Punkten erreichen. Durch die Zuordnung zu einer von 78 festgelegten medizinischen bzw. chirurgischen Krankheitskate-

Tabelle 2.2: APACHE II : „Age Point“ und „Acute Physiology Score“. Eigene Darstellung in Anlehnung an Knaus [12]

Punkte	Punkte bei abnormal niedrigen Werten				„normal“	Punkte bei abnormal hohen Werten					
	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6
Alter Jahre					≤ 44		45-54	55-64		65-74	≥ 75
Temperatur °C	≤ 29,9	30-31,9	32-33,9	34-35,9	36-38,4	38,5-38,9		39-40,9	≥ 41,0		
Blutdruck (MAD) mmHg	≤ 49		55-69		70- 109		110-129	130-159	≥ 160		
Herzfrequenz pro Minute	≤ 39	40-54	50-69		70 -109		110-139	140-179	≥ 180		
Atemfrequenz pro Minute	≤ 5		6-9	10-11		25-34		35-49	≥ 50		
Oxygenierung FiO ₂ < 0,5: paO ₂ mmHg FiO ₂ ≥ 0,5: AaDO ₂	< 55	55-60		61-70	> 70						
pH arteriell	< 7,15	7,15-7,24	7,25-7,32		7,33-7,49	7,5-7,59		7,6-7,69	≥ 7,7		
Natrium mmol/l	≤ 110	111-119	120-129		130-149	150-154	155-159	160-179	≥ 180		
Kalium mmol/l	≤ 2,5		2,5-2,9	3-3,4	3,5-5,4	5,5-5,9		6-6,9	≥ 7,0		
Kreatinin mg/100 ml			< 0,6		0,6-1,4		1,5-1,9	2-3,4	≥ 3,5		
Hämatokrit %	< 20,0		20-29,9		30-45,9	46-49,9	50-59,9		≥ 60,0		
Leukozyten 10 ³ /mm ³	≤ 1,0		1-2,9		3-14,9	15-19,9	20-39,9		≥ 40,0		
Glasgow Coma Scale	Punkte = 15 - aktuelle Glasgow Coma Score										

gorien findet im Gegensatz zum APACHE-II eine Risikoadjustierung statt. [13] Bei dem APACHE-III handelt es sich um ein kommerzielles Produkt, dass von der Firma Cerner Corporation vertrieben wird.

Ob der APACHE-III tatsächlich eine bessere prognostische Aussagekraft hat als der APACHE-II, konnte bisher nicht nachgewiesen werden [14]. Allerdings scheint der APACHE-III zumindest gleichwertig zu sein [15] bzw. eine leicht höhere Prognosequalität zu gewährleisten [16]. Allerdings gibt es auch eine Studie von Markgraf et al., die den APACHE-III gegenüber dem APACHE-II als ungenügend kalibriert einschätzt. [17]

2.2.3 Simplified Acute Physiology Score (SAPS)

SAPS I

Der SAPS wurde von Le Gall et al. in seiner ersten Version 1984 publiziert [18]. Mit insgesamt 14 Variablen wurde er wie der APACHE auch als Aufnahmescore für Intensivstationen konzipiert und validiert. Die Idee von Le Gall et al. war es, einen Score zu entwickeln,

Tabelle 2.3: APACHE II : „Chronic Health Score“. Eigene Darstellung in Anlehnung an Knaus [12]

Durch Biopsie gesicherte Zirrhose und festgestellter portaler Hochdruck	Ja	Nein
Obere gastrointestinale Blutungen in der Vorgeschichte, ausgehend von einem portalen Hochdruck	Ja	Nein
Vorhergehende Episoden mit hepatischer Insuffizienz oder hepatischer Enzephalopathie oder hepatischem Koma	Ja	Nein
New York Health Association (NYHA) Class IV	Ja	Nein
Chronische restriktive, obstruktive oder gefäßbedingte Erkrankungen, die mit einer schweren Einschränkung bei leichten Aufgaben einhergehen (z.B. Unfähigkeit Haushalt zu führen)	Ja	Nein
Bekannte chronische Hypoxie, Hyperkapnie, sekundäre Polyzystämie, schwere pulmonale Hypertension (> 40mmHg) oder Abhängigkeit von Beatmung	Ja	Nein
Chronische Dialyse	Ja	Nein
Der Patient hatte eine Therapie, welche die Abwehrkraft gegen Infektionen schwächt (z.B. Immunsuppression, Chemotherapie, Bestrahlung, langfristige oder hochdosierte Steroide)	Ja	Nein
Erkrankungen, die mit einer Immunschwäche einhergehen (z.B. Leukämie, Lymphom, AIDS)	Ja	Nein
Nicht-operierter Patient	bei einem JA 5 Punkte	sonst 0 Punkte
Postoperativer Patient nach Notfall-OP	bei einem JA 5 Punkte	sonst 0 Punkte
Postoperativer Patient nach Elektiv-OP	bei einem JA 2 Punkte	sonst 0 Punkte

der den aus ihrer Sicht sehr aufwändigen und komplexen APACHE-Score ersetzen sollte. [18]

Den Variablen des SAPS wurden je 0 bis 4 Punkte zugeordnet. Ausnahmen bildeten die Beatmung, die mit 3 Punkten, und das Alter des Patienten, das mit der doppelten Punktzahl bewertet wurde. Evaluiert wurden die Daten über eine Multizenterstudie in Frankreich an 679 Patienten, die auf acht verschiedenen Intensivstationen lagen. [18]

SAPS-II

Im Gegensatz zum SAPS-I, bei dem die Variablen und deren Gewichtungen anhand von Expertenmeinungen festgelegt wurden, basiert der SAPS-II auf statistischen Modellierungstechniken und wurde von La Gall et al. 1993 entwickelt. Als Datenbasis wurden in 12 Ländern aus 137 medizinischen und chirurgischen Intensivstationen insgesamt 13.152 Patienten in die Studie zur Entwicklung des Scores einbezogen. [19]

Bei dem SAPS-II handelt es sich um einen Aufnahmescore, der innerhalb der ersten 24 Stunden erhoben wird. Bei seiner Entwicklung wurden Patienten mit Verbrennungen, Koronarerkrankungen und herzchirurgischen Eingriffen ausgeschlossen. Patienten, bei denen kein Oxygenierungsindex zu berechnen war, wurden ebenfalls nicht berücksichtigt. Insgesamt wurden 37 Variablen statistisch bewertet, von denen dann 17 Variablen

(Tabelle 2.4) in den SAPS-II übernommen wurden. Im Vergleich mit dem SAPS I, der eine Fläche von 0,80 der ROC-Kurve erreichte, wies der SAPS-II mit 0,86 einen signifikant besseren Wert auf. [19]

Tabelle 2.4: SAPS II: Eigene Darstellung in Anlehnung an Le Gall [19]

	Punkte bei abnormal niedrigen Werten				normal	Punkte bei abnormal hohen Werten				
Alter Jahre					< 40 0	40 - 59 7	60 - 69 12	70 - 74 15	75 - 79 16	≥ 80 18
Herzfrequenz pro Minute			< 40 11	40 - 69 2	70 - 119 0	120 - 159 4	≥ 160 7			
Blutdruck systolisch in mmHg			< 70 13	70 - 99 5	100-199 0	≥ 160 2				
Temperatur °C					< 39,0 0	≥ 39,0 3				
beatmeten Patienten PaO₂ (mmHg) / FiO₂		< 100 11	100 - 199 9	≥ 200 6						
Urinausscheidung L/Tag			< 0,5 11	0,5 - 0,99 4	≥ 1,0 0					
Harnstoff oder Harnstoff-Stickstoff mg/dl					< 60 < 28 0	60 - 179 28 - 83 6	≥ 180 ≥ 84 10			
Leukozyten 10 ³ /mm ³				< 1,0 12	1,0 - 19,9 0	≥ 20 3				
Kalium mmol/l				< 3,0 3	3,0 - 4,9 0	≥ 5,0 3				
Natrium mmol/l				< 125 5	125 - 144 0	≥ 145 1				
Serum Bikarbonat mEq/l			< 15 6	15 - 19 3	≥ 20 0					
Bilirubin mg/dl					< 4,0 0	4-5,9 4	≥ 6,0 9			
Glasgow Coma Scale vor Sedierung	< 6 26	6 - 8 13	9 - 10 7	11 - 13 5	14-15 0					
Vorerkrankungen						metastasierendes Karzinom 9	maligne hämato- logische Erkrankung 10			AIDS 17
Zuweisung auf ICU					elektive OP	med. ohne OP 6	ungeplante OP 8			

SAPS-III

2005 wurde der SAPS-III von R.P. Moreno et al veröffentlicht [20, 21]. Das Ziel dieser Weiterentwicklung des SAPS-II war es, ein neues, verbessertes Modell der Risikoanpassung für die Mortalitätsprognose zu entwickeln. Von Oktober bis Dezember 2002 wurden 16.784 Patienten aus 303 Intensivstationen in die Studie eingeschlossen. Insgesamt besteht der Score aus 29 Variablen, die am Aufnahmetag erhoben werden. [20, 21] Der SAPS III wurde auch als Verlaufsscore für den ersten bis dritten Belegungstag validiert. [21, 20]

2.2.4 Intensivmedizinische Komplexbehandlung (IMKB)

Speziell für Intensivstationen wurde 2005 die IMKB in das G-DRG-System als Kostentrenner von dem InEK eingeführt [22]. Die IMKB ist ein Scoringssystem, das aus zehn Items des TISS-28 und 15 Items des SAPS-II besteht. Die TISS-28-Items repräsentieren die zehn aufwändigsten pflegerischen und therapeutischen Maßnahmen an dem Patienten, während die SAPS-II-Items eine Aussage über den physiologischen Zustand des Patienten machen. Dieses Scoringssystem nimmt im G-DRG-System mittlerweile eine sehr große Bedeutung ein, da sehr viele G-DRGs über diesen Mechanismus angesteuert werden. Gleichzeitig existieren in der Literatur nur sehr wenige Studien über die Anwendbarkeit oder die Validität des Systems. [23]

Tabelle 2.5: IMKB bei Erwachsenen – Anteil aus dem SAPS-II

Variablen	Punkte													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Herzfrequenz [1/min]	70-119		40-69		120-159			≥160					<40	
Systolischer Blutdruck [mmHg]	100-190		≥200			70-99								<70
Körpertemperatur [°C]	<39			≥39										
PaO₂/ FiO₂ ⁷ [mmHg]							≥200			100-200			<100	
Ausfuhr Urin [l/d]	≥1,0				0,5-1,0								<0,5	
Harnstoff im Serum [g/l]	<0,6						0,6-1,8				≥1,8			
Leukozyten [10 ³ /mm ³]	1,0-20			≥20									<1,0	
Kalium im Serum [mmol/l]	3,0-5,0			≥5,0-3,0										
Natrium im Serum [mmol/l]	125-145	≥145				<125								
Bicarbonat im Serum [mmol/l]	≥20			15-20			<15							
Bilirubin im Serum [μmol/l]	<68,4					68,4-102,6				≥102,6				

Tabelle 2.6: IMKB bei Erwachsenen – Chronische Leiden und Aufnahmezustand

Variablen	Punkte					
	0	6	8	9	10	17
Chronische Leiden				Metastasierende Neoplasie	Hämatologische Neoplasie	AIDS ⁸
Aufnahmestatus ⁹	Geplant chirurgisch	Medizinisch	Nicht-geplant chirurgisch			

⁷Erhebung nur im Falle der maschinellen Beatmung

Tabelle 2.7: IMKB bei Erwachsenen – Alter des Patienten

Variablen	Punkte					
	0	7	12	15	16	18
Alter des Patienten	<40	40-59	60-69	70-74	75-79	≥ 80

Tabelle 2.8: Intensivmedizinische Komplexbehandlung – Aus dem TISS-28 werden die zehn aufwändigsten Merkmale täglich erfasst.

Leistung	Punkte pro Tag
Apparative Beatmung	5
Infusion multipler Katecholamine (> 1)	4
Flüssigkeitsersatz in hohen Mengen (> 5l/25Std.)	4
Peripherer arterieller Katheter	5
Linksvorhof-Katheter / Pulmonalis-Katheter	8
Nierenersatzverfahren	3
Intrakranielle Druckmessung	4
Behandlung einer metabolischen Azidose / Alkalose	4
Spezielle Interventionen auf der ITS (z.B. Tracheotomie, Kardioversion)	5
Aktion außerhalb der Station (Diagnostik / Operation)	8

2.3 Stand der Forschung

Es gibt mehrere Arbeiten, die sich mit dem Thema Kosten und Scores (Tabelle 2.9) befassen haben. Abgesehen von der Anzahl der Patienten und dem Zeitpunkt der Studien (vor oder nach der G-DRG-Einführung) bestehen die Hauptunterschiede der ausgewählten Scores in der Art der Kostenermittlung und dem betrachteten Teil der stationären Behandlung.

⁸Wertung bei positivem HIV-Test und entsprechenden klinischen Komplikationen

⁹Geplant chirurgisch: Operationstermin mindestens 24 Stunden vorher geplant; nicht geplant chirurgisch: Operationstermin erst in den letzten 24 Stunden geplant; medizinisch: mindestens eine Woche lang nicht operiert

⁹Eigene Darstellung in Anlehnung an [12]

Tabelle 2.9: Arbeiten mit dem Themenkomplex Score und Kostenkorrelation nach Art von Scorings, Kostensystematik und Betrachtungsart.

Titel	Fälle	Jahr	Score	Art des Scorings	Kosten-Systematik	Betrachtung
Surgical Management of Congenital Heart Disease: Contribution of the Aristotle Complexity Score to Planning and Budgeting in the German Diagnosis-Related Groups System [2]	433	2010	ACS	Aufnahmescoring	InEK Systematik	Normalstation, Intensivpflegestation
Relationship between TISS and ICU cost [24]	257	1994	TISS 28	Verlaufsscoring	Eigene Systematik, nur variable Kosten	Intensivpflegestation
Analysis of resource use and cost-generating factors in a German medical intensive care unit employing the Therapeutic Intervention Scoring System (TISS-28) [25, 26]	303	1997	TISS 28	Verlaufsscoring	Eigene Systematik	Internistische Intensivpflegestation
Die operative Intensivmedizin im DRG System: Methoden der Kostenevaluation, Optimierungsansätze und Überlegungen zu alternativen Modellen für die Erlösberechnung [27]	390	2006	TISS 28 SAPS II	Verlaufsscoring	InEK Systematik	Chirurgische Intensivpflegestation
Direkte, patientenbezogene Kosten der intensivmedizinischen Behandlung in Abhängigkeit des Krankheitsschwere-scores SAPS II und des Pflegeaufwandscores TISS - 28 [28]	100	2004	TISS 28 SAPS II	Verlaufsscoring	Eigene Systematik	Kardiologische Intensivpflegestation
Präoperative Risikoscores können die Kosten in der Herzchirurgie nicht vorhersagen [1]	887	10/2004-09/2005	Euro SCORE u.a. ¹⁰	Aufnahmescoring	(InEK Systematik)	Normalstation, Intensivpflegestation
Therapeutic intervention scoring system (TISS) a method for measuring workload and calculating costs in the ICU [29]	2693	1988-1989	TISS 76	Aufnahmescoring	Variable Kosten	Intensivpflegestation
TISS and TISS-28 Score for the Economic Evaluation of Intensive Care [30]	939	07/1993-4/1994	TISS 28 TISS 76	Verlaufsscoring	Variable und Personalkosten	Intensivpflegestation

2.3.1 Art der Kostenermittlung

In der Vor-G-DRG-Zeit war die Art der Kostenermittlung nicht standardisiert. In der Literatur wird zum Beispiel empfohlen, die Kosten nach der Russell Equation, einer indirekten Kostenkalkulationsmethode, zu berechnen [31]. Keine der in dieser Arbeit aufgeführten Studien geht nach dieser Methode vor, sondern alle berechnen die Kosten der Patientenversorgung nach eigenen, nicht dokumentierten und nachvollziehbaren Systematiken [25, 28]. Dadurch ist es nur schwer möglich, die Studienergebnisse zu vergleichen.

Allerdings existiert seit der G-DRG-Einführung 2003 in Deutschland eine Kalkulationssystematik, die durch das InEK vorgegeben und von ca. 250 Krankenhäusern in Deutschland angewandt wird [32]. Diese Systematik, die InEK-Kostenkalkulation, ist auf den Webseiten des InEK in Form eines 300-seitigen Handbuches für jedermann umfassend nachvollziehbar.

Die Arbeiten von Indrich et al. und Sinzobahamvye et al. greifen auf die Kalkulationssystematik des InEK zurück und produzieren dadurch Ergebnisse, die bei gleichem Studienaufbau in anderen Kliniken nachvollzogen werden können. [2, 27]. Bei einer dritten Arbeit wird angegeben, dass nach der Kostensystematik des InEK vorgegangen wurde

¹⁰EuroSCORE, Parsonnet Score, Ontario Province Risk Score, French Score, Pons Score, CABDEAL Score

[1]. Dies darf aber bei der Aussage „Die Gesamtkosten des Krankenhauses wurden für jeden Patienten täglich prospektiv berechnet“ ernsthaft bezweifelt werden, da sich nach der Systematik des InEK die Kosten nur nach Ablauf des Kalenderjahres retrospektiv kalkulieren lassen.

2.3.2 Betrachtung des stationären Aufenthaltes

Die meisten Studien [24, 25, 27, 28, 30] betrachten nur den Intensivaufenthalt der Patienten. Das ist aus medizinischer Sichtweise insoweit nachvollziehbar, als der Anteil der Kosten der Intensivmedizin zwischen 10 % und 30 % der Gesamtkosten des Krankenhausaufenthaltes ausmacht und dabei nur 3–6 % der stationären Patienten betrifft. [33, 34, 35, 36, 37] Somit kann keine Aussage über die Korrelation zwischen dem Score-Ergebnis und den Gesamtkosten der Fälle abgeleitet werden. Auch findet sich in der Literatur eine Anzahl von Arbeiten, die versuchen, die Kosten auf Intensivstationen zu ermitteln [26, 25, 37, 38, 24, 29, 39].

2.3.3 Vergleich der Vorgehensweisen

Wie in Tabelle 2.10 dargestellt, entspricht keine der bisherigen Studien bzw. Arbeiten der Vorgehensweise, die für diese Dissertation vorgesehen ist. Das Scoringssystem des InEK, die IMKB, die speziell als Splittingkriterium für das G-DRG-System entwickelt wurde, wird von keiner der Arbeiten genutzt.

Tabelle 2.10: Forschungsstand: Vergleich der Vorgehensweisen der bisherigen Arbeiten

Arbeit	Art des Scorings	Kostenberechnung	Betrachtung
Diese Arbeit	Verlaufsscoring	InEK	Gesamter Fall
[2, 1]	Aufnahmescoring	InEK	Gesamter Fall
[29]	Aufnahmescoring	Variable Kosten	Intensivaufenthalt
[25, 26, 28, 24, 30]	Verlaufsscoring	Eigene	Intensivaufenthalt
[27]	Verlaufsscoring	InEK	Intensivaufenthalt

2.3.4 Ergebnisse

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der bisherigen Arbeiten und Studien aufgeführt. Die Spannweite ist dabei je nach statistischer Methode der Arbeit sehr groß. Aber schon hieraus lässt sich ableiten, dass signifikante Korrelationen zwischen den Kosten und den

Scores existieren. Die einzige Arbeit, die keine Korrelation zwischen Kosten und Scores nachweisen kann, ist die von Moghaddam et al. [1]. Die Studie mit der höchsten Korrelation ist die von Sinzobahamvya et al. [2]. Allerdings ist sie mit dem ACS mit 150 Variablen speziell auf die Kinderherzchirurgie ausgerichtet und nicht auf Erwachsene übertragbar.

Tabelle 2.11: Forschungsstand: Ergebnisse

Arbeit	Methode	Korrelationskoeffizient	Signifikanzniveau
[2]	Pearson	$r = 0,9649$	
[24]	Pearson	$r = 0,87 - 0,93$	$p = 0,001$
[25]		$r_2 = 0,81$	$p = 0,001$
[27]	Spearman	$r = 0,878 - 0,964$	$p < 0,001$
[28]	Pearson	$r = 0,73 - 0,75$	$p = 0,0001$
[1]	Pearson	$r = 0,122 - 0,264$	$p < 0,01$
[30]	Pearson	$r = 0,91$	

2.4 Das G-DRG-System als Grundlage der Kostenkalkulation

2.4.1 Grundlage

2003 wurde in Deutschland das G-DRG-System mit dem Krankenhausfinanzierungsgesetz (KHG) §17b Abs. 1 in der stationären Krankenhausversorgung eingeführt. Mit der Einführung, Weiterentwicklung und Pflege wurde das von den Selbstverwaltungspartnern (die Deutsche Krankenhausgesellschaft, die Spitzenverbände der Krankenkassen und der Verband der privaten Krankenversicherung) 2001 gegründete InEK als deutsches DRG-Institut beauftragt.

Patienten werden hierbei auf Grundlage von homogenen Kosten, die sie verursachen, in klinisch kohärente Fallgruppen, die G-DRGs, eingruppiert [40, 41]. Deshalb spricht man bei dem G-DRG-System auch von einem medizinisch-ökonomischen Klassifikationssystem und nicht von einer rein medizinischen Klassifikation.

Der medizinische Teil des G-DRG-Systems ist die Zuordnung des Patienten in eine der 26 Major Diagnostic Categories (MDC). Diese auch als Hauptdiagnosengruppen bezeichneten Klassen werden durch die Hauptdiagnose des Krankenhausfalles angesteuert. Was eine Hauptdiagnose ist, ist in der Kodierrichtlinie D002 als die *„Diagnose, die nach Analyse als diejenige festgestellt wurde, die hauptsächlich für die Veranlassung*

des stationären Krankenhausaufenthaltes des Patienten verantwortlich ist“ definiert. Eine Hauptdiagnose ist nicht zu verwechseln mit der Aufnahmediagnose, die den Krankenkassen innerhalb der ersten 24 Stunden nach der stationären Aufnahme mitgeteilt wird. Die Hauptdiagnose ergibt sich aus der Analyse der während des Krankenhausaufenthaltes gesammelten Befunde nach der Entlassung oder der Verlegung des Patienten. [42]

Den ökonomischen Teil des G-DRG-Systems bildet die *InEK-Kostenkalkulation*. Diese wird jährlich durchgeführt und berechnet auf Grundlage der Kosten des Vorjahres die G-DRGs des Folgejahres. Gesetzlich geregelt ist dieses Verfahren durch das KHG §17b Abs. 2, welches die jährliche Weiterentwicklung und Anpassung des G-DRG-System vorschreibt.

2.4.2 Kostenverteilung nach dem InEK-Standard

An der Kalkulation des Datenjahres 2014 für das G-DRG-System 2016 beteiligten sich 244 Krankenhäuser. Insgesamt wurden nach den Plausibilitätsprüfungen sowie Bereinigungen und Korrekturen 3.767.340 Fälle von dem InEK akzeptiert. Dies entspricht einem Anteil von 17,1 % aller stationären Fälle des Datenjahres 2014, die in der Kalkulation berücksichtigt wurden. [43] Eine Studie, die auf Grundlage der InEK-Daten die Kosten der Intensivstation berechnet, kommt zu dem Schluss, dass die bisherigen angenommenen Kosten der Intensivmedizin höher sind als bei den Kostenverteilungssystemen, die von anderen Studien verwendet wurden. [44]

Tabelle 2.12: Umfang der Datenlieferungen an das InEK für die Kalkulation des G-DRG-Jahres 2016 auf Basis des Datenjahres 2014. [43]

Kriterium	Daten gemäß § 21 KHEntgG	InEK- Kalkulation	% Anteil
Anzahl Krankenhäuser	1.541	244	15,8%
Anzahl Betten	423.084	99.371	23,5%
Anzahl Fälle	21.952.575	3.767.340	17,1%

2.4.3 Systematik der G-DRG-Matrix

Wie die Kosten berechnet werden, legt das InEK in seinem Kalkulationshandbuch fest. [32] Ein Überblick über die Methode der Kostenverteilung ist in Tabelle 2.13 dargestellt. Hier zeigen sich einige Besonderheiten. So sind zum Beispiel die Labor- und Radiologiekosten nicht den anfordernden Stationen zugeordnet, sondern werden in eigenen Kos-

tenstellen Radiologie (9) und Laboratorien (10) zusammengeführt. Die Blutprodukte werden laut Kapitel 6.2.1.2 des Kalkulationshandbuches in dem Matrixfeld Laboratorien (10) – Arzneimittel Einzelkosten (4b) zusammengeführt. Das heißt im Umkehrschluss, dass die Kosten der Leistungsstellen 1 bis 8 die Kostensituation nicht vollständig darstellen, da Labor-, Blut- und Radiologiekosten in diesen Kostenstellen nicht enthalten sind. Für diese Arbeit ist dies aber nur von untergeordneter Bedeutung, da die berücksichtigten Scores die Prognose der Kosten des Gesamtaufenthaltes möglich machen sollen.

Kostenarten und Kostenstellen der G-DRG-Matrix

Die sogenannte InEK-Kostenmatrix ist im unteren Teil von Abbildung 2.1 dargestellt. Auf der Abszisse sind die Kostenarten mit den Personalkosten (1–3), den Sachkosten (4–6) und Infrastrukturkosten (7–8) dargestellt. Die Personalkosten teilen sich in die Bereiche Ärztlicher Dienst (1), Pflegedienst (2) und Funktionsdienst (3) auf. Die Sachkosten sind unterteilt in Arzneimittel (4a, 4b), Implantate (5) und Übriger medizinischer Sachbedarf. Den Abschluss bilden die medizinische Infrastruktur (7) und die nicht-medizinische Infrastruktur (8).

Auf der Ordinate sind die von der InEK berücksichtigten Kostenstellen zu sehen. In Abbildung 2.1 sind nur die Kostenstellen aufgeführt, die für diese G-DRG relevant sind, bzw. Kostendaten, die von den Krankenhäusern geliefert wurden. Nicht aufgeführt sind die Kostenstellen der Dialyseabteilung (3) und der Kreißsaal (6). Der Grund liegt darin, dass bei diesen Fällen keine Kosten in den beiden Bereichen angefallen sind.

Tabelle 2.13: InEK Kostenmatrix: Verteilungsschlüssel der Fallkosten

Anlage 5		Personalkosten			Sachkosten					Infrastruktur	
		Ärztlicher Dienst	Pflege-dienst	Funktions dienst	Arzneimittel		Implantate	Übriger med. Bedarf		medizinisch	nicht me-dizinisch
		1	2	3	4a	4b	5	6a	6b	7	8
Normalstation	1	Pflegetage	PPR-Minuten	Pflegetage	PPR-Minuten	Ist-Verbrauch EKZ	nicht relevant	PPR-Minuten	Ist-Verbrauch EKZ	Pflegetage	Pflegetage
Intensivstation	2	Gewichtete Intensiv-stunden	Gewichtete Intensiv-stunden	Gewichtete Intensiv-stunden	Gewichtete Intensiv-stunden	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Gewichtete Intensiv-stunden	Ist-Verbrauch EKZ	Gewichtete Intensiv-stunden	Gewichtete Intensiv-stunden
Dialyseabteilung	3	Gewichtete Dialysen	Gewichtete Dialysen	Gewichtete Dialysen	Gewichtete Dialysen	Ist-Verbrauch EKZ	nicht relevant	Gewichtete Dialyse	Ist-Verbrauch EKZ	Gewichtete Dialyse	Gewichtete Dialyse
OP-Bereich	4	SNZ mit GZF und Rüstzeit	nicht relevant	SNZ/HLM m. GZF u. Rüstzeit	SNZ mit Rüstzeit	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	SNZ mit Rüstzeit	Ist-Verbrauch EKZ	SNZ mit Rüstzeit	SNZ mit Rüstzeit
Anästhesie	5	Anästhesiologiezeit und GZF	nicht relevant	Anästhesiologiezeit	Anästhesiologiezeit	Ist-Verbrauch EKZ	nicht relevant	Anästhesiologiezeit	Ist-Verbrauch EKZ	Anästhesiologiezeit	Anästhesiologiezeit
Kreißsaal	6	Zeit der Patient im Kreißsaal	nicht relevant	Zeit der Patient im Kreißsaal	Zeit der Patient im Kreißsaal	Ist-Verbrauch EKZ	nicht relevant	Zeit der Patient im Kreißsaal	Ist-Verbrauch EKZ	Zeit der Patient im Kreißsaal	Zeit der Patient im Kreißsaal
Kardiologische Diagnostik/ Therapie	7	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	nicht relevant	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Eingriffszeit / Punkte lt. LK
Endoskopische Diagnostik/ Therapie	8	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	nicht relevant	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Eingriffszeit / Punkte lt. LK
Radiologie	9	Punkte lt. LK	nicht relevant	Punkte lt. LK	Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Punkte lt. LK	Punkte lt. LK
Laboratorien	10	Punkte lt. LK	nicht relevant	Punkte lt. LK	Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Punkte lt. LK	Punkte lt. LK
Übrige Bereiche	11	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Ist-Verbrauch EKZ	Eingriffszeit / Punkte lt. LK	Eingriffszeit / Punkte lt. LK			

SNZ = Schnitt-Naht-Zeit, PPR = Pflege-Personal-Regelung, HLM = Herzlungenmaschine, LK = Leistungskatalog; EKZ = Einzelkostenzuordnung, GZF = Gleichzeitigkeitsfaktor

2.4.4 Ergebnis der Kostenkalkulation der G-DRG

Das Ergebnis der Kostenkalkulation sind in erster Linie die ca. 1.200 Fallgruppen mit Bewertungsrelationen und Parametern wie Verweildauer, Schweregrad und anderen Verteilungen der G-DRG, wie im oberen Teil der Abbildung 2.1 angezeigt. Im unteren Teil ist die Kostensituation der G-DRG dargestellt. Diese Kosten repräsentieren die Durchschnittskosten eines deutschen Krankenhauses für diese G-DRG.

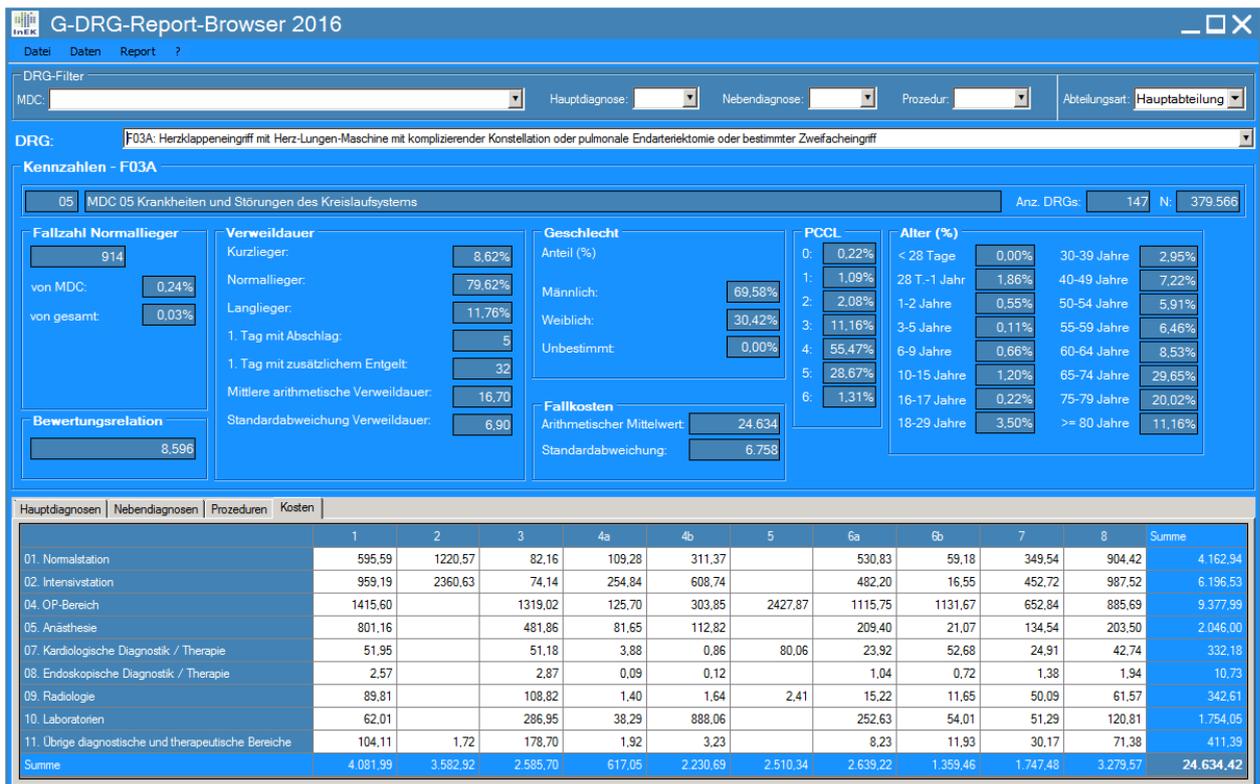


Abbildung 2.1: G-DRG-Report-Browser 2016 für die G-DRG F03A *Herzklappeneingriff mit Herz-Lungen-Maschine mit komplizierender Konstellation oder pulmonale Endarteriektomie oder bestimmter Zweifacheingriff*

2.5 Fragestellung der Dissertation

Das Thema der Dissertation lässt sich auf drei grundsätzliche Fragen reduzieren. Die erste Fragestellung ist: Lassen sich aus den Routedaten der Krankenhausinformationssysteme die Scores retrospektiv mit einer hohen Güte berechnen, um daraus Kostendaten zu prognostizieren? Die zweite Fragestellung lautet: Lassen sich die Kostendaten durch die Scores so genau prognostizieren, dass die Krankenhäuser ggf. auf eine klassische Kostenkalkulation verzichten können bzw. können die prognostizierten Kosten für die Krankenhäuser schon während des Aufenthaltes als Frühindikatoren dienen, um Patienten oder Patientengruppen mit Extremkosten zu identifizieren? Und die dritte Frage lautet: Lässt sich der Score in der Anzahl seiner Items ohne einen Qualitätsverlust der Ergebnisse reduzieren, um den Mitarbeitern die Erfassung des Scores zu erleichtern?

3 Methodik

3.1 Auswahl der Scores

Im Folgenden wird die Auswahl der verschiedenen Scores vorgestellt und begründet.

3.1.1 Therapeutic Intervention Scoring System 28 (TISS-28)

Der TISS-28 zählt heute zu den meistgenutzten Scores in Krankenhäusern. [45, 25, 26, 24, 38] Zusätzlich ist er als eine Kombination aus Teilen des SAPS II und TISS-28 Teil der IMKB zur Bewertung von Intensivpatienten im G-DRG-System [23, 46]. In einer spanischen Multicenterstudie von Castillo-Lorente et al. aus dem Jahr 2000 wurde eine hohe Korrelation zwischen TISS-28 und TISS-76 mit $r = 0,85$ berechnet [47]. Aus diesen Gründen wurde der TISS-28 für diese Dissertation ausgewählt.

Die verwendete TISS-28-Version orientiert sich an den Vorgaben der DIVI. Dies beinhaltet auch einige Änderungen von Lefering [9] zu der ursprünglichen TISS-28-Version von Miranda et al. [8].

3.1.2 Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II (APACHE II)

Zwei Sachverhalte führen zur Wahl des APACHE II für diese Studie:

- Bei dem APACHE II handelt es sich um das verbreitetste Scoringssystem überhaupt [48].
- Im Gegensatz zu dem APACHE III, der bei einem regelgerechten Einsatz sehr kostenintensiv ist [49], ist der APACHE II ohne zusätzliche Lizenzkosten einsetzbar.

3.1.3 Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II)

Dieser Score ist in Deutschland weit verbreitet und wird unter anderem auch von dem InEK bei dem IMKB eingesetzt. [49] Er kann ohne zusätzliche Software berechnet werden. Zudem sagen einige Studien, dass der SAPS II dem SAPS III nicht unterlegen [50] sondern für chirurgische Fälle sogar besser geeignet ist [51]. Deshalb ist in dieser Dissertation die Entscheidung für den SAPS II gefallen.

3.1.4 Intensivmedizinische Komplexbehandlung (IMKB)

Die IMKB ist zur Zeit das einzige speziell für das G-DRG-System entwickelte Scoringssystem. Er ist für das G-DRG-System zur Zeit der wichtigste Score, da er durch die An-

steuerung einer höherwertigen G-DRG und damit zu einer Steigerung des Erlös für das Krankenhaus führen kann. Deshalb wird es in dieser Dissertation verwendet.

3.2 Patienten- und Fallauswahl

3.2.1 Klinische Leistungsgruppen (KLG)

Die Patientenauswahl konzentriert sich auf Erwachsene mit herzchirurgischen Operationen. Um eine Auswahl treffen zu können, müssen die Fälle auf Grundlage der durchgeführten Operationen klassifiziert werden. Die erste Idee, die Klassifikation der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) zu nutzen, erwies sich als ungeeignet, da diese Klassifikation als Leistungsstatistik benutzt wird. Nur einzelne Operationen werden klassifiziert, nicht aber der ganze Fall. Für diese Arbeit ist es aber wichtig, eine Klassifikation zu verwenden, die den ganzen Fall bewertet.

Die Lösung sind sogenannte KLGs, die auf der Arbeit von Roeder et al. der DRG-Research-Group am Universitätsklinikum Münster aus dem Jahr 2006 beruhen. [52] Hier wurde nach einer Lösung gesucht, die Schwächen der G-DRG bei der Leistungsplanung und -steuerung aus klinischer Sicht auszugleichen. Das Resultat war die Entwicklung der KLG als hierarchisch-medizinische Klassifikation, bei der ein Fall immer nur einer KLG zugeordnet wird.

Im Controlling des DHZB wurde in Abstimmung mit den herzchirurgischen und kardiologischen Kliniken eine auf der Methode von Roeder basierende KLG entwickelt. Diese sind speziell auf das kardiologische und herzchirurgische Leistungsspektrum zugeschnitten. Auf Grundlage des Alters des Patienten, der Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) und der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD) werden aus dem Datensatz nach § 21 Krankenhausentgeltgesetz (KHEntgG) die Informationen extrahiert. Jeder Fall wird einer der in Tabelle 3.1 aufgeführten, hierarchisch aufgebauten KLGs zugeordnet. Diese Klassifikation wird u. a. im Deutschen Herzzentrum München (DHM), im Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen (HDZ NRW), in Bad Oeynhausen, im Deutsches Kinderherzzentrum (DKHZ) in St. Augustin und in der Sana Herzchirurgie Stuttgart eingesetzt. Haupteinsatzgebiete sind zum einen die Leistungsplanung und -steuerung. Zum anderen dienen die KLGs als Instrument zum Benchmarking zwischen den Herzzentren.

Code Nr.	Klinische Leistungsgruppe
1000	Herz-Lungentransplantation
1010	Lungentransplantation
1020	Herztransplantation
1030	Herzunterstützungssystem
1040	Komplexe AHF-OP mit HLM, Alter <= 3 Monate
1050	Aortaler Eingriff mit HLM in tiefer Hypothermie
1060	Aortaler Eingriff mit HLM ohne tiefe Hypothermie
1070	Komplexe AHF-OP mit HLM, Alter >3 Monate und <=14 Jahre
1080	Endovaskuläre aortale Stentgraftprothese
1090	Einfache AHF-OP mit HLM, Alter <= 3 Monate
1100	Minimalinvasive Operationen an Herzklappen
1110	CABG und Herzklappe
1120	Komplexe AHF-OP mit HLM, Alter >14 Jahre
1130	Herzklappe
1140	CABG
1150	Einfache AHF-OP mit HLM, Alter >3 Monate und <= 14 Jahre
1160	Einfache AHF-OP mit HLM, Alter >14 Jahre
1170	OP sonstige mit HLM
1180	Aortaler Eingriff ohne HLM
1190	AHF-OP ohne HLM, Alter <= 3 Monate
1200	AHF-OP ohne HLM, Alter >3 Monate und <= 14 Jahre
1210	Katheterintervention, Alter <= 3 Monate
1220	Katheterdiagnostik, Alter <= 3 Monate
1230	AHF-OP ohne HLM, Alter >14 Jahre
1240	Kleine Gefäßeingriffe
1250	Katheterintervention, Alter >3 Monate und <= 14 Jahre
1260	AICD
1270	Herzschrittmacher
1280	Drahtentfernung, Reverdrahtung
1290	LTX-Nachsorge
1300	HTX-Nachsorge
1310	Assist Pumpenwechsel
1311	AICD/HSM Wechsel, Korrektur und Entfernung
1320	Sonstige kardiale Eingriffe ohne HLM
1330	Sonstige nicht-kardiale Eingriffe ohne HLM
1340	EPU/Ablation
1350	Med. Evaluation zur TX mit Listung
1360	Med. Evaluation zur TX ohne Listung
1370	Katheterintervention, Alter >14 Jahre
1380	Katheterdiagnostik, Alter >3 Monate und <= 14 Jahre
1390	Katheterdiagnostik, Alter >3 Monate und >14 Jahre
1400	Immunadsorption
1410	Prä-TX
1420	Wiederaufnahme Assist
1430	Kardiomyopathie konservativ
1440	Endokarditis
1450	Konservative AHF
1460	Aorta konservativ
1470	Konservative kardiale Herzerkrankungen
1471	Kardioversion
1480	Sonstige konservativ

Tabelle 3.1: Klinische Leistungsgruppen für kardiologische und herzchirurgische Leistungen. Die Code-Nr. gibt die Hierarchieebene der einzelnen KLG an.

In Abbildung 3.1 ist der Algorithmus der ersten beiden Hierarchieebenen, Herz-Lungentransplantation und Lungentransplantation, der KLGs des DHZB dargestellt. Dieser Algorithmus wird seit 1985 täglich für alle Patienten berechnet. Dadurch wird gewährleistet, dass Änderungen der Regeln auch rückwirkend berücksichtigt werden, was die Vergleichbarkeit der Daten sicherstellt. Prospektiv müssen auch Änderungen, die durch das Deutsche Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) jährlich in dem OPS- und ICD-Katalog eingepflegt werden, berücksichtigt werden.

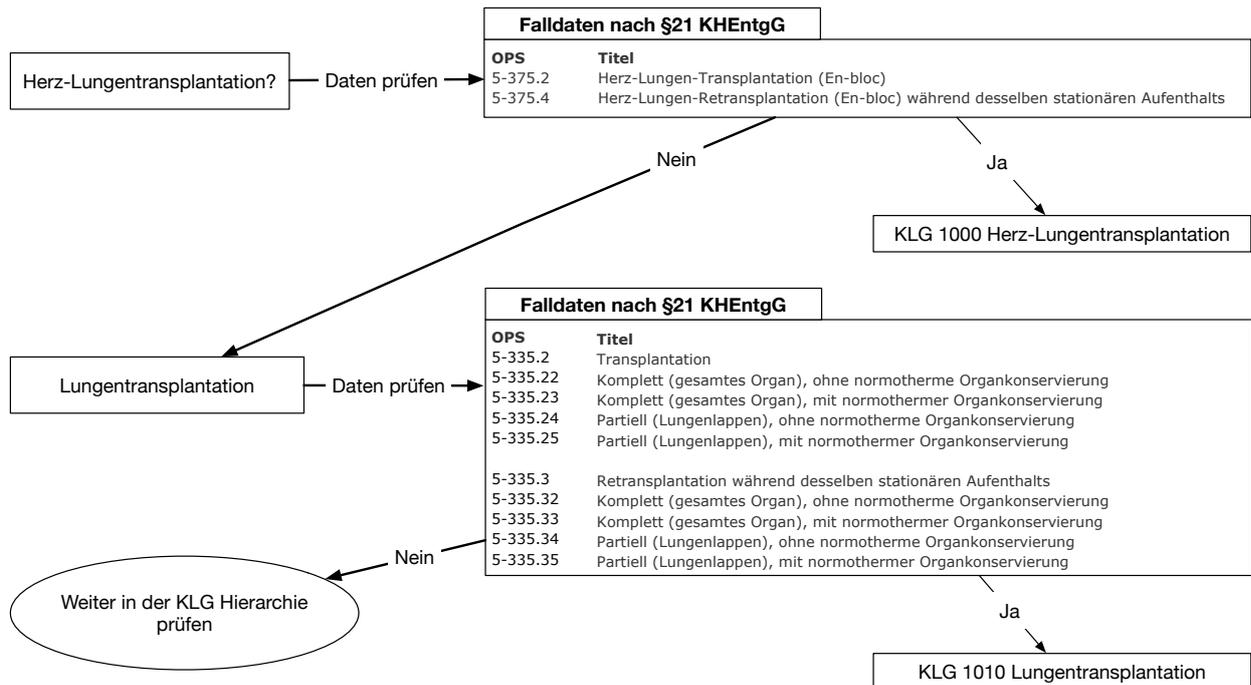


Abbildung 3.1: In Anlehnung an Roeder et al. [52]: Algorithmus zur Berechnung der kardiologisch/herzchirurgischen Klinischen Leistungsgruppen (KLG) am DHZB.

Entscheidung

Die Patientenauswahl fiel auf die drei KLGs mit den höchsten Fallzahlen der Jahre 2008 bis 2013: Fälle mit einer Kombination aus CABG und Herzklappe (KLG 1110), der isolierten CABG (KLG 1130) und der isolierten Herzklappenoperation (KLG 1140), da diese drei KLGs die Hauptleistungen der Herzchirurgie abbilden.

3.2.2 Ausschluss von Fällen

Über die drei Klinischen Leistungsgruppen (KLG)s wurden Fälle mit Angeborenen Herzfehlern (AHF) im Bereich der Herzklappen automatisch ausgeschlossen, da es für die Fälle eine eigene KLG gibt und diese nicht Teil der Arbeit sein sollen. Da es aber immer

wieder Fälle mit AHF gibt, die mit OPS aus dem Erwachsenen-Bereich kodiert werden, wurden 75 Fälle mit Patienten unter 18 Jahren am Aufnahmetag ausgeschlossen.

Das DHZB behandelt auch Patienten, die als Besonderheit räumlich nicht im DHZB operiert werden. Diese Fälle wurden in dieser Dissertation nicht berücksichtigt, da hier keine prä- und postoperative Liegezeit im DHZB vorhanden ist. Diese Patienten werden im Paulinenkrankenhaus (PKH) in Operationssälen, die dem DHZB gehören, operiert. Die prä- und postoperativen Behandlungen übernimmt das PKH. Ende 2014 wurde diese Operation vom PKH in das DHZB verlagert. Dadurch steigt die Fallzahl 2015 um 136 Fälle an. Dieser Umstand ist wichtig, da dadurch der Unterschied zwischen Fällen von 2014 (1.487) und 2015 (1.623) plausibel zu erklären ist.

Auch 257 Fälle, die über den Jahreswechsel hinweg im Krankenhaus lagen, wurden nicht berücksichtigt. Diese im G-DRG-System als Überlieger bezeichneten Fälle wurde von 2008 bis 2013 bei der InEK-Kostenkalkulation nicht berücksichtigt. Somit standen keine Kostendaten zur Analyse zur Verfügung.

Insgesamt waren für die Jahre 2008 bis 2013 9.618 Fälle zur Analyse verfügbar. Die Verteilung über die KLGs und Jahre ist in der Tabelle 3.2 dargestellt.

Tabelle 3.2: Anzahl der Fälle zur Korrelationsberechnung der KLG 1140 CABG und Herzklappe, 1130 Herzklappenoperationen und 1140 CABGs

Datenjah	CABG & Klappe	Klappe	CABG	Gesamt
2008	278	516	933	1.727
2009	292	567	816	1.675
2010	294	568	808	1.670
2011	270	546	801	1.617
2012	251	495	741	1.487
2013	237	504	701	1.450
Gesamt	1.622	3.196	4.800	9.626

Um die Ergebnisse der Analysen aus den Jahren 2008 bis 2013 zu validieren, stehen Daten aus den Jahren 2014 und 2015 zur Verfügung. Die Fälle aus dem Jahr 2014 (n = 1.487) sind vom Leistungsgerüst direkt mit den Vorjahren vergleichbar, da sie noch unter dem gleichen Klinikdirektor erbracht wurden. 2015 wurden mit dem Wechsel des Klinikdirektors und der ärztlichen Führungsebene Änderungen im Leistungsspektrum und den Operationstechniken der Fälle (n = 1.623) eingeführt.

Im Bereich der KLG 1140 CABG fand ein Wechsel auf Minimally Invasive Direct Coronary Artery Bypass (MIDCAB) und Off Pump Coronary Artery Bypass (OPCAB) statt. Gleichzeitig wurden die Crafts von Venen auf Arterien und in der Entnahmetechnik von

offen-chirurgischen auf endoskopische Entnahmen verlagert. Bei den Herzklappenoperationen stehen seit 2015 Mitralklappenrekonstruktionen und minimalinvasive Klappenoperationen im Vordergrund. All diese Änderungen führten zu einer Verschiebung und Änderung der Kosten- und Leistungsstruktur des DHZB.

Tabelle 3.3: Anzahl der Fälle zur prospektiven Überprüfung der Ergebnisse der Analysen der Jahre 2008 bis 2013 auf Grundlage der KLG 1110 CABG und Herzklappe, 1130 Herzklappenoperationen und 1140 CABGs

Datenjahr	CABG & Klappe	Herzklappe	CABG	Gesamt
2014	239	498	750	1.487
2015	257	610	756	1.623
Gesamt	496	1.108	1.506	3.110

3.3 Informationstechnik – Infrastruktur am DHZB zur Datenextraktion

Das DHZB verfügt über eine Vielzahl von Informationstechnik (IT)-Systemen für unterschiedliche Aufgabengebiete. Für diese Dissertation wurden Daten aus sieben verschiedenen Systemen verwendet, die in Tabelle 3.4 dargestellt sind. Es handelt sich um drei Krankenhausinformationssysteme (KIS), zwei Laborinformationssysteme (LIS), ein Management-Informationssystem (MIS) und zwei Patientendatenmanagementsysteme (PDMS).

Tabelle 3.4: Informationstechnik – Infrastruktur am Deutsches Herzzentrum Berlin

Systemart	IT-Systems	Hersteller	In Betrieb
KIS & LIS	VistA	U.S. Department of Veterans Affairs	1986 - 2008
KIS	Medfolio	NEXUS AG	seit 2009
KIS	Medicare	NEXUS AG	seit 2009
LIS	Swisslab	Roche Diagnostics IT Solutions	seit 2009
PDMS	Sunrice Critical Care	Eclipsys Solutions	1997 - 2011
PDMS	m.Life	medisite Systemhaus GmbH	seit 2012
MIS	eisTIK.NET	KMS Vertrieb und Services AG	seit 2006

In den nächsten Abschnitten (Abschnitt 3.3.1 bis 3.3.5) werden die Systeme beschrieben, aus denen Daten für diese Arbeit extrahiert wurden. Dazu kommen noch zwei exter-

ne Datenquellen in Abschnitt 3.3.6, die Kosten.CSV mit den Kostendaten der Fälle und die Anatomisch-Therapeutisch-Chemische Klassifikation für die Medikamente.

3.3.1 Veterans Health Information Systems and Technology Architecture (VistA)

VistA ist ein System, das vom U.S. Department of Veterans Affairs ¹¹ in den USA entwickelt wurde und ein komplettes Krankenhausinformationssystem mit Laborinformationssystem und Blutbank enthält. In VistA sind unter anderem alle Aufnahme-, Verlegungs- und Entlassungsinformationen, also der klassische Admission, Transfer, Discharge (ADT)-Prozess, Operationsdokumentationen, Abrechnungsdaten wie die Diagnosen des ICD-Kataloges und die Prozeduren des OPS-Kataloges, Laborwerte und alle Informationen der Blutbank vorhanden. Als Datenbank dient die proprietäre, hierarchische Datenbank Caché der Firma InterSystems¹². Die Programmiersprache Caché ObjectScript zur Abfrage der Datenbank beruht auf dem Massachusetts General Hospital Utility Multi Programming System (MUMPS), das ursprünglich für Virtual Address eXtension (VAX), eine Rechnerarchitektur der Digital Equipment Corporation, entwickelt wurde. Das System wurde am 31.12.2008 abgeschaltet und durch ein separates KIS und LIS ersetzt. Da die Daten aus VistA nur innerhalb des Systems zur Auswertung genutzt werden können, wurden für diese Arbeit alle relevanten Daten in eine Oracle-Datenbank transferiert. Dadurch ist der Zugriff auf Altdaten vor 2009 zu Auswertungszwecken möglich.

3.3.2 Medicare und Medfolio

Beide Systeme wurden am 01.01.2009 im DHZB als Ersatz für den KIS-Bestandteil von VistA in Betrieb genommen. In *Medicare* werden alle administrativen Prozesse, wie zum Beispiel der ADT-Prozess und die G-DRG-Ermittlung, zur Abrechnung dokumentiert. Das System arbeitet auf Basis einer Oracle-Datenbank und die Daten sind in Echtzeit auswertbar. Der Zugriff erfolgt über sogenannte Views auf die Datenbank. Medfolio ist der Teil des KIS-Systems, der für das Behandlungsmanagement zuständig ist. Hier wird anhand von krankenhausspezifischen Formularen die Anästhesie-, Operations- und Materialdokumentation vorgenommen. Im Gegensatz zu Medicare sind die Daten nicht in Echtzeit verfügbar, sondern werden einmal pro Nacht in auswertbare Tabellen übertragen.

¹¹http://www.va.gov/VISTA_MONOGRAPH; Zugriff am 01.10.2016

¹²<http://www.intersystems.de/cache/index.html>; Zugriff am 01.10.2016

3.3.3 Sunrise Critical Care (SCC)

SCC ist ein System der Firma Eclipsys¹³ zur medizinischen Dokumentation, ein sogenanntes Patientendatenmanagementsystem. Auf der einen Seite werden in diesem System alle pflegerischen und ärztlichen Informationen gespeichert. Hierzu zählen unter anderem Therapiepläne mit Medikamentengaben, ärztliche und pflegerische Verlaufsdocumentationen, ärztliche Anordnungen und Checklisten der Patientenbeobachtung (z. B. neurologischer Status, Dekubitusstatus usw.). Auf der anderen Seite werden jede Minute Daten aus Laborsystemen, Überwachungs- und Beatmungsgeräten in den Datenbanken gespeichert. Die Datenbank des Systems ist proprietär und nicht mit den gängigen Tools ansprechbar. Deshalb speichert das System alle Daten in Echtzeit in einer Oracle-Datenbank, die zu Auswertungszwecken zur Verfügung steht. SCC war bis 2012 15 Jahre lang in Betrieb und wurde schließlich durch m.Life der Firma medisite ersetzt.

3.3.4 Swisslab

Bei Swisslab handelt es sich um ein LIS der Firma Roche Diagnostics. Dieses System beinhaltet neben dem Laborsystem auch eine Blutbankverwaltung. Swisslab löste am 17.02.2009 den LIS-Bestandteil von VistA ab. Das System beruht auf dem Datenbanksystem SYBASE. Die Dokumentation des Datenbankmodells ist sehr genau und vollständig vorhanden. Das Labor des DHZB liefert täglich mehrere tausend Laborwerte an die Stationen aus.

3.3.5 Qlikview

Die im DHZB eingesetzte BI-Software Qlikview erfüllte für diese Arbeit vier Hauptaufgaben. Als erster Schritt wurde ein Extract, Transform, Load (ETL)-Prozess der benötigten Daten durchgeführt (siehe Abschnitt 3.4.1). Im nächsten Schritt wurden die vier Scores, die unter Abschnitt 3.1 ausgewählt wurden, berechnet. Dieser Vorgang wird in Abschnitt 3.4.2 detailliert beschrieben. Im Anschluss fand die Anpassung der Kostendaten an die Preisentwicklung und die Bereitstellung der Daten für die Statistikprogramme SPSS und R statt.

3.3.6 Externe Datenquellen

Kosten.CSV der InEK-Kalkulation

Unter der sogenannten „Kosten.CSV“ versteht man eine Textdatei im Comma Separated Values (CSV)-Format. In dieser Textdatei befinden sich die Kostendaten des Krankenhau-

¹³<http://www.eclipsys.com/>; Zugriff am 01.10.2016

ses, das an der InEK-Kalkulation teilnimmt. Diese Dateien entsprechen der Systematik der InEK, wie schon in Abschnitt 2.4.3 beschrieben und in Tabelle 2.13 dargestellt. Diese Dateien lagen für die Jahre 2008 bis 2015 vor. In der Krankenhauslandschaft sind diese Dateien der „Heilige Gral“, da hier das Krankenhaus bis auf die einzelnen Kostenstellen und -arten des einzelnen Patienten transparent dargestellt wird. [53] Dieser Umstand führte dazu, dass die Krankenhausleitung des DHZB der Nutzung der Daten nur zustimmte, wenn diese Dissertation für zwei Jahre gesperrt würde. In Abbildung 3.2 sind Auszüge der Datei für einen Fall und die Kostenstellen Normalstation (1) und Intensivstation (2) beispielhaft dargestellt. Insgesamt umfasst die Kosten.CSV im DHZB für jedes Datenjahr ca. 300.000 Einzelinformationen bzw. Zeilen.

1 = Normalstation 3 = Funktionsdienst 2 = Pflegedienst
7 = med. Infrastruktur
8 = nicht med. Infrastruktur

Kosten CSV			
Fallnummer	Kostenstellen	Kostenart	Kostenwert
6100259639	1	8	133,52 €
6100259639	①	7	79,12 €
6100259639	1	③	6,95 €
6100259639	1	②	199,99 €
6100259639	1	①	163,03 €
6100259639	1	6a	32,69 €
6100259639	1	4a	20,06 €
6100259639	②	⑧	1.210,73 €
6100259639	2	⑦	754,05 €
6100259639	2	2	3.118,83 €
6100259639	2	1	1.354,57 €
6100259639	2	⑥a	731,11 €
⑥100259639	2	④b	3,73 €
6100259639	2	④a	383,35 €

Fallnummer des Patienten 2 = Intensivstation 4a / 4b = Medikamente
6a = Medizinischer Sachbedarf 1 = Arztdienst

Abbildung 3.2: Auszug aus der Kosten.CSV für die Kostenstellen Normalstation und Intensivstation.

Anatomisch-Therapeutisch-Chemische Klassifikation

Diese Klassifikation wird seit 2004 von dem DIMDI als amtlicher Katalog für Medikamente im Auftrag der Bundesregierung herausgegeben. [54] Die Anatomisch-Therapeutisch-Chemische Klassifikation (ATC) ist in fünf Hierarchieebenen eingeteilt, wobei auf der ersten Ebene die Hauptwirkung des Medikamentes auf das Organ oder System dargestellt wird. Auf der zweiten und dritten Ebene findet eine Aufteilung nach Therapiegruppen statt. In den beiden letzten Ebenen sind die Medikamente nach chemischen Strukturen geordnet. [55] Diese Klassifikation ist für diese Arbeit von sehr großer Bedeutung, denn damit wurden die Medikamente aus den einzelnen IT-Systemen identifiziert, gruppiert und für die Berechnung der Scores verwendet. Für die Arbeit wurde die ATC-Klassifikation in den Versionen von 2008 bis 2015 genutzt. In der Tabelle ist die ATC auszugsweise dargestellt.

Tabelle 3.5: Auszug aus der ATC-Klassifikation für Medikamente

Ebenen Code	Beschreibung
J	Antiinfektiva zur systemischen Anwendung
J01	Antibiotika zur systemischen Anwendung
J01C	Betalactam-Antibiotika, Penicilline
J01CA	Penicilline mit erweitertem Wirkungsspektrum
J01CA01	Ampicillin
J01CA02	Pivampicillin
J01CA03	Carbenicillin

3.4 Programmiertechnisches Vorgehen

3.4.1 Rohdaten

Für die in Tabelle 3.2 dargestellte Kohorte von 2008 bis 2013 standen insgesamt 85.695.476 Einzelparameter (siehe Tabelle 3.7) zur Berechnung der Scores zur Verfügung. Für die Berechnung der Kohorten der Jahre 2014 und 2015 in Tabelle 3.3 waren es 110.438.321 Datensätze. Dass innerhalb der Parameter von 2012 zu 2013 mehr Datensätze vorhanden waren als in den sechs Jahren zuvor, ist erklärbar: Die Steigerung der Datensätze geht auf den Wechsel der Patientendatenmanagementsysteme zurück. Bei dem System SCC wurden die Vitalwerte der Patienten per Mausklick manuell am Monitor durch den Arzt oder die Pflegekraft validiert und in den Datenbanken gespeichert. Das passiert auf den Intensivstationen stündlich und auf den Normalstationen alle 2–4 Stunden. Das neue

System m.Life speichert die Daten automatisch einmal pro Minute in die Datenbank. So ist zum Beispiel erklärbar, weshalb bei dem Parameter Zentraler Venen-Katheter (ZVK) 2011 nur 150.688 Werte und im Jahr 2013 6.405.171 Wert zur Verfügung standen. Da dieses System im Oktober 2012 eingeführt wurde, bietet dieses Jahr eine Mischung aus Werten aus dem alten und dem neuen PDMS.

Gleiches gilt im umgekehrten Fall zum Beispiel für den Parameter Maschinelle Beatmung. Während im alten PDMS der Beatmungsstatus stündlich und bei Veränderung erfasst wurde, wird im neuen System der Beatmungsstatus „nur“ noch bei Schichtbeginn der Pflege – also dreimal täglich – und bei Veränderung erfasst. Dies führt dazu, dass sich die Anzahl der Werte vom Jahr 2011 zu 2013 halbierte. Da die Scorepunkte immer für einen Tag ermittelt werden, hat dieser Abfall bzw. Anstieg der Anzahl der Werte keinen Einfluss auf die Qualität der Scoreermittlung.

Tabelle 3.6: Rohdaten der Berechnungsjahre 2014 und 2015

Parameter	IMKB	SAPS	APACHE	TISS	2014	2015	Parameter	IMKB	SAPS	APACHE	TISS	2014	2015
Oxygenierung APACHE II			x		8.461	8.972	Serum Bikarbonat	x	x			74.204	87.481
Oxygenierung SAPS	x	x			42.172	42.474	Kalium	x	x	x		84.294	93.575
Mechanische Beatmung	x			x	14.125	13.699	Natrium	x	x	x		83.806	93.549
Atemunterstützung				x	43.853	47.569	pH arteriell			x		97.911	114.222
Künstliche Luftwege				x	36.918	18.905	Leukozyten	x	x	x		14.740	16.389
Lungenfunktion bessern				x	6.781	5.897	Laboruntersuchungen				x	732.860	883.027
Atemtherapie				x	15.089	14.389	Azidose / Alkalose	x			x	1.930	1.686
Medikation				x	360.373	422.571	Enterale Ernährung				x	5.147	2.214
Verbandswechsel				x	31.374	37.470	Parenterale Ernährung				x	6.755	6.463
Drainagen				x	28.659	39.288	Urinausscheidung	x	x			135.198	144.777
Alter	x	x	x		18.791	21.143	Nierenersatzverfahren	x			x	4.152	3.528
Vorerkrankungen	x	x			68.653	73.884	Bilanzierung				x	135.198	144.777
Chronic Health Score			x		1.502	1.635	Diuretika				x	28.833	31.244
Vasoaktive Medikamente	x			x	8.827	9.946	Interventionen a. d. ICU	x			x	2.384	2.456
Flüssigkeitsersatz	x			x	33.772	35.354	Inter. außerhalb der ICU	x			x	113.818	135.336
Arterie	x			x	5.942.630	6.864.914	MAD				x	6.158.034	7.081.523
ZVK				x	7.432.881	8.184.401	systolischer Blutdruck	x	x			6.158.962	7.082.712
Reanimation				x	41	27	Atemfrequenz				x	189.751	196.283
Pulmonalkatheter	x			x	997.759	814.273	Herzfrequenz	x	x	x		16.744.438	17.772.977
Haematokrit			x		14.752	16.389	Temperatur	x		x		6.500.160	7.425.902
Kreatinin			x		13.980	15.670	Standardmonitoring				x	40.779	47.601
Harnstoff	x	x			13.918	15.626	ICP Druckmessung	x			x	0	0
Bilirubin	x	x			8.093	9.345	Gesamt					52.456.758	58.081.563

Tabelle 3.7: Rohdaten der Berechnungsjahre 2008 bis 2013

Parameter	IMKB	SAPS	APACHE	TISS	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Gesamt
Oxygerierung APACHE II			x		5.718	6.912	8.491	8.656	5.623	5.903	41.303
Oxygenierung SAPS	x	x			43.193	43.524	39.926	37.166	27.979	27.344	219.132
Mechanische Beatmung	x			x	98.306	102.038	111.822	116.079	77.865	11.613	517.723
Atemunterstützung				x	90.706	89.439	90.884	93.670	81.472	45.101	491.272
Künstliche Luftwege				x	55.894	69.978	62.134	73.068	66.516	29.310	356.900
Atemtherapie				x	21.578	21.796	22.737	17.820	12.394	19.124	125.572
Medikation				x	1.124.227	2.930.227	2.907.738	2.657.182	1.857.585	323.229	11.800.188
Verbandswechsel				x	5.961	6.341	7.283	6.592	11.407	26.460	64.044
Drainagen				x	31.512	30.128	31.369	30.201	48.014	25.125	196.349
Alter	x	x	x		20.478	19.869	19.677	18.138	18.236	19.273	115.671
Vorerkrankungen	x	x			75.014	73.214	77.902	74.390	68.730	65.457	434.707
Chronic Health Score			x		1.716	2.055	2.149	2.006	1.692	1.545	11.163
Vasoaktive Medikamente	x			x	112.194	343.698	347.208	205.411	315.887	5.879	1.330.277
Flüssigkeitsersatz	x			x	47.328	48.973	47.804	40.341	45.254	37.953	267.653
Arterie	x			x	122.938	124.510	130.597	130.470	1.205.168	5.136.778	6.850.461
ZVK				x	127.147	135.402	143.450	150.686	1.455.152	6.405.171	8.417.008
Reanimation				x	42	41	65	36	33	26	243
Pulmonalkatheter	x			x	37.096	29.577	31.121	27.813	220.189	800.066	1.145.862
Haematokrit			x		13.582	13.916	13.791	13.967	13.227	14.500	82.983
Kreatinin			x		13.203	13.639	13.523	13.411	12.563	13.354	79.693
Harnstoff	x	x			12.871	13.388	13.427	13.375	12.518	13.309	78.888
Bilirubin	x	x			7.333	7.732	7.401	7.920	7.110	7.519	45.015
Serum Bikarbonat	x	x			105.587	109.073	70.616	69.790	54.977	58.162	468.205
Kalium	x	x	x		77.328	78.023	80.497	78.135	63.402	67.354	444.739
Natrium	x	x	x		77.348	78.111	79.793	77.413	63.355	67.468	443.488
pH arteriell			x		57.246	59.744	98.254	96.902	73.098	73.394	458.638
Leukozyten	x	x	x		13.583	13.896	13.792	13.963	13.231	14.498	82.963
Laboruntersuchungen				x	496.099	548.427	595.158	634.008	541.616	581.138	3.396.446
Azidose / Alkalose	x			x	2.688	6.911	7.924	7.092	3.253	1.560	29.428
Enterale Ernährung				x	23.869	26.402	30.246	33.166	19.439	4.865	137.987
Parenterale Ernährung				x	32.687	45.132	42.855	49.179	29.148	6.034	205.035
Urinausscheidung	x	x			149.975	145.341	152.232	149.356	129.439	123.647	849.990
Nierenersatzverfahren	x			x	7.137	5.533	3.961	3.169	3.501	2.420	25.721
Bilanzierung				x	149.975	145.341	152.232	149.356	129.439	123.647	849.990
Diuretika				x	53.224	52.305	52.086	51.476	45.699	28.951	283.741
Interventionen auf der ICU	x			x	3.066	3.062	3.545	3.121	2.650	2.283	17.727
Inter. außerhalb der ICU	x			x	151.236	113.625	120.365	126.772	104.370	100.936	717.304
MAD			x		219.502	216.301	229.040	235.652	1.345.849	5.367.796	7.614.140
systolischer Blutdruck	x	x			219.540	216.327	229.082	235.691	1.345.919	5.368.114	7.614.673
Atemfrequenz			x		28.266	35.992	35.438	51.440	217.500	174.746	543.382
Herzfrequenz	x	x	x		246.810	241.228	255.980	257.475	3.568.670	16.402.235	20.972.398
Temperatur	x		x		140.644	142.908	153.567	159.742	1.277.234	5.745.271	7.619.366
Standardmonitoring				x	42.703	41.656	41.554	40.344	39.959	41.762	247.978
ICP Druckmessung	x			x	0	0	0	30	0	0	30
Gesamt					4.366.550	6.451.735	6.578.716	6.381.756	14.526.399	47.390.320	85.695.476

3.4.2 Berechnung der Scores

Die Scorepunkte für alle vier in dieser Arbeit berücksichtigten Scores wurden aus den vorhandenen Datenbanken (Tab. 3.7 und Tab. 3.6) vollständig automatisiert berechnet. Möglich war dies, da das DHZB seit 1997 alle medizinischen Daten in den in Tabelle 3.4 aufgeführten Systemen speichert. Für jeden Parameter der Scores wurde eine eigene Applikation zur Extraktion der Rohdaten aus den IT-Systemen mit anschließender Berechnung der Scorepunkte in dem BI-System Qlikview programmiert. In der Abbildung 3.3 ist der komplette Prozess der Datenextraktion aus den DHZB-Produktivsystemen bis hin zur statistischen Analyse dargestellt.

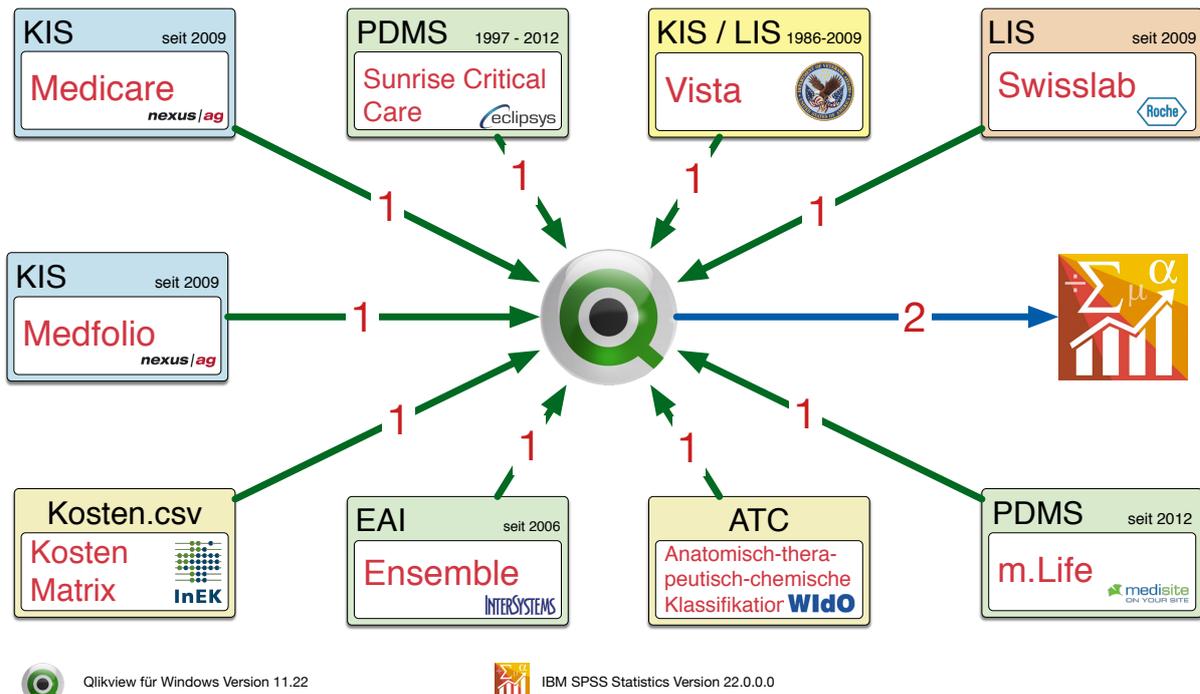


Abbildung 3.3: Der komplette Prozess der Datenextraktion (1) aus den Produktivsystemen des DHZB in das BI-System Qlikview mit anschließendem Export der Daten (2) nach IBM SPSS® zur statistischen Analyse.

Beispielhaft für das APACHE-II-Item Hämatokrit wird der Algorithmus zum Berechnen der Score-Punkte in dem Quellcode 3.1 dargestellt. Dieses Beispiel wurde gewählt, da sich die Punktzahl des Hämatokrit relativ leicht berechnen lässt. Zu diesem Zeitpunkt befinden sich die Rohdaten der Laborwerte aus den LIS schon in der Datenbank (Laborwerte.qvd) von Qlikview. Der Algorithmus besteht aus zwei logischen Teilen: Im ersten Teil, in Quellcode 3.1 zu sehen, werden für jeden einzelnen Hämatokritwert die Punkte berechnet.

Listing 3.1: Aus den Labordaten werden die vom Labor validierten Hämatokritwerte ab 2008 extrahiert und die Punkte für den Score berechnet.

```

1  /* Import der Laborwerte aus dem Laborsystem und Berechnung der Punkte für jeden Hämatokritwert */
2  LOAD   Aufnahmenummer,
3         daystart(Zeitpunkt) as Datum, /* Datum aus dem Zeitpunkt der Laborbestimmung bestimmen */
4         if( left(Einsender,1) = 'H', 'Normalstation', 'Intensiv ') as Stationsart, /* Bestimmung der Stationsart */
5         Einsender, /* Anfordernde Station */,
6         Zeitpunkt, /* Zeitpunkt der Laborbestimmung */
7         Laborwert, /* Hämatokritwert */
8
9         /* Auf Grundlage des Laborwertes die Punkte des \ac{APACHE} II Items "Hämatokrit" berechnen */
10        if(Laborwert >= 60 or Laborwert < 20, 4, /* Werte >= 60% oder < 20% mit 4 Punkten bewerten */
11        if((Laborwert >= 50 and Laborwert < 60) or (Laborwert >= 20 and Laborwert < 30), 2, /* 2 Punkte */
12        if(Laborwert >=46 and Laborwert <= 50,1,0)) as Punkte /* Werte >= 46% und <=50% mit 1 Punkt bewertet, Rest 0 */
13
14        /* Alle vom Labor validierten Hämatokritwerte ab 01. Januar 2008 laden */
15        from C:\QlikView_Dokumente\Connectoren\QVD\Laborwerte.qvd (qvd)
16        where year(Zeitpunkt) > '2007' and Labor_Name = 'HCT' and Status = 'validiert';

```

Der zweite Teil der Score-Berechnung findet im Quellcode 3.2 statt. In diesen Schritt werden die Ergebnisse aus dem Quellcode 3.1 auf einen Wert pro Patient und Tag redu-

ziert (Zeile 25). Neben diesem Punktwert wird noch der dazugehörige Laborwert (Zeile 26) und der Zeitpunkt der Laboruntersuchung (Zeile 27) abgespeichert. Dadurch ist es möglich, bei einer späteren Überprüfung der Punkte die Daten in der Primärdokumentation einfacher zu finden, nachzuvollziehen und zu verifizieren.

Für alle in Abschnitt 3.1 ausgewählten Scores werden so für jedes einzelne Item die Scorepunkte ausgerechnet und zugeordnet.

Listing 3.2: Die berechneten Scorepunkte für alle Laborwerten werden jetzt auf den höchsten Wert pro Patienten und Tag reduziert.

```

19  /* Pro Patient und Datum den Wert mit der höchsten Punktzahl extrahieren */
20  APACHE_II_Haematokrit:
21  Load
22      Aufnahmenummer, Datum, Station, Stationsart,
23      'Hämatokrit' as Item, /* Welches Scoreitem: Hämatokrit */
24      'APACHE_II' as Score, /* Welcher Score: \ac{APACHE} II */
25      max(Points) as Punkte, /* Höchster Punktwert der Hämatokritwerte des Patienten des Tages */
26      FirstSortedValue(Distinct Laborwert, -Points) as Item_Wert, /* Laborwert */
27      FirstSortedValue(Distinct Zeitpunkt, -Points) as Item_Zeitpunkt, /* Zeitpunkt des Laborwertes */
28  resident group by Aufnahmenummer, Datum, Station, Stationsart;

```

3.5 Anpassung der Kostendaten an die Preisentwicklung

Die Kosten in den Krankenhäusern unterliegen einem Anstieg des Preisniveaus, der sogenannten Inflationsrate. Für die Analysen, die sich von 2008 bis 2015 erstrecken, müssen die Daten (Kosten und Scores) methodisch vergleichbar sein. Die Algorithmen für die Berechnung der Scores bleiben über die Jahre gleich. Das heißt, eine Hämofiltration im TISS-28 wird immer mit drei Punkten bewertet. Die Kosten für die identische Hämofiltration verändern sich aber über die Jahre. Zum Beispiel steigen die Personalkosten durch Tarifierhöhungen oder die Dialysefilter werden teurer. Die Daten sind dadurch jahresübergreifend nicht mehr vergleichbar, da sich der lineare Zusammenhang der Daten und somit auch die Korrelationskoeffizienten ändern. Es muss also eine Methode gefunden werden, die Kostendaten der InEK-Kalkulation aus Abschnitt 2.4.2 jährlich anzupassen.

Für den Betrachtungszeitraum von 2008 bis 2013 standen drei Indizes zur Auswahl:

3.5.1 Verbraucherpreisindex

Der bekannteste Index für Inflationsraten ist der allgemeine Verbraucherpreisindex, der monatlich vom Statistischen Bundesamt (DESTATIS) für Deutschland ermittelt wird. In der Gliederung nach dem Verwendungszweck des Verbraucherpreisindex ist der Index für Gesundheitsleistungen in die Subgruppen „Ambulante Gesundheitsdienstleistungen“, „Ärztliche Dienstleistungen“, „Zahnärztliche Dienstleistungen“, „Dienstleistungen nicht-ärztlicher Gesundheitsdienstberufe“ und „Stationäre Gesundheitsdienstleistungen“ unterteilt.

[56] Von Nachteil ist, dass der Verbraucherpreisindex für „Stationäre Gesundheitsdienstleistungen“ keine Preissteigerungen im Bereich der Medizinprodukte, der Medikamente und von therapeutischen Geräten abbildet. Dies führt das DESTATIS in einzelnen Statistiken auf.

Tabelle 3.8: Verbraucherpreisindex für stationäre Gesundheitsleistungen

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
3,0 %	0,20 %	0,00 %	0,20 %	7,10 %	2,5 %	3,6 %	2,00 %

3.5.2 Grundlohnrate

Ein weiterer Index ist die Grundlohnrate. Die Grundlohnrate repräsentiert die Veränderungsrate der beitragspflichtigen Einnahmen der Gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) [57] aller beitragspflichtigen Mitglieder. Die Grundlohnrate ist im Sozialgesetzbuch V (SGB V) §71 Absatz 3 [57] gesetzlich verankert und wird vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) jährlich veröffentlicht. Bis 2011 wurde die Grundlohnrate als Veränderungswert der Landesbasisfallwerte und damit zum Ausgleich der Kostensteigerungen in Krankenhäusern genutzt. Die Grundlohnrate ist auf die Einnahmen bezogen und bildet dadurch die Kostenentwicklung in Krankenhäusern nur unzureichend ab. [58, 59]

Tabelle 3.9: Grundlohnrate für die Jahre 2008 bis 2015 auf Grundlage der Bekanntmachungen des Bundesministerium für Gesundheit (BMG)

2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
0,64 %	1,41 %	1,54 %	1,15 %	1,98 %	2,03 %	2,81 %	2,53 %

3.5.3 Orientierungswert

Besser geeignet scheint der sogenannte Orientierungswert, der 2012 die Grundlohnrate als Veränderungsrate der Landesbasisfallwerte für Krankenhäuser ablöste und im KHEntgG vom 17. März 2009 in § 10 Absatz 6 geregelt wird. [60] Der Orientierungswert wurde speziell entwickelt, um die Kostensteigerungen in Krankenhäusern zu berechnen. [61] Er berücksichtigt sowohl die Sachkosten- als auch die Personalkostensteigerungen. Der Nachteil für diese Arbeit ist, dass er erst seit dem Jahr 2012 berechnet wird und somit keine Lösung für die Jahre 2008-2011 bietet.

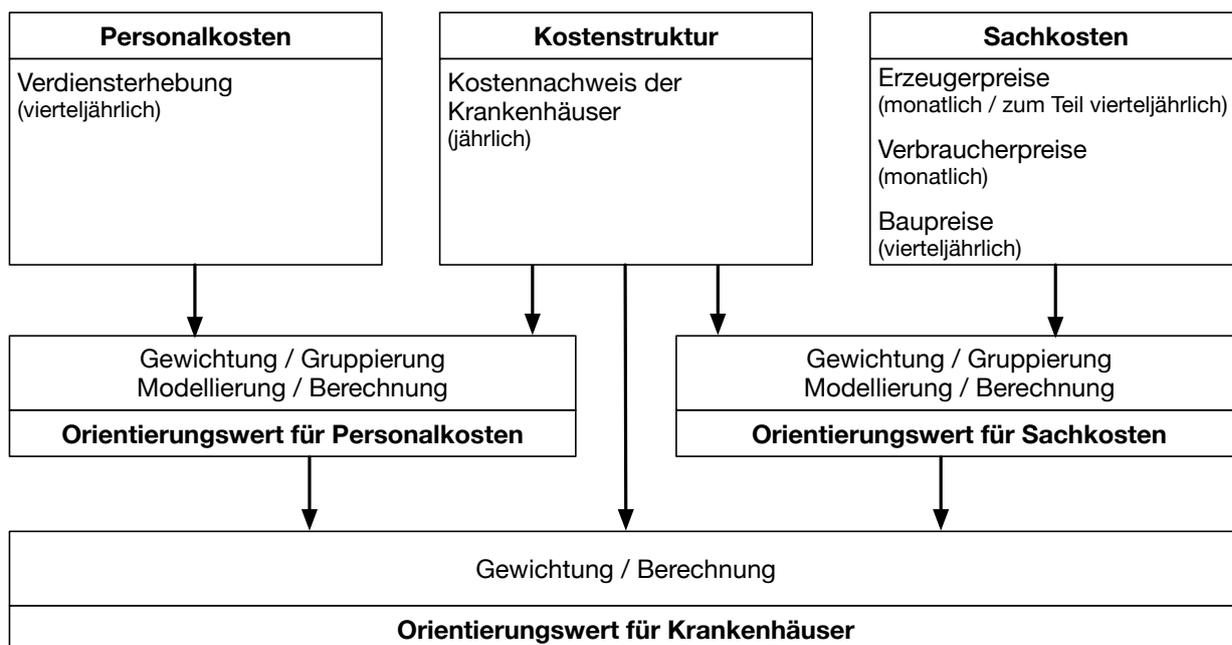


Abbildung 3.4: Vereinfachte Darstellung der Berechnung des Orientierungswertes durch das DESTATIS [61]

Tabelle 3.10: Berücksichtigung der Kostensteigerung, zusammengesetzt aus der Grundlohnrate und dem Orientierungswert

Orientierungswert							
2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
nicht berechnet				2,00 %	2,02 %	1,44 %	1,57 %

3.5.4 Entscheidung für einen Preissteigerungsindex

Der Verbraucherpreisindex ist aufgrund der in Abschnitt 3.5.1 genannten Nachteile nur bedingt für die Anpassung der Kostendaten geeignet und wird nicht berücksichtigt. Der Orientierungswert bildet die Kostensteigerungen im Krankenhaussektor am besten ab, da er sowohl Sach- und Personalkosten als auch die Kostenstrukturen, wie in Abbildung 3.4 dargestellt, heranzieht. Da er für die Jahre 2008 bis 2015 aber nicht durchgehend verfügbar ist, wird er nicht zur Berechnung der Kostensteigerung in dieser Arbeit verwendet. Die Entscheidung für eine Methode fällt auf die Grundlohnrate, die für den ganzen Betrachtungszeitraum verfügbar ist.

3.6 Statistische Methoden

3.6.1 Korrelationskoeffizient

Da es sich bei den Kosten und den Scorepunkten um kardinale Zahlenreihen handelt, wird als statistische Methode der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient nach der Formel 3.1 genutzt.

Tabelle 3.11: Einsatz verschiedener Korrelationskoeffizienten-Methoden in Abhängigkeit des vorliegenden Skalenniveaus [62]

Skalierung von X \ Skalierung von Y	kardinal	ordinal	nominal
kardinal	Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient	↑	
ordinal	←	Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman	↑
ordinal		←	Kontingenzkoeffizient

Dieser wurde nach der Formel 3.1 berechnet. Zur Berechnung des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten standen zwei technische Varianten zur Verfügung:

1. Berechnung direkt in der BI-Software Qlikview®
2. Import der Datenreihen in die kommerzielle Software SPSS® [63]

Mit dem unter der General Public License (GPL) verfügbaren Softwarepaket *R* wurden die Berechnungen der beiden oben genannten Softwarepakete überprüft und die Grafiken erstellt.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2)(\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \bar{y}^2)}}. \quad (3.1)$$

Zusätzlich wurde für jede Korrelationsanalyse auch das Konfidenzintervall berechnet. Als Konfidenzniveau wurde 95 % verwendet. Das heißt, das mindestens 95 % der gemessenen Daten die wahren Werte der untersuchten Zielpopulation beinhalten. [64, 65]

3.6.2 Vorhersagegleichungen durch Regressionsmodelle

Zur Vorhersage der Gesamtkosten eines Patienten wird auf Grundlage der Daten von 2008 bis 2013 ein einfaches lineares Regressionsmodell, ein quadratisches Regressionsmodell und ein flexibles Regressionsmodell berechnet. Die drei resultierenden Vorhersagegleichungen werden dann zur Prädiktion der Kosten für die Datensätze 2014 und 2015 verwendet. Zur Bestimmung der Vorhersagegüte wird der Root Mean Square Error (RMSE) als durchschnittliche Abweichung der vorhergesagten Kosten von den tatsächlichen Kosten nach der Formel 3.2 bestimmt sowie auf grafische Plots der Abweichung der tatsächlichen Kosten von den geschätzten Kosten zurückgegriffen. [66, 67]

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_i - \bar{c}_i)^2}. \quad (3.2)$$

3.6.3 Chi-Quadrat-Test

Um zu prüfen, ob die beobachtete Verteilung der theoretisch erwarteten Verteilung entspricht, wird der Chi-Quadrat-Test mit folgender Formel eingesetzt:

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^n \frac{(O_k - E_k)^2}{E_k}. \quad (3.3)$$

3.7 Reduktion des ausgewählten Scores

Nach den oben genannten Methoden wurde der Score, der für die Kosten am besten geeignet ist, in der Anzahl der verwendeten Items so reduzieren, dass die Ergebnisse möglichst gleich gut bleiben, aber die Anzahl der zu ermittelnden Items kleiner wird. Ziel ist es, mit möglichst wenigen Items eine gute Kostenprognose zu erreichen. Damit wäre es auch Krankenhäusern, die diesen Score bisher nicht routinemäßig erfassen, ohne übermäßigen Zeitaufwand möglich, den Score zu berechnen und die Kosten prospektiv zu ermitteln.

Die Reduktion der Items findet durch die Delphi-Methode statt. Diese Methode wurde 1961 von der RAND-Gruppe entwickelt und 1962/1963 zum ersten Mal von Dalkey und Helmer publiziert. [68]. Dass die Delphi-Methode im Zusammenhang mit medizinischen Scores ein etabliertes Verfahren ist, zeigt Abbildung 3.5. Darin ist dargestellt, wie viele Publikationen in PubMed durch die Wortkombination „Delphi“ und „Score“ in Abstracts zu finden sind. Über die Jahre hinweg wurde diese Methode immer häufiger von Autoren benutzt. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Delphi-Methode ein etabliertes Verfahren ist.

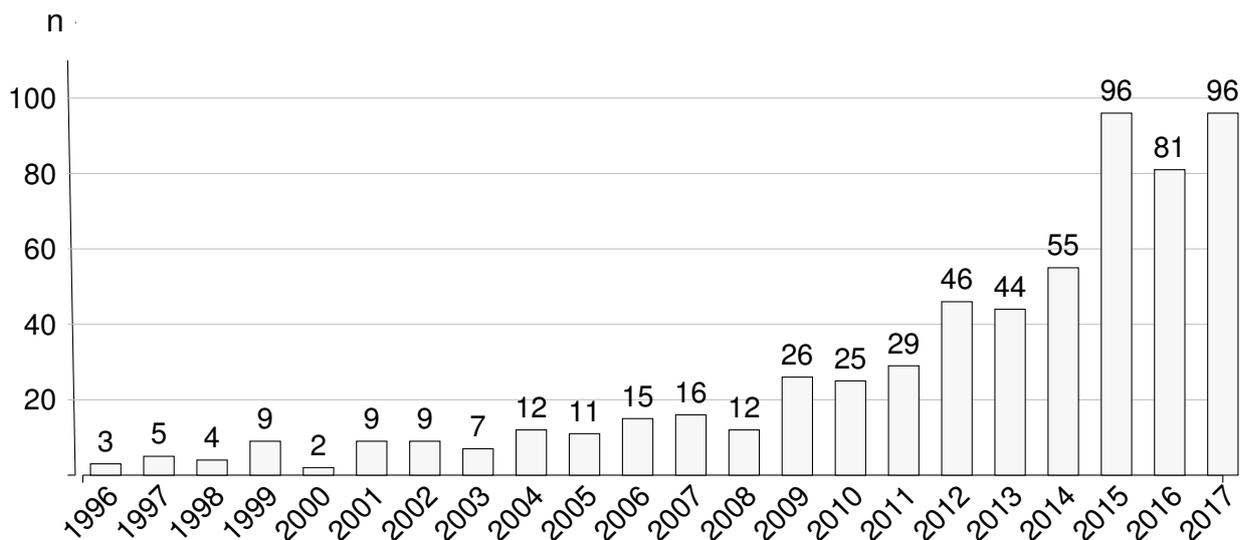


Abbildung 3.5: Anzahl der Publikationen in PubMed mit der Wortkombination „Delphi“ und „Score“ im Abstract der Publikation (n = Anzahl der Publikationen).

An der Reduzierung der Items waren die Stationsoberärzte der Intensiv- und Normalstation des DHZB und die jeweiligen Stationsleitungen beteiligt. Unterstützt wurde die Methode durch die Ermittlung der Korrelationen in den Teamsitzungen durch das BI-System Qlikview. So wurde verhindert, dass relevante Items gestrichen wurden.

3.8 Deskriptive Analyse der Stichprobe

3.8.1 Verteilung der Fälle über die Jahre 2008 bis 2015

Die Verteilung der Fälle über die Jahre 2008 bis 2015 ist sehr homogen. Bis zum Jahr 2014 ist ein leichter Abfall der Fallzahlen von 1.727 auf 1.486 Fälle zu verzeichnen. Dies ist mit einem bundesweiten Rückgang der Operationen in diesem Bereich zu erklären, dem sich auch das DHZB nicht entziehen konnte. Nach dem Chefarztwechsel im Oktober 2014 steigen die Fallzahlen 2015 auf 1.621 Fälle an. Grund hierfür sind die neuen Schwerpunkte der Klinik auf der Herz-Thorax- und Gefäßchirurgie unter Herr Prof. Dr. Volkmar Falk und die damit einhergehende Akquise neuer Patientengruppen, speziell im Bereich der TAVI-Interventionen und der minimalen Herzklappenchirurgie.

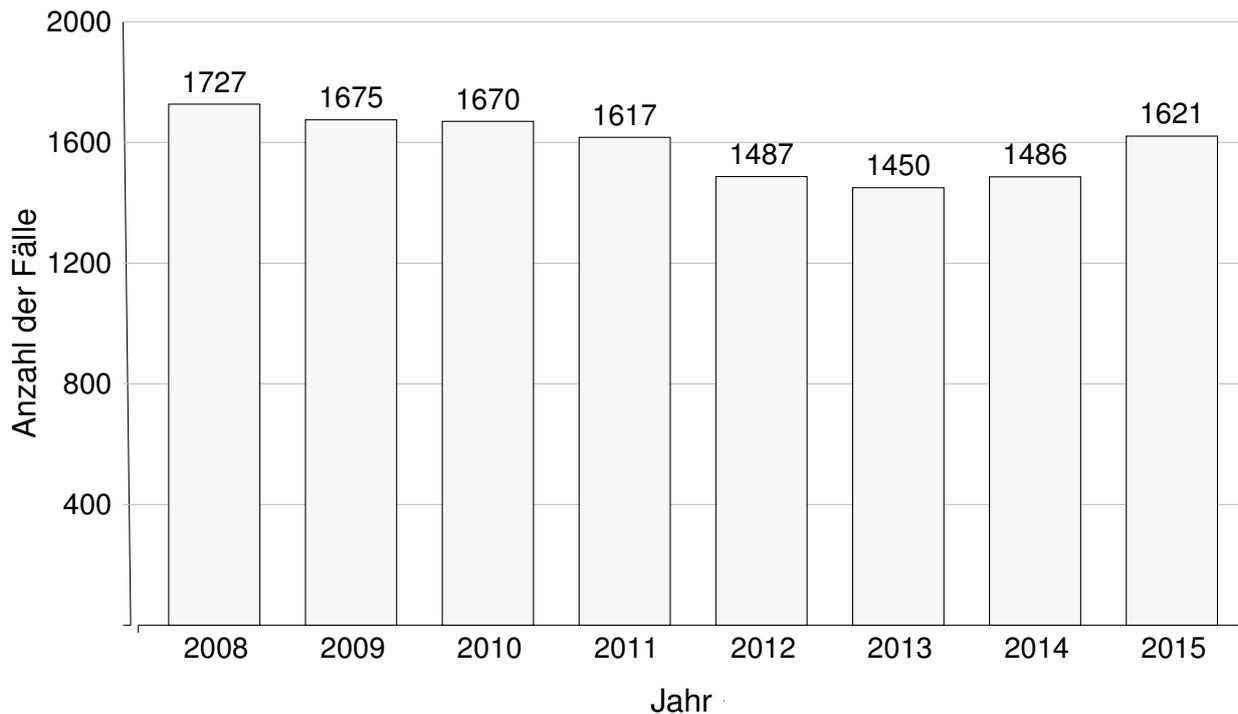


Abbildung 3.6: Verteilung der Fälle über die Jahre 2008 bis 2015

3.8.2 Verteilung nach Geschlecht

Die Verteilung nach Geschlecht führt zu einer Aufteilung in ca. 75 % Männer und 25 % Frauen. Dies entspricht auch der Verteilung der Daten, die das InEK aller deutschen Krankenhäuser jedes Jahr für diese Behandlungsfälle zur Verfügung stellt.

Tabelle 3.12: Verteilung der Häufigkeiten nach Geschlecht

<i>Geschlecht</i>		
	N	%
weiblich	3.553	27.9
männlich	9.180	72.1
Gesamt	12.733	100.0

Auch die ermittelten Daten in Tabelle 3.13 nach Jahren und Geschlecht zeigen eine gleichmäßige Verteilung, wobei der Anteil der Frauen über die Jahre um 1,7 % sinkt, was aber nicht relevant für diese Arbeit ist. Der Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest nach Pearson zeigt, dass sich die beobachteten Häufigkeiten und die theoretisch erwarteten Häufigkeiten nicht signifikant voneinander unterscheiden ($\text{Chi-Quadrat}(1, n = 12.733) = 4.446, p = .727$).

Tabelle 3.13: Verteilung der Häufigkeiten nach Geschlecht und Jahr

		Jahr								Gesamt
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
weiblich	N	484	452	467	455	431	410	428	426	3.553
	%	28.0%	27.0%	28.0%	28.1%	29.0%	28.3%	28.8%	26.3%	27.9%
männlich	N	1.243	1.223	1.203	1.162	1.056	1.040	1.058	1.195	9.180
	%	72.0%	73.0%	72.0%	71.9%	71.0%	71.7%	71.2%	73.7%	72.1%
Gesamt	N	1.727	1.675	1.670	1.617	1.487	1.450	1.486	1.621	12.733
	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle 3.14: Chi-Quadrat der Häufigkeiten nach Geschlecht und Jahr

	Wert	DF	p
Chi-Quadrat nach Pearson	4.446	7	.727

3.8.3 Verteilung nach Liegetagen

Bei der Verteilung der Fälle nach Liegetagen in Tab. 3.15 zeigt sich eine Spannweite zwischen 1 und 220 Tagen Liegezeit. Bei Betrachtung des Interquartilbereichs liegen die Werte zwischen 4 und 11 Tagen. Der Median aller 12.733 Datensätze liegt bei 7 Tagen.

Tabelle 3.15: Verteilung nach Liegetagen

N	Gültig	12.733
	Fehlend	0
Minimum		1
Maximum		220
Quartile	1	4.00
	Median	7.00
	3	11.00

Analysiert man die Daten mit dem T-Test, erhält man aus der Gruppenstatistik den Mittelwert (M), die Standardabweichung (SD) und die Standardfehler (SEM) (siehe Tabelle 3.16) bzw. im T-Test für Mittelwertgleichheit (Tabelle 3.17) dargestellt. Mit einem $p = 0.272$ ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern nicht signifikant.

Tabelle 3.16: T-Test Gruppenstatistik

	Geschlecht	N	øacM	SD	SEM
Verweildauer	weiblich	3.553	9.49	9.740	.163
	männlich	9.180	9.28	10.360	.108

Tabelle 3.17: T-Test für die Mittelwertgleichheit

	T	DF	p	Mittlere Differenz
Verweildauer	1.099	6836.380	.272	.215

3.8.4 Verteilung nach Fallart und Geschlecht

Bei der Verteilung nach Fallart und Geschlecht wird zwischen Kurzliegern, Langliegern, Normalliegern und Verlegungsfällen unterschieden. Diese Aufteilung ist eine Gruppierung der Fälle nach Liegetagen unter Berücksichtigung von Aufnahme- und Verlegungsart nach den KHEntgG und der Fallpauschalenverordnung (FPV) des InEK. Diese Gruppierung ist im G-DRG-System ein wichtiger Trenner, da sich die Fallart direkt auf die Finanzierung der Fälle auswirkt.

Tabelle 3.18: T-Test Verteilung nach Fallart

	N	%
Kurzlieger	1.527	12.0
Langlieger	498	3.9
Normallieger	4.604	36.2
Verlegungsfall	6.104	47.9
Gesamt	12.733	100.0

Tabelle 3.19: Verteilung nach Fallart und Geschlecht

			Geschlecht		Gesamt
			weiblich	männlich	
Fallart	Kurzlieger	N	286	1.241	1.527
		%	8.0%	13.5%	12.0%
	Langlieger	N	117	381	498
		%	3.3%	4.2%	3.9%
	Normallieger	N	1.192	3.412	4.604
		%	33.5%	37.2%	36.2%
	Verlegungsfall	N	1.958	4.146	6.104
		%	55.1%	45.2%	47.9%
Gesamt	N	3.553	9.180	12.733	
	%	100.0%	100.0%	100.0%	

Tabelle 3.20: Chi-Quadrat von Fallart und Geschlecht

	Wert	DF	p
Chi-Quadrat nach Pearson	130.826	3	.001

3.8.5 Verteilung nach Operationsart CABG und Herzklappen

Tabelle 3.21: Häufigkeiten nach Operationsart CABG und Herzklappen

			Klappe		Gesamt
			ja	nein	
CABG	ja	Anzahl	2.118	6.309	8.427
		% von Gesamt	16.6%	49.5%	66.2%
	nein	Anzahl	4.306	0	4.306
		% von Gesamt	33.8%	0.0%	33.8%
Gesamt	Anzahl	6.424	6.309	12.733	
	% von Gesamt	50.5%	49.5%	100.0%	

3.8.6 Verteilung nach Operationsarten und Geschlecht

Die in Tab. 3.22 und Tab. 3.24 dargestellten Verteilungen entsprechen den Verteilungen, die das InEK in seinen Abschlussberichten veröffentlicht, und weisen keine besonderen Abweichungen auf. Die beiden Chi-Quadrat-Analysen in Tab. 3.23 und Tab. 3.25 zeigen, dass es mit einem $p \leq 0.001$ einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Operationsarten und dem Geschlecht gibt.

Tabelle 3.22: Häufigkeiten nach Operationsart CABG und Geschlecht

		Geschlecht			
			weiblich	männlich	Gesamt
CABG	ja	N	1.831	6.596	8.427
		%	51.5%	71.9%	66.2%
	nein	N	1.722	2.584	4.306
		%	48.5%	28.1%	33.8%
Gesamt	N	3.553	9.180	12.733	
	%	100.0%	100.0%	100.0%	

Tabelle 3.23: Chi-Quadrat der Operationsart CABG und Geschlecht

	Wert	DF	p
Chi-Quadrat nach Pearson	472.477	1	< 0.001

Tabelle 3.24: Häufigkeiten nach Operationsart Herzklappe und Geschlecht

		Geschlecht			
			weiblich	männlich	Gesamt
Klappe	ja	N	2.334	4.090	6.424
		%	65.7%	44.6%	50.5%
	nein	N	1.219	5.090	6.309
		%	34.3%	55.4%	49.5%
Gesamt	N	3.553	9.180	12.733	
	%	100.0%	100.0%	100.0%	

Tabelle 3.25: Chi-Quadrat der Operationsart Herzklappe und Geschlecht

	Wert	DF	p
Chi-Quadrat nach Pearson	472.477	1	0.001

3.8.7 Analyse der Kostendaten

Aus Tabelle 3.26 lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Es existieren Patienten, die bei den Kostenarten Gesamtkosten, Variable Kosten und Fixkosten keine Kostendaten haben. Es handelt sich hier um insgesamt zwölf Patienten. Diese wurden aus den Analysen aussortiert. Bei den Kostenstellen Intensivstation und Normalstation gab es ebenso noch Patienten ohne Kostendaten. Allerdings ist das zum Teil normal, da nicht jeder Patient auf

der Intensiv- bzw. Normalstation lag und natürlich dann keine Kosten auf dieser Station hat.

Die Kostendaten zeigen eine leichte Linksverschiebung der Normalverteilung, was an einer Berliner Besonderheit liegt, nämlich der postoperativen Versorgung in einer Spezialklinik, in welche die Patienten sehr früh nach der Operation verlegt werden. Dementsprechend entstehen für einen Teil der Patienten auch geringe Kosten. Dieser Teil der Patienten wird durch die 47 % Verlegungsfälle in Tab. 3.18 repräsentiert.

Tabelle 3.26: Verteilung der Kosten nach Kostenstellen und Kostenarten

		Mittelwert	Mininal	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximal
Kostenart	Gesamtkosten	15.129	0	8.470	11.482	16.815	300.006
	Fixkosten	10.875	0	6.231	8.538	12.214	21.9268
	Variable Kosten	4.253	0	1.998	2.866	4.650	80.738
Kostenstelle	Intensivstation	3.720	0	0	1.260	3.501	22.2543
	Normalstation	2.410	0	775	1897	3.028	50.848
	Restliche KH	8.999	0	6.122	7.305	9.609	84.782

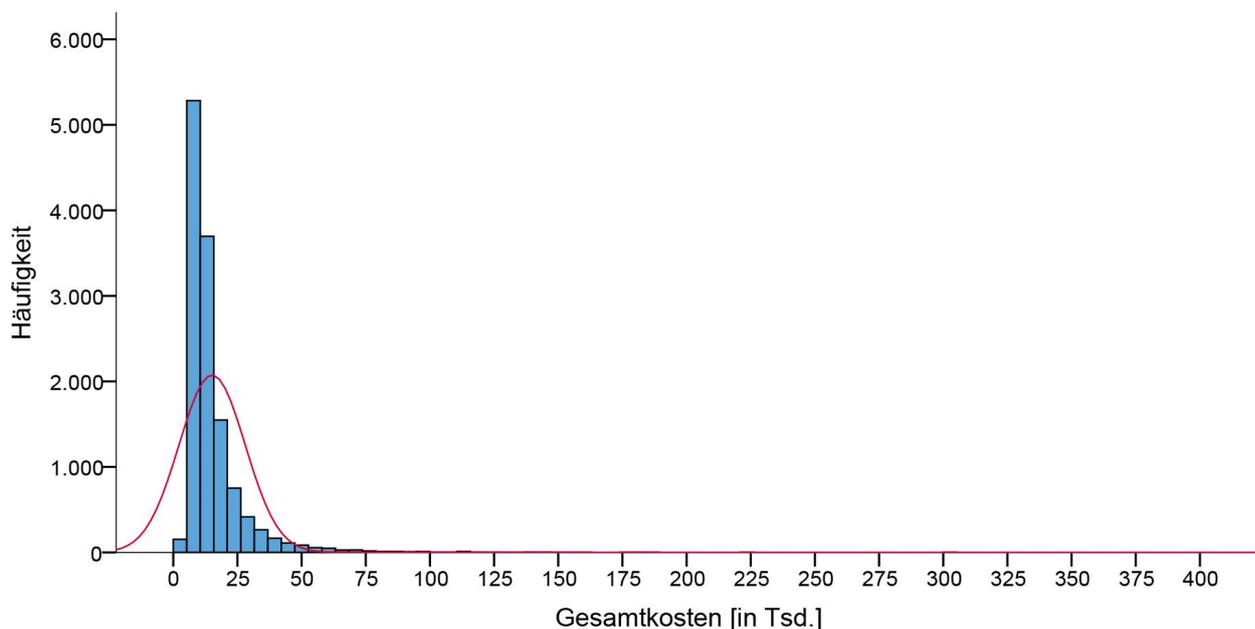


Abbildung 3.7: Verteilung der Kosten auf Gesamtkosten

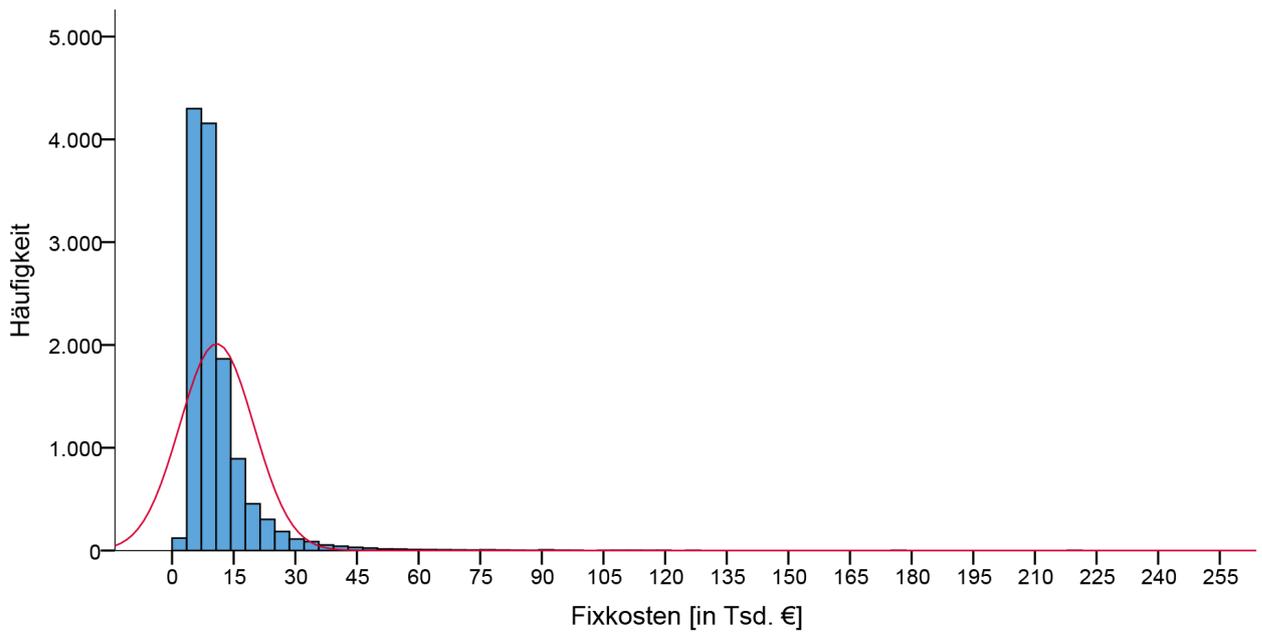


Abbildung 3.8: Verteilung der Fixkosten

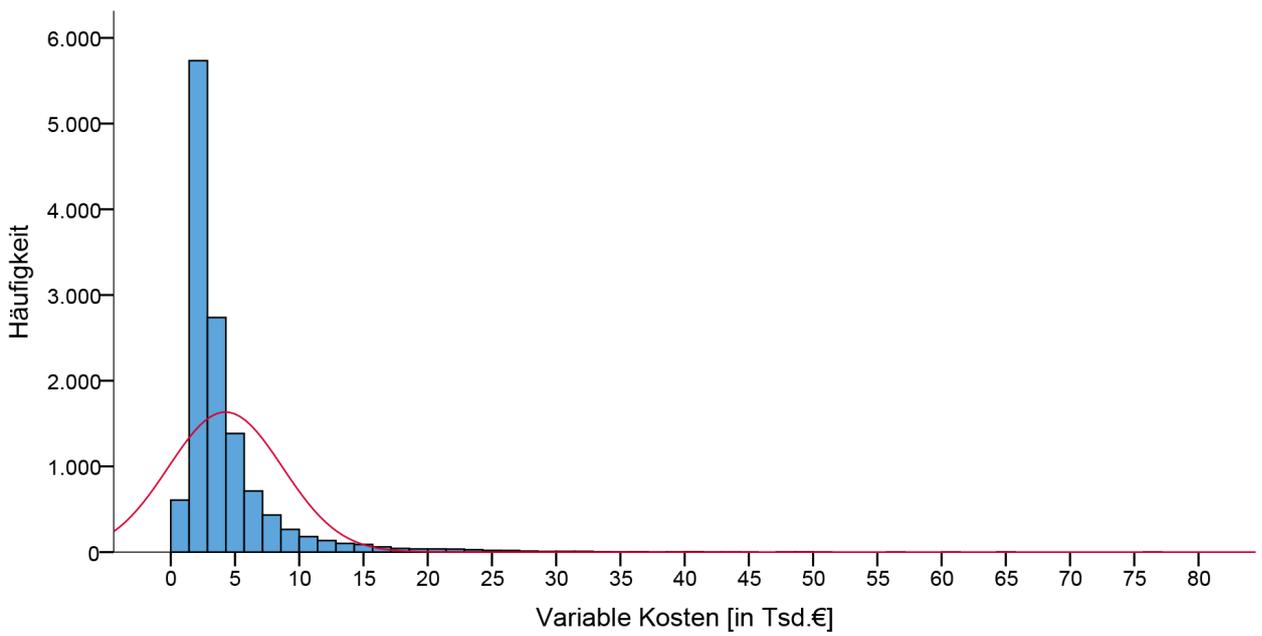


Abbildung 3.9: Verteilung der Variablen Kosten

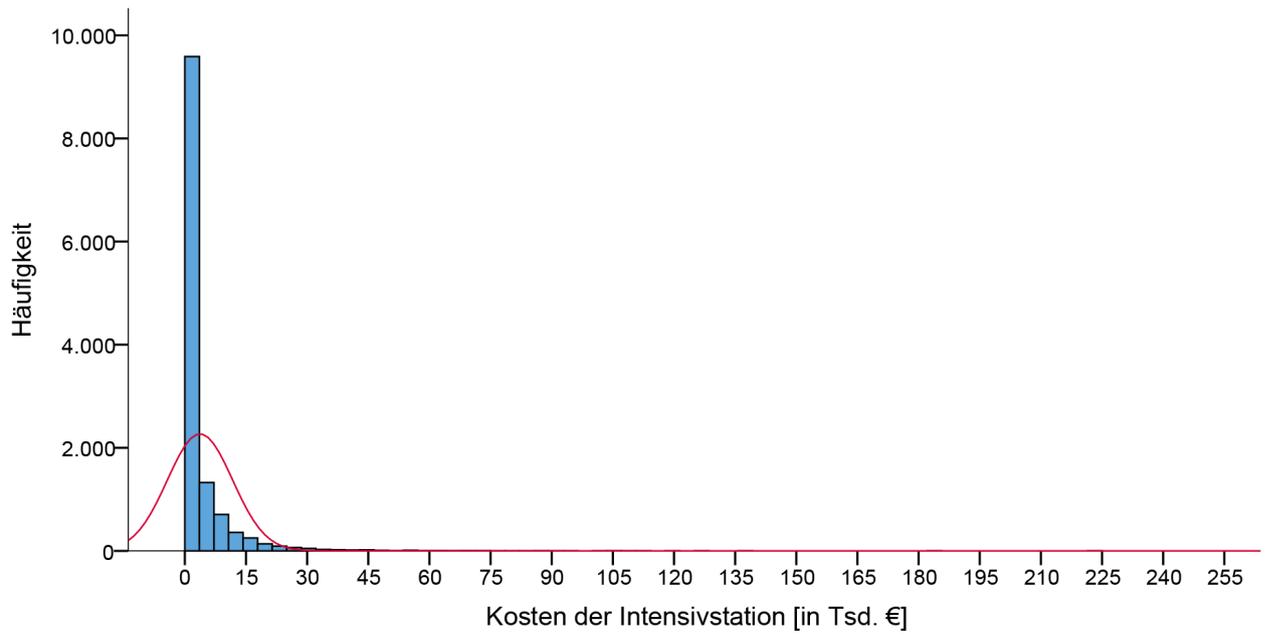


Abbildung 3.10: Verteilung der Kosten der Intensivstation

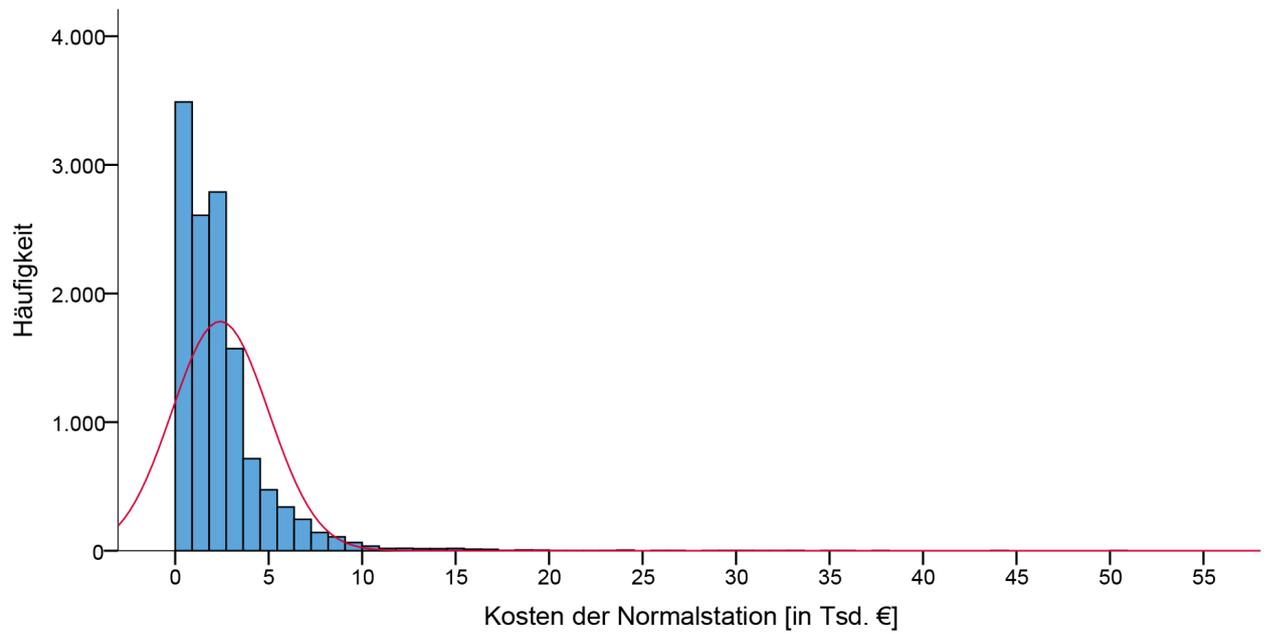


Abbildung 3.11: Verteilung der Kosten der Normalstation

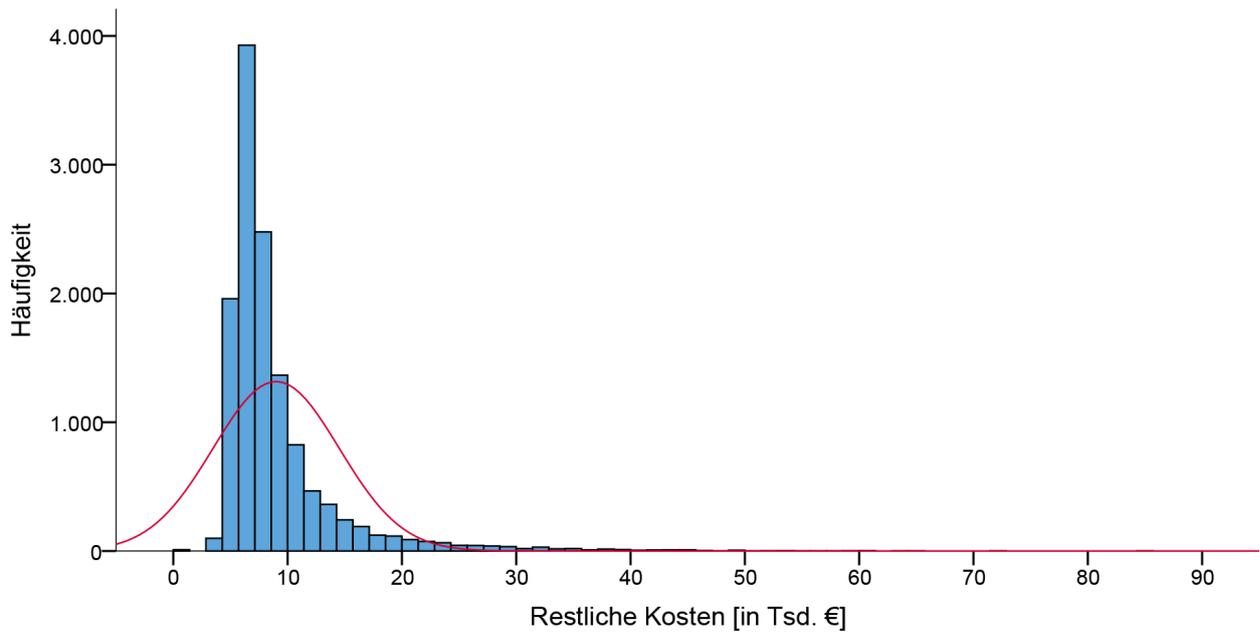


Abbildung 3.12: Verteilung der restlichen Kostenstellen

3.8.8 Analyse der TISS-28-Scores

In Abb 3.13, 3.14 und 3.15 ist zu sehen, dass es sich bei den Daten mit nur einer Ausnahme um eine Normalverteilung handelt. Es treten sowohl auf der Intensivstation als auch der Normalstation Patientengruppen auf, die keine TISS-28-Punkte haben. Das ist aber normal, da nicht jeder Patient auf der Intensivstation bzw. auf der Normalstation liegt. In Tab. 3.27 ist zu sehen, dass bei der Auflistung der Gesamtpunktzahlen kein Patient vorhanden ist, der 0 TISS-28-Punkte hat. Hier liegt der Minimalwert bei 5 Punkten.

Tabelle 3.27: Verteilung der TISS-28-Punkte

		Mittelwert	Minimal	1. Quartil	Median	3. Quartil	Maximal
	Gesamt	241	5	56	188	290	5306
TISS-28	Intensivstation	152	0	5	76	152	4828
	Normalstation	89	0	22	80	124	1272

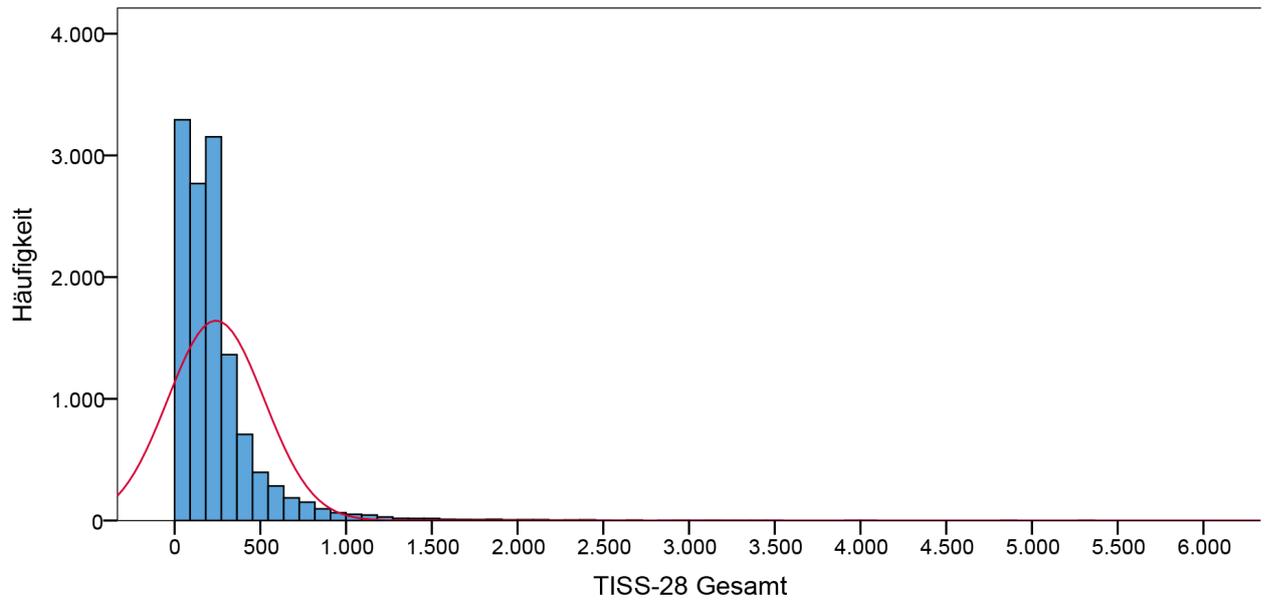


Abbildung 3.13: Verteilung der TISS-28-Punkte des gesamten Aufenthaltes

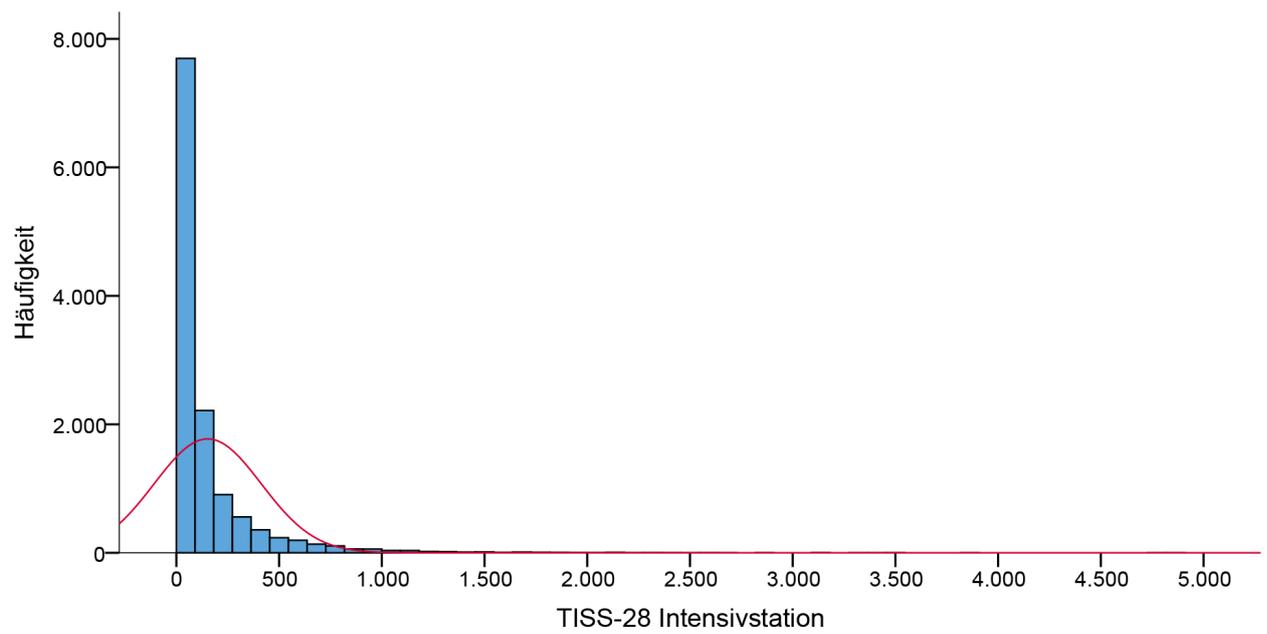


Abbildung 3.14: Verteilung der TISS-28-Punkte der Intensivstation

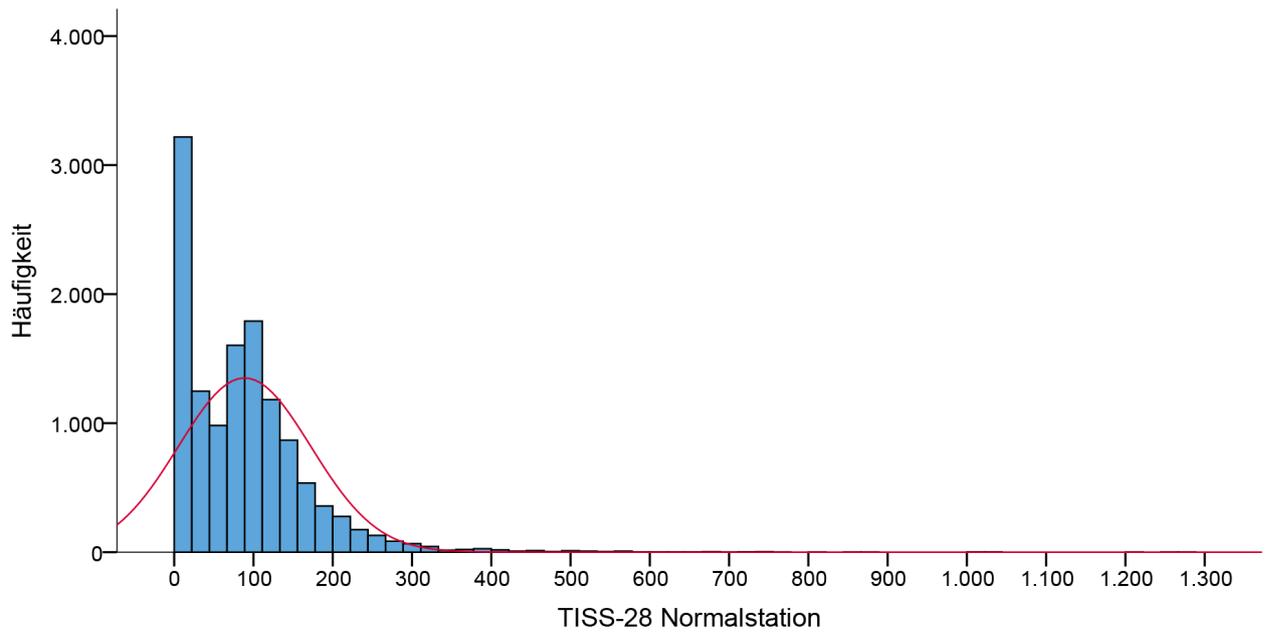


Abbildung 3.15: Verteilung der TISS-28-Punkte der Normalstation

4 Ergebnisse

Dieses Kapitel teilt sich in vier Abschnitte auf: In Abschnitt 4.1 wird eine retrospektive Korrelationsanalysen mit Daten der Jahre 2008 bis 2013 durchgeführt, um den Score zu finden, der sich am besten eignet, um die Kosten zu prognostizieren. im zweiten Abschnitt wird mit diesem Score durch Regressionsanalysen eine Prognose der Kostendaten durchgeführt. Dazu werden zwei verschiedene Modelle getestet. Im dritten Abschnitt 4.3 findet mit diesen Daten eine Modellvalidierung für die Jahre 2014 und 2015 statt. Es wird analysiert, wie gut die Prognose der Kosten funktioniert. Im vierten Abschnitt wird untersucht, ob es möglich ist, bei dem ausgewählten Score die Anzahl der Items zu reduzieren, um die Handhabung des Scoringsystems zu vereinfachen.

4.1 Retrospektive Analysen zur Auswahl des Scores

In diesem Abschnitt werden mit den Daten der Jahre 2008 bis 2013 retrospektiv alle vier Scores mit den Kosten aus der InEK-Kalkulation verglichen. In mehreren Szenarien wurden Korrelationsanalysen durchgeführt, um den besten Score mit der höchsten Korrelation zwischen Scorepunkten und Kosten zu bestimmen. Mit diesem Score wurden die prospektiven Prognosen der Kosten für die Jahre 2014 und 2015 durchgeführt. Insgesamt wurden 40 Korrelationsanalysen der ersten Ebene vorgenommen, wie in Abbildung 4.1 dargestellt. Es wären durchaus mehr Varianten möglich gewesen. Dies wird in Absatz 5.1.7 noch einmal ausführlich diskutiert.

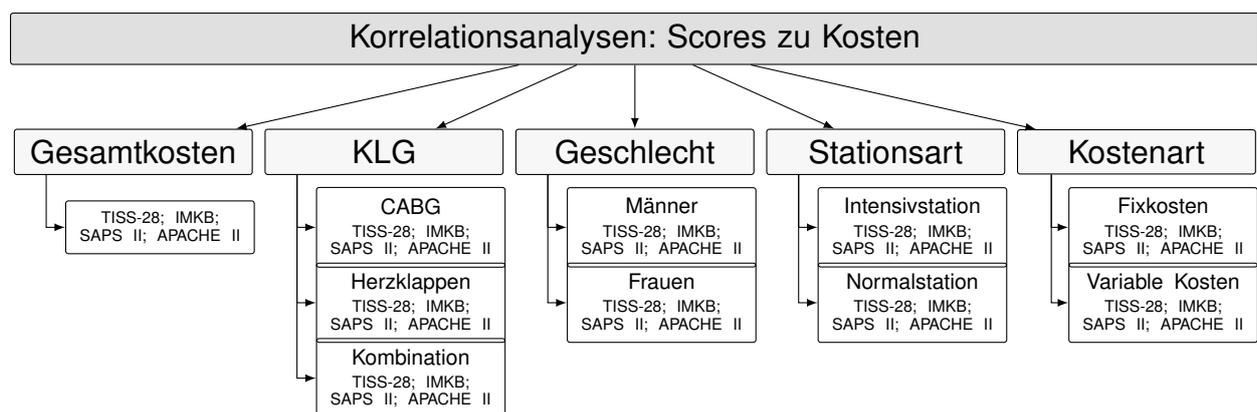


Abbildung 4.1: Die verschiedenen Korrelationsanalysen aus den Bereichen Gesamtkosten, KLG, Geschlecht, Stationsart und Kostenarten

4.1.1 Korrelationsanalyse der Scores und der Gesamtkosten

An dieser Stelle wurden die Scores mit den Gesamtkosten verglichen. Analysiert wurde die gesamte Kohorte, bestehend aus der KLG CABG , Herzklappeneingriffen und Kombi-

nationseingriffen, wie in Abschnitt 3.1 dargestellt. Auch wurde die Summe der Fixkosten und der variablen Kosten berücksichtigt und es wurde nicht nach Stationsart (Normalstation und Intensivstation) unterschieden.

Wie in Abbildung 4.2 zu sehen, weisen der TISS-28 ($r = 0,94$) und die IMKB ($r = 0,93$) sehr hohe Korrelationswerte auf. Der SAPS II folgt mit einem $r = 0,90$ vor dem APACHE II mit $r = 0,89$. Damit bildet der TISS-28 die Kosten insgesamt am besten ab.

Das Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % in Tabelle 4.1 zeigt, dass der TISS-28 mit einem Vertrauensbereich von 0,94 bis 0,95 die Gesamtkosten über den gesamten Aufenthalt signifikant hinweg besser abbildet als die anderen drei Scores.

Tabelle 4.1: Konfidenzintervall bei einem Konfidenzniveau von 95 % der Gesamtkosten eines Krankenhausaufenthaltes.

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	95 %-KI
APACHE II	1	0,96	0,97	0,93	0,89	0,89 - 0,90
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,93	0,92 - 0,93
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,90	0,89 - 0,90
TISS 28	0,93	0,96	0,93	1	0,94	0,94 - 0,95
Kosten	0,89	0,93	0,90	0,94	1	

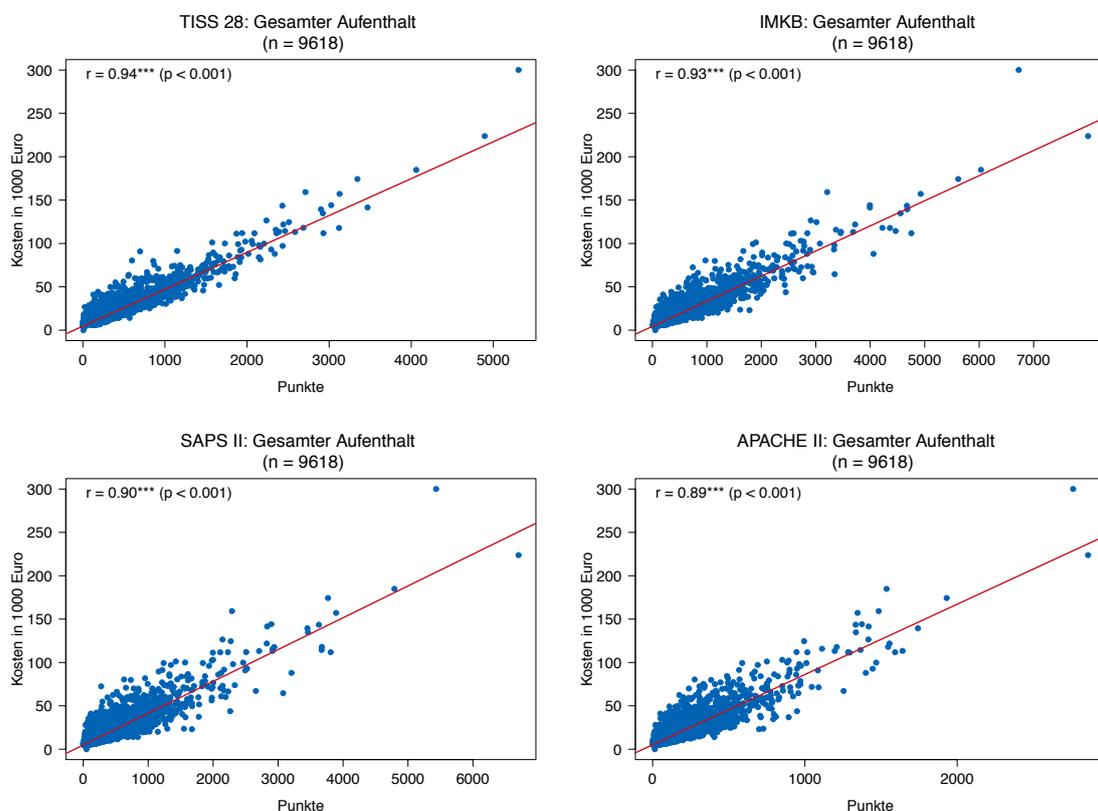


Abbildung 4.2: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013

4.1.2 Korrelationsanalyse der Scores nach klinischen Leistungsgruppen

In diesem Abschnitt werden die Analysen aus Abschnitt 4.1.1 in die drei klinischen Leistungsgruppen der KLG CABG, Herzklappeneingriffe und die Kombination aus beiden aufgeteilt. Die größte Gruppe bildet mit 4800 Fällen die KLG CABG (Abbildung 4.3), gefolgt von den isolierten Herzklappeneingriffen in der KLG Herzklappen mit 3.961 Fällen (Abbildung 4.4) und der zahlenmäßig kleinsten KLG Herzklappen und CABG mit 1.622 Fällen (Abbildung 4.5). Jede der drei KLG wird mit allen vier Scores verglichen. Ziel dieser Aufteilung war es herauszufinden, ob jede der drei KLG eine ähnlich gute Korrelation aufweist. Es bestand durchaus die Möglichkeit, dass zum Beispiel die Herzklappeneingriffe durch die Wahl des Implantates der neuen Herzklappe mit einer Preisspanne von 600 bis 10.000 € nicht mit den Scorepunkten korrelieren. Die Wahl des Implantates wird nicht nur durch medizinische Erfordernisse beeinflusst, sondern auch die persönlichen Vorlieben der jeweiligen operierenden Ärzte.

Klinische Leistungsgruppen CABG

Bei der KLG CABG, also den isolierten Bypassoperationen, zeigt sich, dass auch hier der TISS-28 und die IMKB deutliche Vorteile bei dem r-Wert aufweisen. Dies spiegelt sich auch optisch in den Streudiagrammen (Abbildung 4.3) wider, in denen der SAPS II und APACHE II eine deutlich breitere Streuung aufweisen. Bei dem Konfidenzintervall ist der TISS-28 überlappungsfrei mit 0,93 bis 0,94 den restlichen drei Scores überlegen.

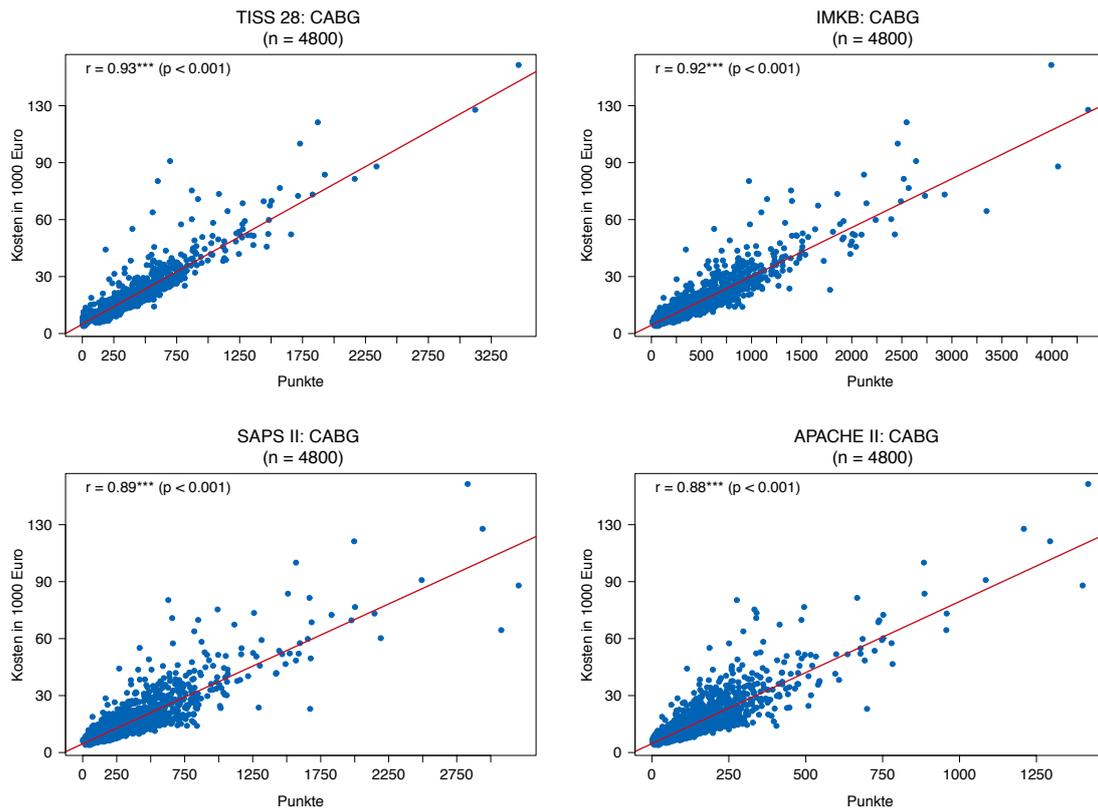


Abbildung 4.3: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die KLG CABG

Tabelle 4.2: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % der KLG CABG

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,96	0,91	0,88	0,88 - 0,88
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,92	0,92 - 0,93
SAPS II	0,96	0,99	1	0,91	0,89	0,88 - 0,89
TISS 28	0,91	0,96	0,91	1	0,93	0,93 - 0,94
Kosten	0,88	0,92	0,89	0,93	1	

KLG Herzklappen

Wie schon bei der KLG CABG zeichnet sich auch bei den isolierten Herzklappeneingriffen ein sehr homogenes Bild ab. Auch hier zeigen der TISS-28 ($r = 0,95$) und die IMKB ($r = 0,92$) eine deutlich bessere Korrelation als der SAPS II ($r = 0,89$) und APACHE II ($r = 0,88$). Das Konfidenzintervall ist mit 0,95 sogar noch etwas besser als bei Patienten mit dem isolierten CABG-Eingriff.

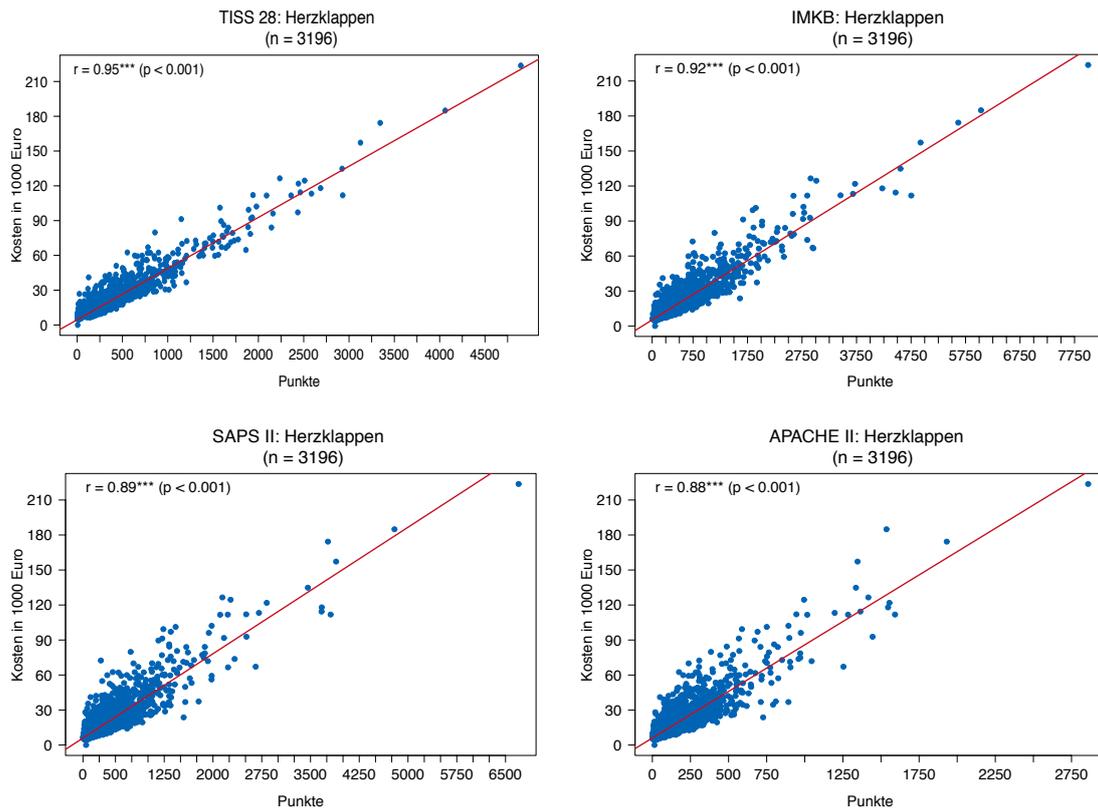


Abbildung 4.4: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die KLG Herzklappen

Tabelle 4.3: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % der KLG Herzklappen

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,97	0,92	0,88	0,87 - 0,89
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,92	0,92 - 0,93
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,89	0,88 - 0,90
TISS 28	0,92	0,96	0,93	1	0,95	0,95 - 0,95
Kosten	0,88	0,92	0,89	0,95	1	

Klinische Leistungsgruppen Kombinationseingriff Herzklappen und CABG

Bei der KLG Herzklappen und CABG erreichen die Korrelationen fast exakt die gleichen r-Werte wie bei den isolierten Herzklappen. Nur die Konfidenzintervalle weichen bei dem SAPS II leicht ab. Der TISS-28 ist auch hier wieder der Score mit der höchsten Korrelation zwischen den Gesamtkosten des Aufenthaltes und den Gesamtpunkten des Scores.

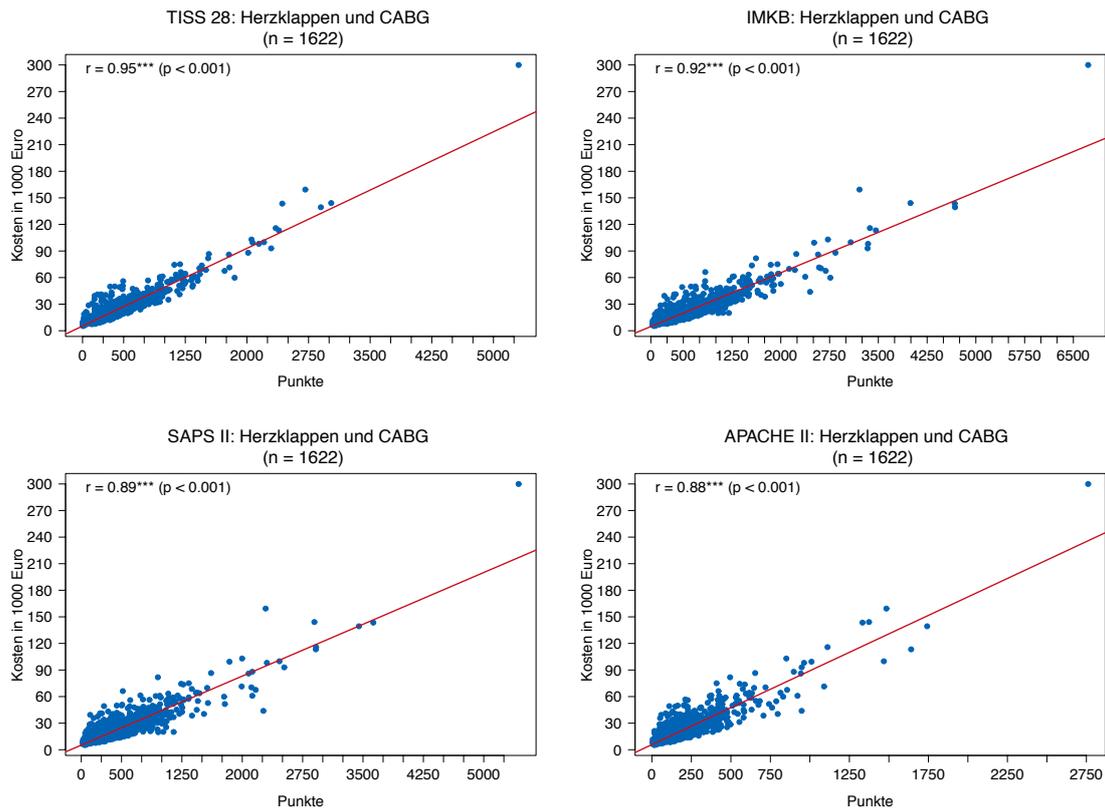


Abbildung 4.5: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für KLG Herzklappen und CABG

Tabelle 4.4: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % der KLG CABG und Herzklappen

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,97	0,92	0,88	0,87 - 0,89
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,92	0,92 - 0,93
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,89	0,87 - 0,89
TISS 28	0,92	0,96	0,93	1	0,95	0,95 - 0,95
Kosten	0,88	0,92	0,89	0,95	1	

4.1.3 Korrelationsanalyse der Scores nach Geschlecht

In dieser Korrelationsanalyse wurden der Gesamtaufenthalt und die Gesamtkosten nach Geschlecht betrachtet, also aufgeteilt nach Männern und Frauen. Im Gegensatz z. B. zu dem Euroscore, einem der etabliertesten Prognosescores in der Herzchirurgie [69, 70, 71], nutzt keiner der vier ausgewählten Scores das Geschlecht als Item. Deshalb stellte sich die Frage, ob es signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen gibt.

Männer

Der TISS-28 ist bei den Männern der Score mit der besten Korrelation mit einem $r = 0,95$ und einem Konfidenzintervall zwischen $0,94$ und $0,95$. Damit liegt er mit einem deutlichen Abstand vor dem IMKB mit einem $r = 0,93$. Der APACHE II und der SAPS II liegen mit einem $r = 0,90$ auf dem dritten Platz.

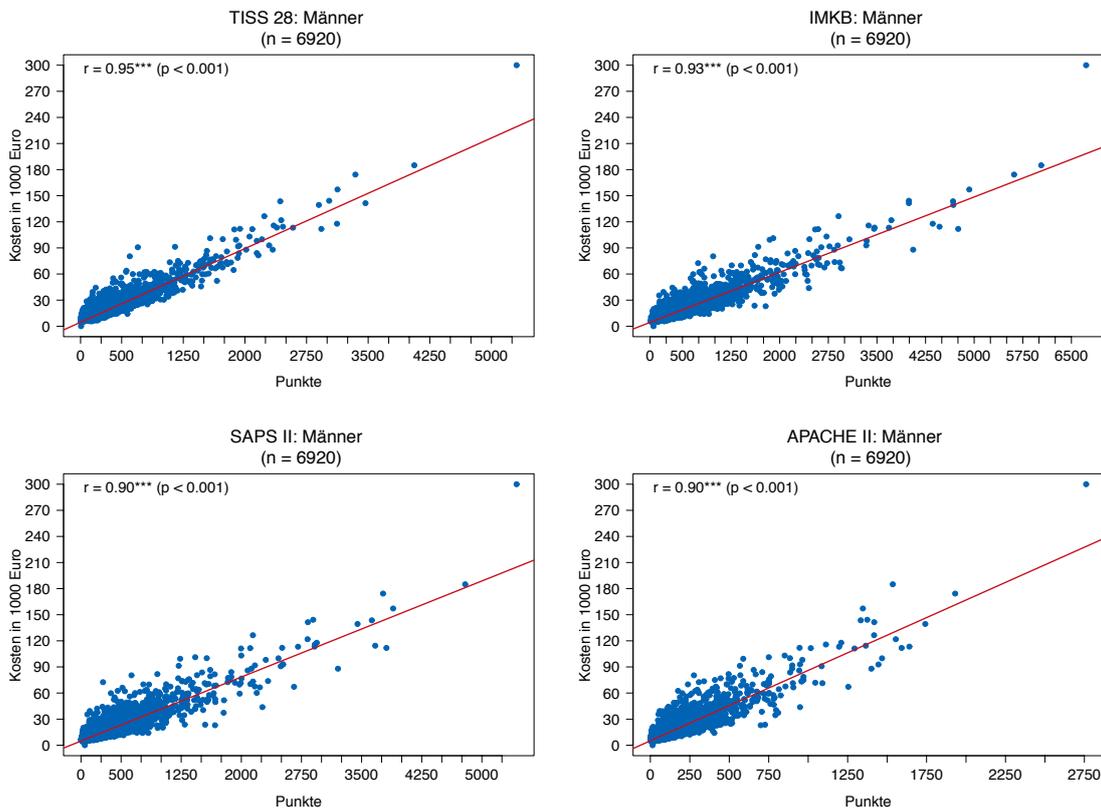


Abbildung 4.6: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für Männer

Tabelle 4.5: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % der Männer

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,97	0,93	0,90	0,89 - 0,90
IMKB	0,96	1	0,99	0,97	0,93	0,93 - 0,93
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,90	0,90 - 0,91
TISS 28	0,93	0,97	0,93	1	0,95	0,94 - 0,95
Kosten	0,90	0,93	0,90	0,95	1	

Frauen

Der TISS-28 ist bei den Frauen, ähnlich wie bei den Männern, der Score mit der besten Korrelation mit einem $r = 0,94$ und einem Konfidenzintervall zwischen $0,94$ und $0,95$. Da-

mit liegt er mit einem deutlichen Abstand vor dem IMKB mit einem $r = 0,92$. Der APACHE II und der SAPS II liegen mit einem $r = 0,88$ auf dem dritten Platz.

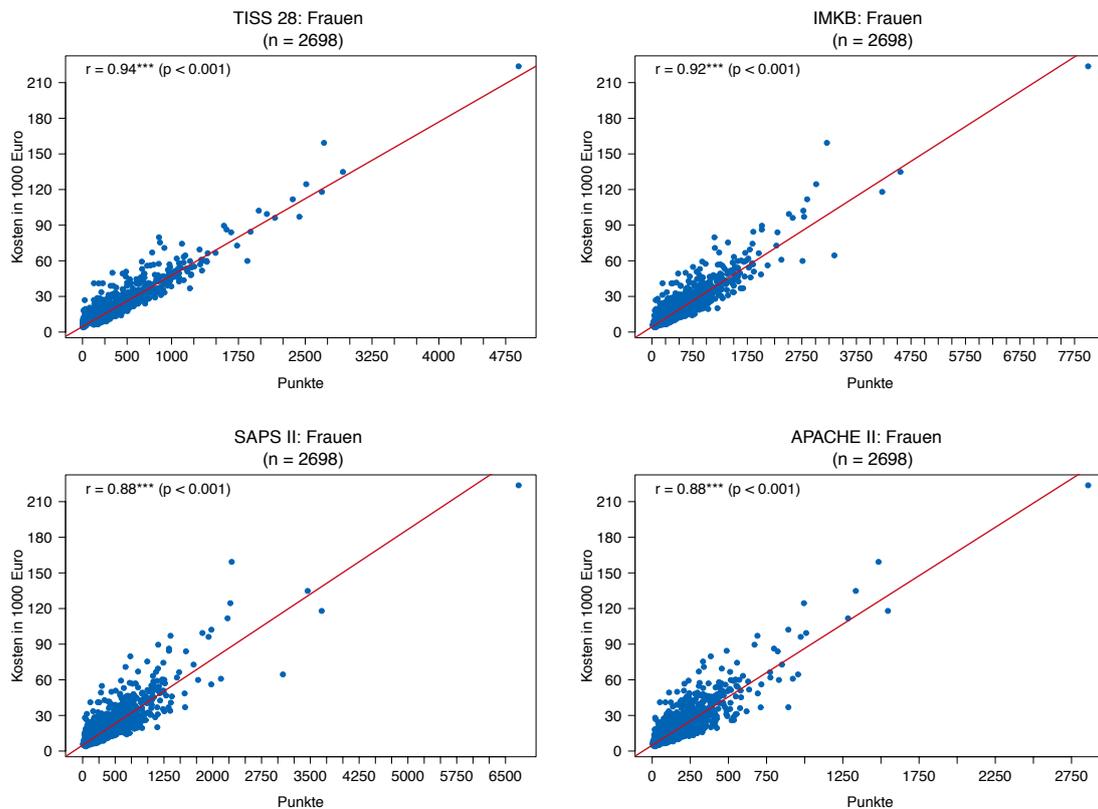


Abbildung 4.7: Korrelationen des gesamten Krankenhausaufenthaltes mit den Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für Frauen

Tabelle 4.6: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % der Frauen

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,97	0,97	0,93	0,88	0,88 - 0,89
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,92	0,91 - 0,92
SAPS II	0,97	0,99	1	0,02	0,88	0,87 - 0,89
TISS 28	0,93	0,96	0,92	1	0,94	0,94 - 0,95
Kosten	0,88	0,92	0,88	0,94	1	

4.1.4 Korrelationsanalyse der Scores nach Stationsart

Die Unterteilung der Korrelationsanalysen in die Stationsarten Intensiv- und Normalstation ist deshalb so interessant, da die meisten Studien sich nur mit den Kosten auf Intensivstationen befassen. Durch die Aufteilung der InEK-Kostenkalkulation stehen aber seit 2003 die Kostendaten für beide Stationsarten zur Verfügung.

Intensivstation

Bei den Korrelationsanalysen der Intensivstation ergaben sich die besten Konfidenzintervalle aller 40 durchgeführten Analysen. Auch hier liegt der TISS-28 mit einem Intervall von genau 0,97 vor den anderen drei Scores. Der Vorsprung des TISS-28 vor der IMKB, dem SAPS II und dem APACHE II ist mit einem Abstand von 0,02 nur minimal.

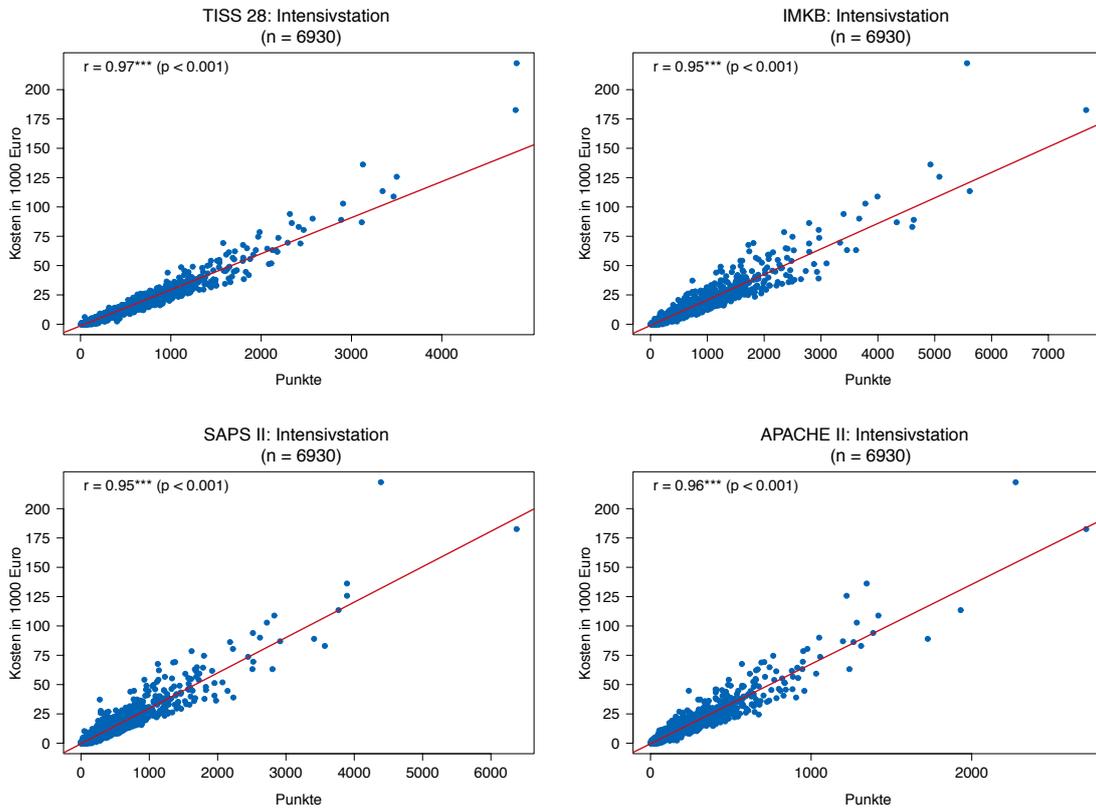


Abbildung 4.8: Korrelationsanalyse der Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die Stationsart Intensivstation

Tabelle 4.7: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % für die Intensivstation

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,97	0,98	0,96	0,96	0,95 - 0,96
IMKB	0,97	1	0,99	0,98	0,95	0,95 - 0,95
SAPS II	0,98	0,99	1	0,97	0,95	0,95 - 0,95
TISS 28	0,96	0,98	0,97	1	0,97	0,97 - 0,97
Kosten	0,96	0,95	0,95	0,97	1	

Normalstation

Bei den Korrelationsanalysen der Normalstation zeigte sich ein ähnlich gutes Ergebnis wie bei der Intensivstation. Auch hier liegt der TISS-28 mit einem Intervall von genau

0,93 vor den anderen drei Scores. Allerdings ist der Vorsprung des TISS-28 hier etwas größer als bei der Intensivstation, da die IMKB, der SAPS II und der APACHE II auf ein Konfidenzintervall zwischen 0,89 und 0,91 kommen. Im Rating liegt die IMKB auf Platz zwei.

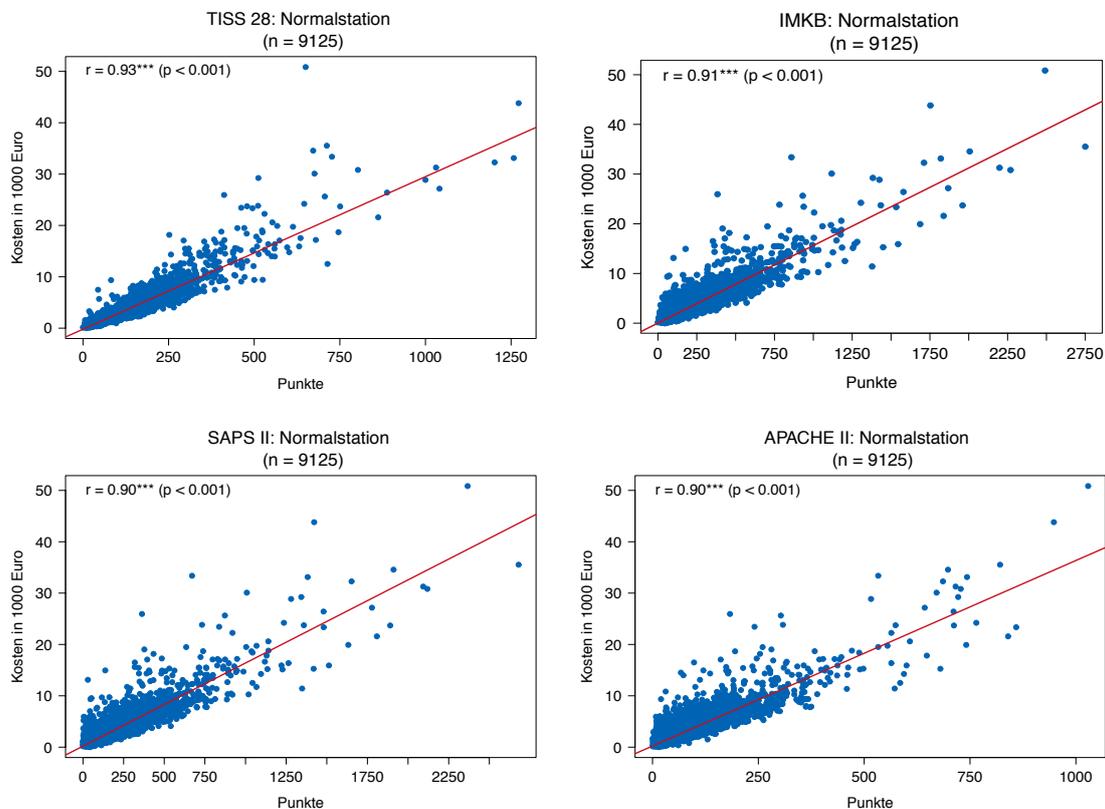


Abbildung 4.9: Korrelationsanalyse der Gesamtkosten der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die Stationsart Normalstation

Tabelle 4.8: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % für die Normalstation

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,95	0,95	0,86	0,90	0,89 - 0,90
IMKB	0,95	1	0,99	0,87	0,91	0,90 - 0,91
SAPS II	0,95	0,99	1	0,86	0,90	0,89 - 0,90
TISS 28	0,86	0,87	0,86	1	0,93	0,93 - 0,93
Kosten	0,90	0,91	0,90	0,93	1	

4.1.5 Korrelationsanalyse der Scores nach Kostenart

Fixkosten

Die Fixkosten, bestehend aus den InEK-Matrix-Kostenarten Personal- und Infrastrukturkosten, zeigen eine fast so gute Korrelationen wie bei der Analyse der Gesamtkosten der

Intensivstation. Hier liegen der TISS-28 mit einem Konfidenzintervall von 0,96 und die IMKB mit 0,94 vor dem SAPS II und dem APACHE II.

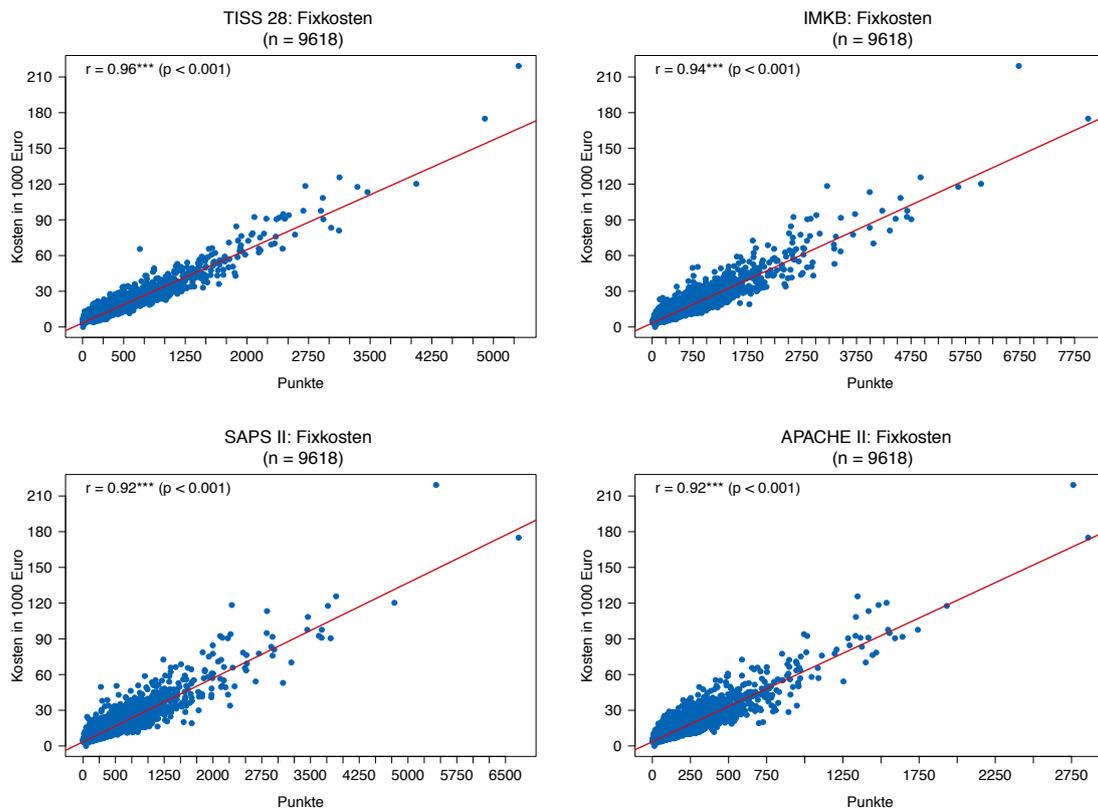


Abbildung 4.10: Korrelationsanalyse des gesamten Krankenhausaufenthaltes der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die Kostenart Fixkosten

Tabelle 4.9: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % für die Kostenart Fixkosten

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,97	0,93	0,92	0,92 - 0,93
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,94	0,94 - 0,94
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,93	0,92 - 0,92
TISS 28	0,93	0,96	0,93	1	0,96	0,96 - 0,96
Kosten	0,92	0,94	0,92	0,96	1	

Variable Kosten

Die variablen Kosten, bestehend aus den InEK-Matrix-Kostenarten Medikamente, Implantate und sonstiger medizinischer Bedarf, weisen in dieser Arbeit die geringste Korrelation aller durchgeführten Analysen auf. Hier liegen der TISS-28 mit einem Konfidenzintervall von 0,79 - 0,80 und die IMKB mit 0,78 - 0,79 vor dem SAPS II und dem APACHE II.

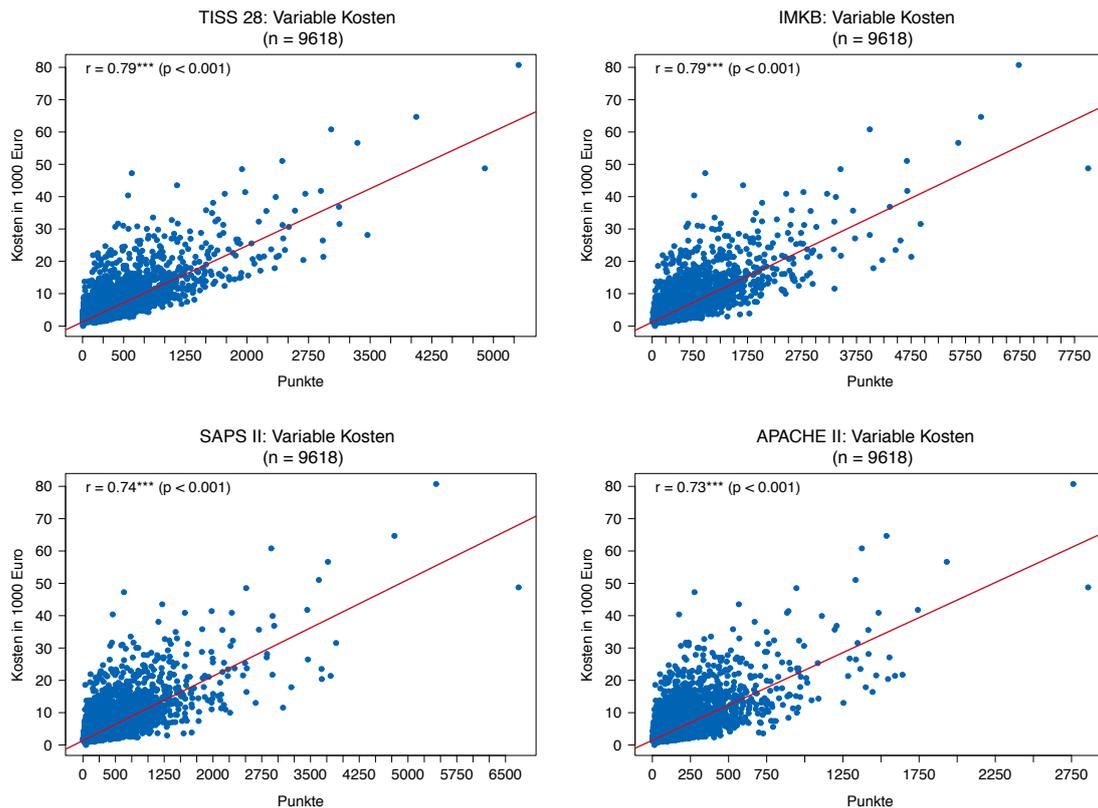


Abbildung 4.11: Korrelationsanalyse des gesamten Krankenhausaufenthaltes der vier Scores der Daten von 2008 bis 2013 für die Kostenart Variable Kosten

Tabelle 4.10: Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 % für die Kostenart Variable Kosten

	APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28	Kosten	KI 95 %
APACHE II	1	0,96	0,97	0,93	0,73	0,72 - 0,74
IMKB	0,96	1	0,99	0,96	0,79	0,78 - 0,79
SAPS II	0,97	0,99	1	0,93	0,74	0,73 - 0,75
TISS 28	0,93	0,96	0,93	1	0,79	0,79 - 0,80
Kosten	0,73	0,79	0,74	0,79	1	

4.1.6 Schlussfolgerung

Über alle fünf Varianten hinweg (Gesamtkosten, KLG, Geschlecht, Stationsart und Kostenart), bei denen die Korrelationsanalysen durchgeführt wurden, zeigt sich der TISS-28 allen anderen Scores überlegen. In der Tabelle 4.12 sind alle Ergebnisse aus Abschnitt 4.1 noch einmal zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 4.11: Ergebnisse der retrospektiven Korrelationsanalysen. Die höchsten Korrelationen sind grün und die niedrigsten Korrelationen sind rot markiert.

		Korrelationskoeffizient r			
		APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28
Gesamtkosten		0.89	0.93	0.90	0.94
KLG	CABG	0.88	0.92	0.89	0.93
	Herzklappen	0.88	0.92	0.89	0.95
	Kombinationen	0.88	0.92	0.89	0.95
Geschlecht	Männer	0.90	0.93	0.90	0.95
	Frauen	0.88	0.92	0.88	0.94
Stationsart	Intensivstation	0.96	0.95	0.95	0.97
	Normalstation	0.90	0.91	0.90	0.93
Kostenart	Fixkosten	0.92	0.94	0.92	0.96
	Variable Kosten	0.73	0.79	0.74	0.79

Wie aber sind die Ergebnisse zu bewerten? Wenn man sich die Spannweite über alle Korrelationsanalysen anschaut, reichen die Ergebnisse von einem $r = 0.97$ beim TISS-28 auf der Intensivstation bis zu einem $r = 0,73$ beim APACHE II bei den variablen Kosten. Vergleicht man diese Ergebnisse mit der Literatur, findet man dort relativ ähnliche Aussagen zu der Bewertung der r-Werte. Kuckartz et al. teilen die Stärke des Zusammenhangs in fünf Gruppen ein. Diese Gruppen reichen von $0,00 \geq r < 0,10$ mit „kein Zusammenhang“ bis zu $0,70 \geq r < 1,00$ mit „sehr hoher Zusammenhang“. [72] Bühl klassifiziert den Zusammenhang ebenfalls in fünf Gruppen, wobei $r \leq 0,2$ als „geringe Korrelation“ und $r > 0,9$ als „sehr hohe Korrelation“ gewertet wird. $0,70 \geq r < 0,90$ bezeichnet Bühl immer noch als „hohe Korrelation“. [73]

In neun von zehn Korrelationsanalysen erreicht der TISS-28 ein $r > 0,9$. Das heißt, dass laut der Definition der beiden oben genannten Arbeiten der TISS-28 in die höchste Gruppe fällt, nämlich „sehr hohe Korrelation“ bzw. „sehr hoher Zusammenhang“. Nur bei den variablen Kosten erreicht der TISS-28 einen Wert von $r = 0,79$. Aber selbst dieser Wert wird im schlechtesten Fall noch als „hohe Korrelation“ angesehen. Und auch der APACHE II, der SAPS II und die IMKB erreichen noch gute Werte, die man als „hohe Korrelation“ bis „sehr hohe Korrelation“ bezeichnen kann.

Bei den Ergebnissen der Konfidenzintervalle zeichnet sich ein noch besseres Bild zugunsten des TISS-28 ab. Hier erreicht der TISS-28 in allen zehn Gruppen den besten Wert bei einem Konfidenzniveau von 95 %. Auch hier liegt der niedrigste Wert wieder bei den variablen Kosten und der höchste Wert bei der Intensivstation.

Tabelle 4.12: Ergebnisse der retrospektiven Konfidenzintervalle mit einem Konfidenzniveau von 95 %. Die höchsten Konfidenzintervalle sind grün und die Niedrigsten sind rot markiert.

		Konfidenzintervall mit einem Konfidenzniveau von 95 %			
		APACHE II	IMKB	SAPS II	TISS 28
Gesamtkosten		0,89 - 0,90	0,92 - 0,93	0,89 - 0,90	0,94 - 0,95
KLG	CABG	0,88 - 0,88	0,92 - 0,93	0,88 - 0,89	0,93 - 0,94
	Herzklappen	0,87 - 0,89	0,92 - 0,93	0,88 - 0,90	0,95 - 0,95
	Kombinationen	0,87 - 0,89	0,92 - 0,93	0,87 - 0,89	0,95 - 0,95
Geschlecht	Männer	0,89 - 0,90	0,93 - 0,93	0,90 - 0,91	0,94 - 0,95
	Frauen	0,88 - 0,89	0,91 - 0,92	0,87 - 0,89	0,94 - 0,95
Stationsart	Intensivstation	0,95 - 0,96	0,95 - 0,95	0,95 - 0,95	0,97 - 0,97
	Normalstation	0,89 - 0,90	0,90 - 0,91	0,89 - 0,90	0,93 - 0,93
Kostenart	Fixkosten	0,92 - 0,93	0,94 - 0,94	0,92 - 0,92	0,96 - 0,96
	Variable Kosten	0,72 - 0,74	0,78 - 0,79	0,73 - 0,75	0,79 - 0,80

Vergleicht man die Scores miteinander, zeigt sich, dass der TISS-28 und die IMKB, die primär für ein Verlaufsscoring entwickelt wurden, die besten Ergebnisse erzielen. Der TISS-28 liefert sowohl bei den Korrelationen als auch bei dem Konfidenzintervall etwas höhere Werte als die speziell von der InEK entwickelte IMKB. Der APACHE II und der SAPS II wurden als Aufnahmescoringsysteme entwickelt, daher erreichen sie gute Korrelationen, aber etwas schlechtere als die beiden anderen Scores.

Betrachtet man die einzelnen Untergruppen, bei denen die Korrelationsanalysen durchgeführt wurden, zeigt sich, dass das homogenste Ergebnis der Scores in der Gruppe der Intensivstation erzielt wurde. Hier liegen die Scores bei der Korrelation im r nur 0,02 auseinander. Der TISS-28 erreicht ein $r = 0,97$, gefolgt vom APACHE II mit $r = 0,96$ und dem SAPS II und der IMKB mit jeweils $r = 0,95$. Hier zeigen die Scores ihre Stärke, was wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, dass sie ursprünglich für Intensivpatienten entwickelt wurden. Die Korrelationskoeffizienten bei der Normalstation fallen gegenüber der Intensivstation zwischen 0,04 und 0,06 ab. Alle Scores erreichen aber mit einem $r > 0,90$ immer noch sehr gute Werte und laut Definition eine „sehr hohe Korrelation“.

Die Ergebnisse bei den KLG zeigen, dass es zwischen den Scores Abweichungen gibt. Aber innerhalb der Scores unterscheiden sich die Ergebnisse bei den KLG praktisch nicht. Der TISS-28 liegt bei $0,93 \geq r \leq 0,95$. Die drei anderen Scores haben bei den KLG die gleichen Ergebnisse. Die beiden Aufnahmescores APACHE II ($r = 0,88$) und SAPS II ($r = 0,89$) zeigen gegenüber der IMKB mit $r = 0,92$ eine etwas schlechtere Korrelation.

Männer ($r = 0,95$) und Frauen ($r = 0,94$) unterscheiden sich beim TISS-28 nur bei dem Korrelationskoeffizienten um $r = 0,1$. Beim Konfidenzintervall liegen beide Gruppen wieder

gleichauf bei 0,94–0,95. Bei den drei anderen Scores schneiden die Frauen bei dem Korrelationskoeffizienten etwas schlechter ab als die Männer. Aber auch hier liegt das Delta nur beim $r = 0,02$.

Während die Fixkosten bei allen Scores mit $0,92 \geq r \leq 0,96$ eine sehr hohe Korrelation erreichen, zeigt sich bei den variablen Kosten ein anderes Ergebnis. Die Korrelationskoeffizienten der variablen Kosten liegen im Schnitt um 0,17 bis 0,19 tiefer als bei den Ergebnissen der Fixkosten. Das erklärt auch, warum die Korrelation der Gesamtkosten zum Beispiel bei dem TISS-28 mit $r = 0,94$ kleiner ist als bei den Fixkosten.

Abschließend kann festgestellt werden, dass alle Scores sehr gut mit den Kosten korrelieren. Der TISS-28 erreicht aber in allen Gruppen die höchsten Korrelationen und bildet daher die Grundlage für alle folgenden Analysen dieser Dissertation.

4.2 Regressionsanalyse zur Prognose der Kostendaten

In diesem Abschnitt werden zwei Modelle der Prognose der Kostendaten aufgebaut und analysiert. Modell 1 betrachtet den TISS-28 als unabhängige Variable und die Kosten als abhängige Variable. Es wird nicht zwischen Geschlecht, CABG und Herzklappen unterschieden. Im Modell 2 werden auch Geschlecht, CABG und Herzklappen als unabhängige Variablen genutzt. Wie bisher auch, werden die Kosten jeweils nach Gesamtkosten, Fixkosten, variablen Kosten und den Kosten der Intensiv- und Normalstation einzeln analysiert, um ggf. signifikante Veränderungen und damit Schwächen bei dem Modell zu finden.

4.2.1 Kostenart „Gesamtkosten“ als abhängige Variable

In der Modellzusammenfassung zeigt sich in Tab. 4.14, dass beide Modelle mit einem R^2 von .884 bei Modell 1 und .888 bei Modell zwei eine hohe signifikante Korrelation zu den Kosten haben. Allerdings ist der Unterschied zwischen Modell 1 und 2 nur marginal und damit nicht relevant. Auch die Varianzanalyse in Tab. 4.15 zeigt, dass die Zusammenhänge mit $> 0,001$ signifikant sind.

In Tab. 4.16 sind unter B die €-Werte zu sehen, mit denen die geschätzten Kosten berechnet werden. Bei Modell 1 liegen die konstanten Kosten je Fall bei 4.722,42 € und mit jedem TISS-28-Punkt erhöhen sich die geschätzten Kosten um weitere zusätzlich 41,80 €. Im Modell 2 liegt der konstante Wert bei 3.409,80 €. Zusätzlich kommen bei einer weiblichen Patientin 4.279 € hinzu und je nach Operationsart bei der CABG weitere 748,32 € sowie bei der Herzklappen-Operation weitere 1926,94 €. Der Wert des TISS-28 liegt bei 41,14 €.

Tabelle 4.13: Methoden der Regressionsanalyse der Gesamtkosten

Aufgenommene / entfernte Variablen^a

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	TISS gesamt ^b	Keine	Einschluss
2	Geschlecht, CABG, Klappe ^b	Keine	Einschluss

a. abhängige Variable: Kosten gesamt.

b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Tabelle 4.14: Modellzusammenfassung Gesamtkosten als abhängige Variable

Modell	r	R ²	Standardfehler des Schätzers	Änderung in R ²	Änderung in F	DF1	DF2	Signifikate Änderung in F
1	0,940 ^a	0,884	4.040,081	0,884	73.275,253	1	9.618	< 0,001
2	0,942 ^b	0,888	3.972,951	0,004	110,257	3	9.615	< 0,001

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.15: Varianzanalyse (ANOVA) (Gesamtkosten als abhängige Variable)

Modell		Quadrat- summe	DF	Mittel der Quadrate	F	Signifikants
1	Regression	1.2E+12	1	1.2E+12	73.275.253	< 0,001 ^a
	Nicht standardisierte Residuen	1.6E+11	9.618	1.63E+7		
	Gesamt	1.4E+12	9.619			
2	Regression	1.2E+12	4	3.0E+11	19025.792	< 0,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	1.5E+11	9.615	1.5E+7		
	Gesamt	1.4E+12	9.619			

a. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.16: Koeffizient (Gesamtkosten als abhängige Variable)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Beta	T	Kollinearitätsstatistik		
		B	Standardfehler			Sig.	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	4.722,424	54,855		86.089	< 0,001		
	TISS gesamt	41,798	0,154	0,940	270,694	< 0,001	1.000	1.000
2	(Konstante)	3.409,797	149.616		22.790	< 0,001		
	TISS gesamt	41,137	0,156	0,925	263.273	< 0,001	0,944	1.059
	Geschlecht	4,279	92,188	< 0,001	0,046	0,963	0,957	1.045
	CABG	748,316	121,741	0,030	6.147	< 0,001	0,499	2.004
	Klappe	1.926,943	116,758	0,081	16.504	< 0,001	0,481	2.077

In Abb. 4.12 für Modell 1 ist eine Normalverteilung zu sehen bzw. in Abb. 4.13 die Streuung der Gesamtkosten mit einem RMSE von 3.972,16 €.

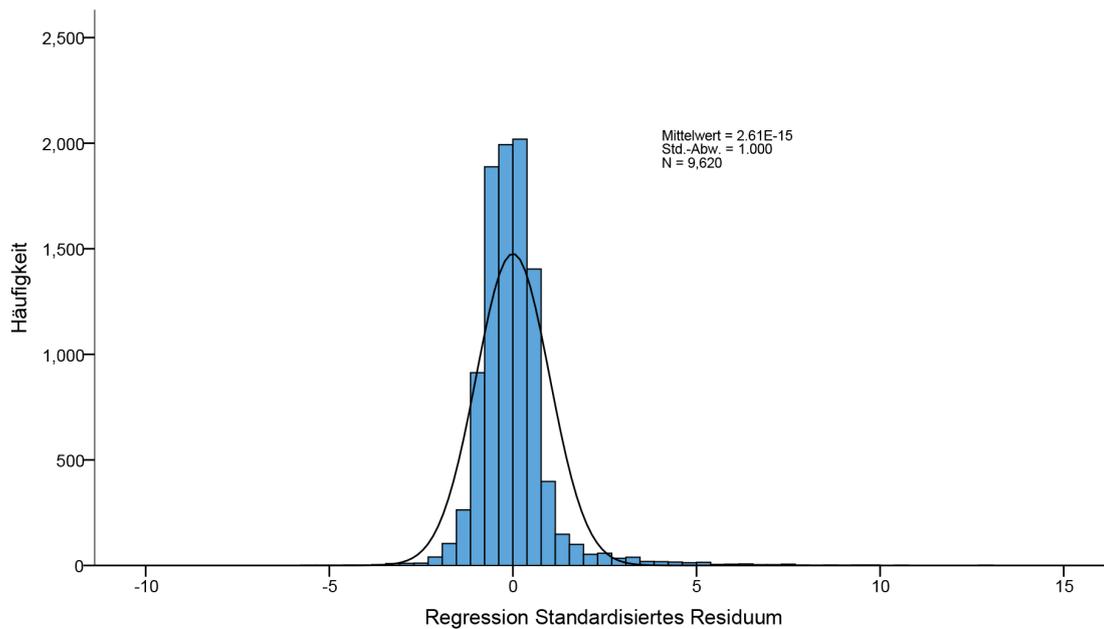


Abbildung 4.12: Regression standardisiertes Residuum für die Gesamtkosten als abhängige Variable

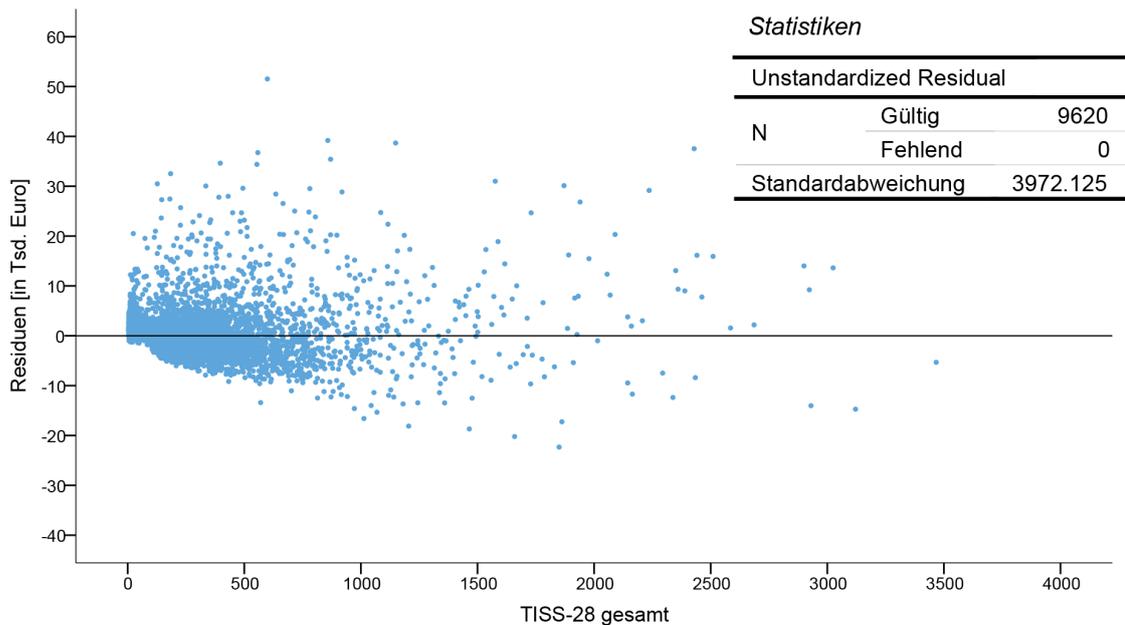


Abbildung 4.13: Streuungsdiagramm für die Gesamtkosten als abhängige Variable incl. Standardabweichung (RMSE)

4.2.2 Kostenart „Fixkosten“ als abhängige Variable

Bei der Modellzusammenfassung der Fixkosten zeigt sich in Tab. 4.22, dass beide Modelle mit dem R^2 fast keinen Unterschied aufzeigen. Modell 1 hat ein R^2 von .924, wie auch Modell 2, und eine Änderung zwischen den Modellen von $< 0,001$. Die Varianzanalyse in Tab. 4.19 zeigt, dass die Zusammenhänge beider Modelle mit $> 0,001$ signifikant sind. In Tab. 4.20 sind unter B die €-Werte zu sehen, mit denen die geschätzten Kosten berechnet werden, wobei der TISS-28-Punktwert beider Modelle fast gleich hoch ist. Alle Werte, bis auf das Geschlecht, sind signifikant.

Tabelle 4.17: Methoden der Regressionsanalyse der Fixkosten

Aufgenommene / entfernte Variablen^a

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	TISS gesamt ^b	Keine	Einschluss
2	Geschlecht, CABG, Klappe ^b	Keine	Einschluss

a. abhängige Variable: Fixkosten.

b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Tabelle 4.18: Modellzusammenfassung Fixkosten als abhängige Variable

Modell	r	R ²	Standardfehler des Schätzers	Änderung in R ²	Änderung in F	DF1	DF2	Signifikante Änderung in F
1	0,961 ^a	0,924	2.313,746	0,924	116.189,3	1	9.618	< 0,001
2	0,961 ^b	0,924	2.300,843	< 0,001	37,058	3	9.615	< 0,001

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.19: Varianzanalyse (ANOVA) (Fixkosten als abhängige Variable)

Modell		Quadrat- summe	DF	Mittel der Quadrate	F	Signifikants
1	Regression	6.2E+11	1	6.2E+11	116189.3	< 0,001 ^a
	Nicht standardisierte Residuen	5.1E+10	9.618	5353420		
	Gesamt	6.7E+11	9.619			
2	Regression	6.2E+11	4	1.6E+11	29401.83	< 0,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	5.1E+10	9.615	5293879		
	Gesamt	6.7E+11	9.619			

a. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.20: Koeffizient (Fixkosten als abhängige Variable)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Kollinearitätsstatistik				
		B	Standard- fehler	Beta	T	Sig.	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	3.456,678	31,415		110,032	< 0,001		
	TISS gesamt	30,143	0,088	0,961	340,886	< 0,001	1,000	1,000
2	(Konstante)	2.650,712	86,646		30,592	< 0,001		
	TISS gesamt	30,053	0,090	0,958	332,110	< 0,001	0,944	1,059
	Geschlecht	80,788	53,388	0,004	1,513	0,130	0,957	1,045
	CABG	708,961	70,504	0,040	10,056	< 0,001	0,499	2,004
	Klappe	590,118	67,618	0,035	8,727	< 0,001	0,481	2,077

In Abb. 4.14 für Modell 1 ist eine Normalverteilung zu sehen bzw. in Abb. 4.15 die Streuung der Gesamtkosten mit einem RMSE von 2.300,37 €. Auch hier sieht man, dass die Prognose der Fixkosten besser ist als die der Gesamtkosten.

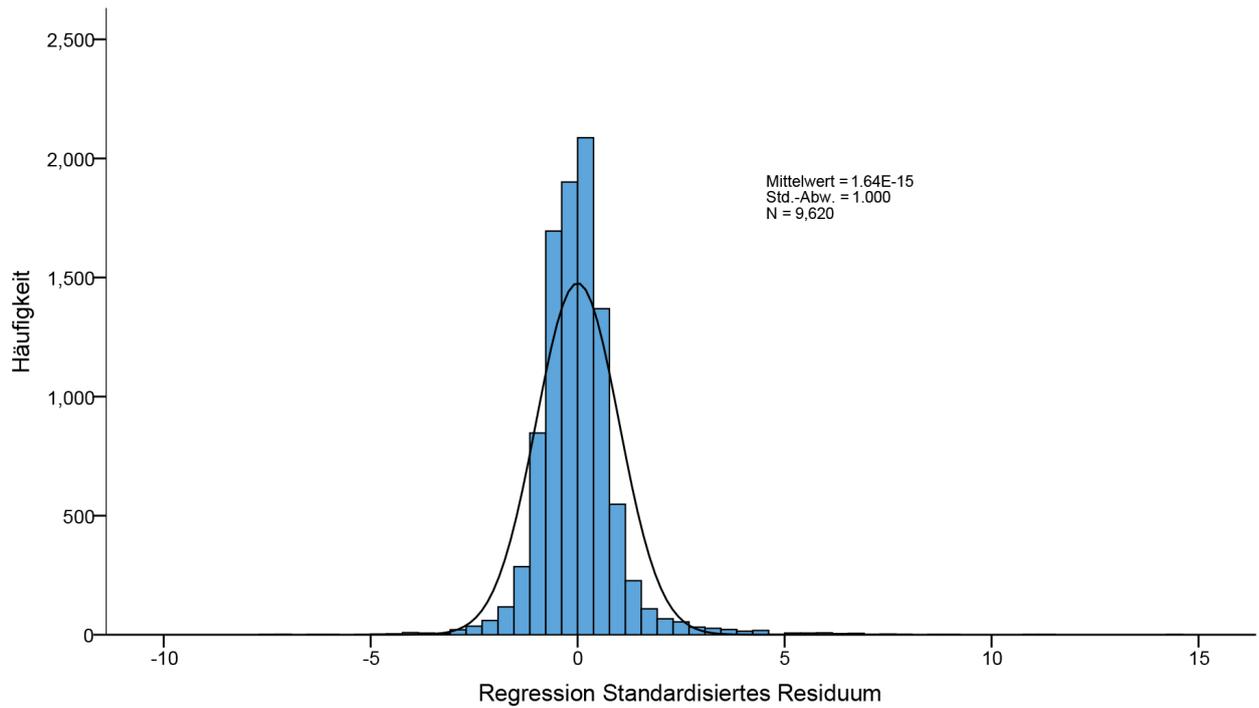


Abbildung 4.14: Regression des standardisierten Residiums für die Fixkosten als abhängige Variable

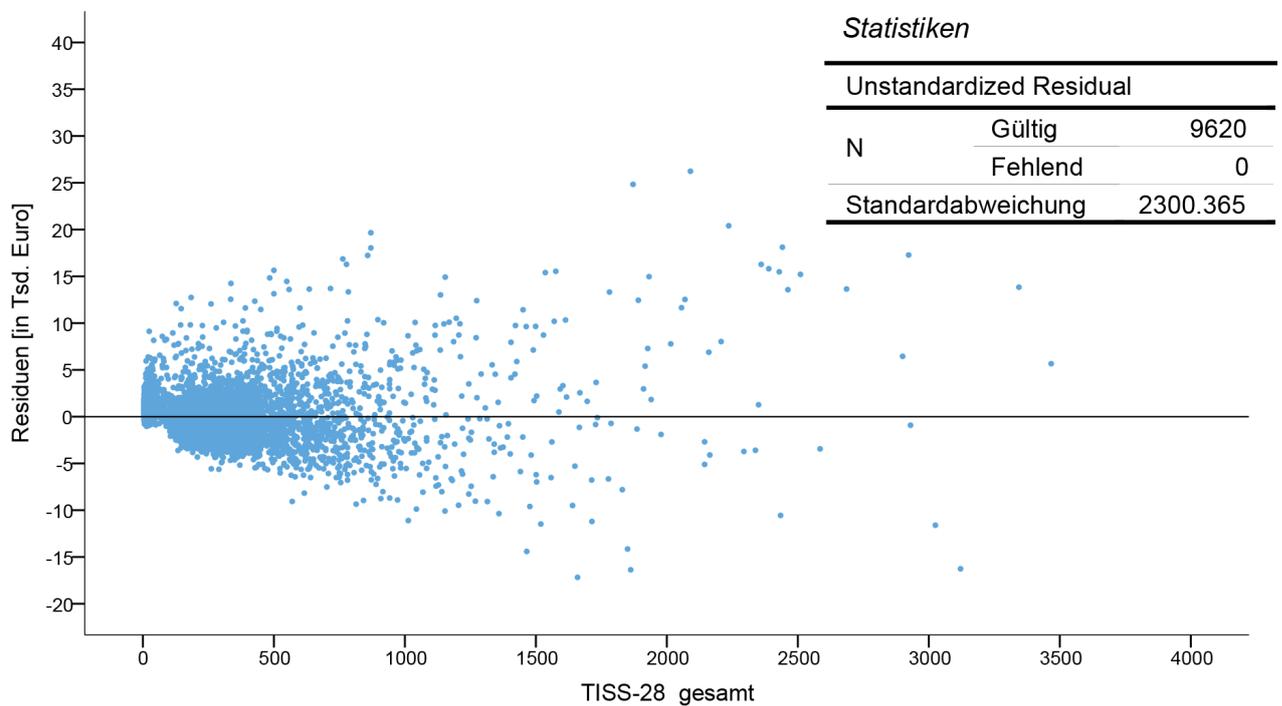


Abbildung 4.15: Streudiagramm für die Fixkosten als abhängige Variable incl. Standardabweichung (RMSE)

4.2.3 Kostenart „Variable Kosten“ als abhängige Variable

Bei der Modellzusammenfassung der variablen Kosten zeigt sich in Tab. 4.22, dass beide Modelle mit dem R^2 niedriger sind als bei den Gesamt- bzw. Fixkostenmodellen, aber mit $p < 0,001$ immer noch signifikant. Bei Modell 1 liegt das R^2 bei .606 und bei Modell 2 bei .633. Die Varianzanalyse in Tab. 4.19 zeigt, dass die Zusammenhänge beider Modelle mit $> 0,001$ signifikant sind. In Tab. 4.20 sind unter B die €-Werte zu sehen, mit denen die geschätzten Kosten berechnet werden. Beide Modelle liegen mit TISS-28-Punktwerten von 11,65 € und 11,09 € fast gleichauf. Alle Werte bis auf das Geschlecht und CABG sind signifikant.

Tabelle 4.21: Methoden der Regressionsanalyse der variablen Kosten

Aufgenommene/Entfernte Variablen^a

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	TISS gesamt ^b	Keine	Einschluss
2	Geschlecht, CABG, Klappe ^b	Keine	Einschluss

a. abhängige Variable: Fixkosten.

b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Tabelle 4.22: Modellzusammenfassung Variable Kosten als abhängige Variable

Modell	r	R^2	Standardfehler des Schätzers	Änderung in R^2	Änderung in F	DF1	DF2	Signifikate Änderung in F
1	0,779 ^a	0,607	2.503,064	0,607	14.841,40	1	9.618	< 0,001
2	0,795 ^b	0,633	2.419,160	0,026	227,243	3	9.615	< 0,001

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.23: Varianzanalyse (ANOVA) (Variable Kosten als abhängige Variable)

Modell		Quadrat- summe	DF	Mittel der Quadrate	F	Signifikants
1	Regression	9.3E+10	1	9.3E+10	14841.40	< 0,001 ^a
	Nicht standardisierte Residuen	6.0E+10	9.618	5353420		
	Gesamt	1.5E+11	9.619			
2	Regression	9.7E+11	4	2.4E+10	4142.616	< 0,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	5.6E+10	9.615	5852337		
	Gesamt	1.5E+11	9.619			

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.24: Koeffizient (Variable Kosten als abhängige Variable)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten			Kollinearitätsstatistik			
		B	Standard- fehler	Beta	T	Sig.	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	1.264,733	33,986		37,214	< 0,001		
	TISS gesamt	11,654	0,096	0,779	121,825	< 0,001	1,000	1,000
2	(Konstante)	757,258	91,102		8,312	< 0,001		
	TISS gesamt	11,085	0,095	0,741	116,508	< 0,001	0,944	1,059
	Geschlecht	-78,878	56,134	-0,09	-1,405	0,160	0,957	1,045
	CABG	43,020	74,129	0,005	0,580	0,562	0,499	2,004
	Klappe	1.336,548	71,095	0,167	18,800	< 0,001	0,481	2,077

In Abb. 4.16 für Modell 1 ist eine Normalverteilung zu sehen bzw. in Abb. 4.17 von 2.418,66 €.

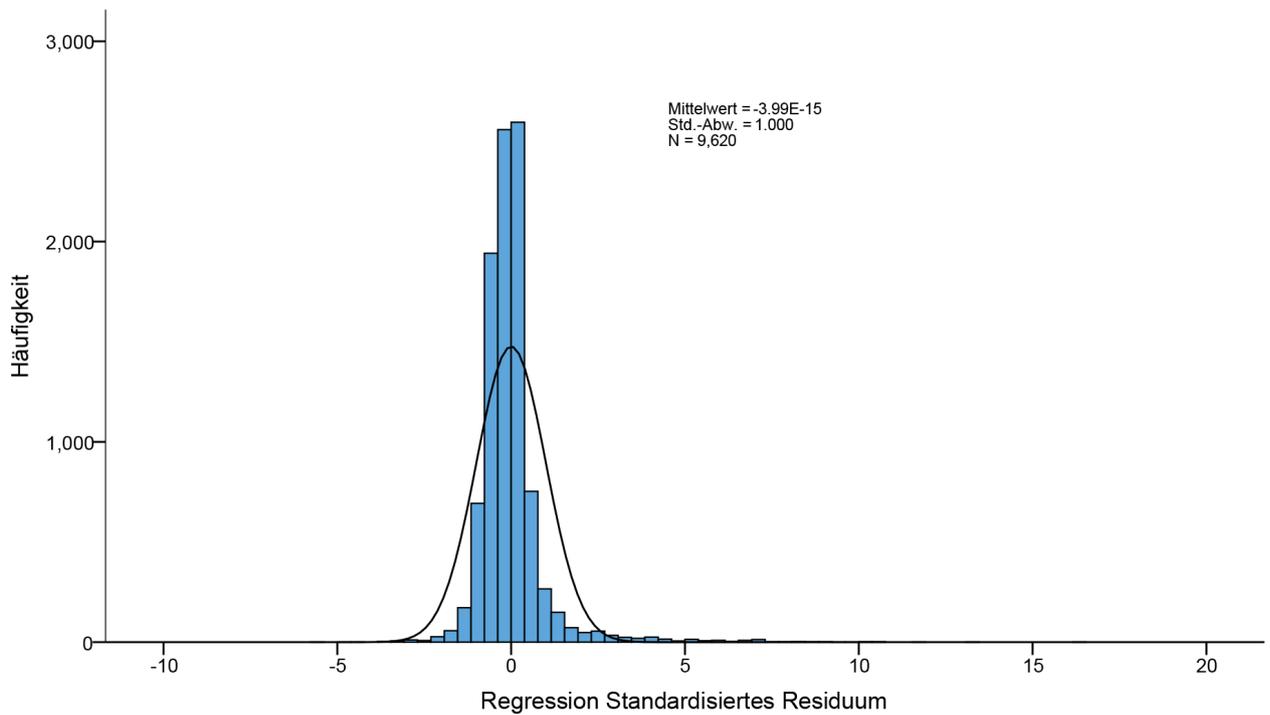


Abbildung 4.16: Regression des standardisierten Residiums für die variablen Kosten als abhängige Variable

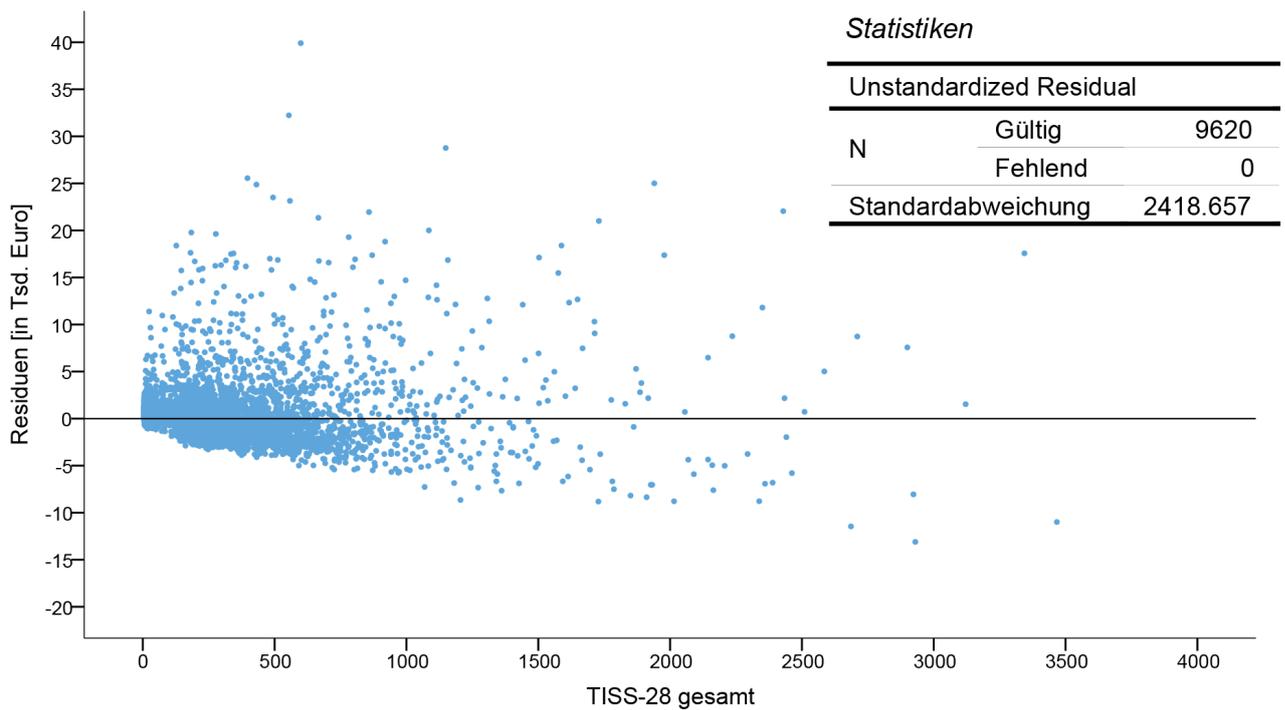


Abbildung 4.17: Streudiagramm für die variablen Kosten als abhängige Variable incl. Standardabweichung (RMSE)

4.2.4 Kostenstelle „Intensivstation“ als abhängige Variable

Die beiden Modelle unterscheiden sich bei einem R^2 von .957 mit einer Änderung von $R^2 < 0,001$ praktisch nicht. Beide Werte sind mit $< 0,001$ signifikant. Auch die Varianzanalyse zeigt keine Auffälligkeiten. Bei dem B in Tab. 4.28 beginnen die Konstanten mit einem negativen Wert. Die TISS-28-Werte liegen mit 28,62 € bei Modell 1 und 28,71 € bei Modell 2 auf gleichem Niveau.

Tabelle 4.25: Methoden der Regressionsanalyse der Kostenstelle Intensivstation

Aufgenommene/Entfernte Variablen^a

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	TISS gesamt ^b	Keine	Einschluss
2	Geschlecht, CABG, Klappe ^b	Keine	Einschluss

a. abhängige Variable: Kostenstelle Intensivstation.

b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Tabelle 4.26: Modellzusammenfassung Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable

Modell	r	r^2	Standardfehler des Schätzers	Änderung in R^2	Änderung in F	DF1	DF2	Signifikate Änderung in F
1	0,978 ^a	0,957	1.493,572	0,957	211.907,0	1	9.618	< 0,001
2	0,978 ^b	0,957	1.488,559	< 0,001	22,628	3	9.615	< 0,001

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.27: Varianzanalyse (ANOVA) (Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable)

Modell		Quadrat- summe	DF	Mittel der Quadrate	F	Signifikants
1	Regression	4.7E+11	1	4.7E+11	211907.0	< 0,001 ^a
	Nicht standardisierte Residuen	2.1E+10	9.618	2230756		
	Gesamt	4.9E+11	9.619			
2	Regression	4.7E+11	4	1.2E+11	523351.10	< 0,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	2.1E+10	9.615	2215809		
	Gesamt	4.9E+11	9.619			

a. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.28: Koeffizient (Kostenstelle Intensivstation als abhängige Variable)

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Kollinearitätsstatistik				
		B	Standard- fehler	Beta	T	Sig.	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	-728,483	17,743		-41,058	< 0,001		
	TISS gesamt	28,621	0,062	0,978	460,334	< 0,001	1,000	1,000
2	(Konstante)	-387,731	55,636		-6,969	< 0,001		
	TISS gesamt	28,706	0,063	0,981	454,363	< 0,001	0,962	1,039
	Geschlecht	-176,397	34,537	-0,011	-5,107	< 0,001	0,957	1,045
	CABG	-123,132	45,666	-0,008	-2,696	0,007	0,498	2,008
	Klappe	-287,554	43,568	-0,020	-6,600	< 0,001	0,485	2,060

In Abb. 4.18 für Modell 1 ist eine Normalverteilung zu sehen bzw. in Abb. 4.19 die Streuung der Gesamtkosten mit einem RMSE von 1.488,25 €.

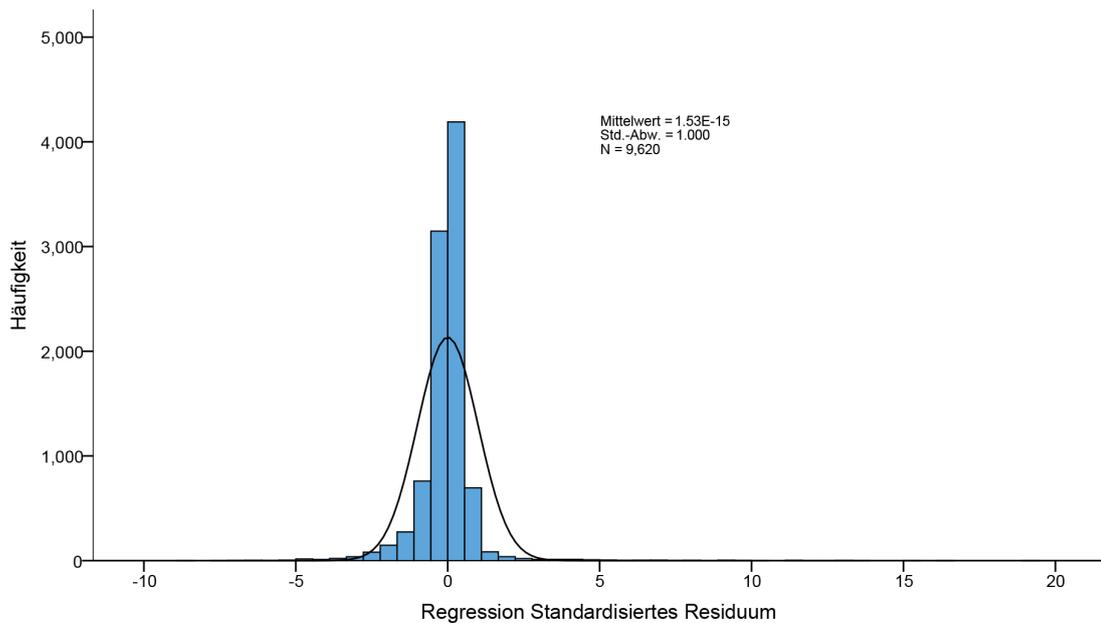


Abbildung 4.18: Regression des standardisierten Residiums für die Kosten der Intensivstation als abhängige Variable

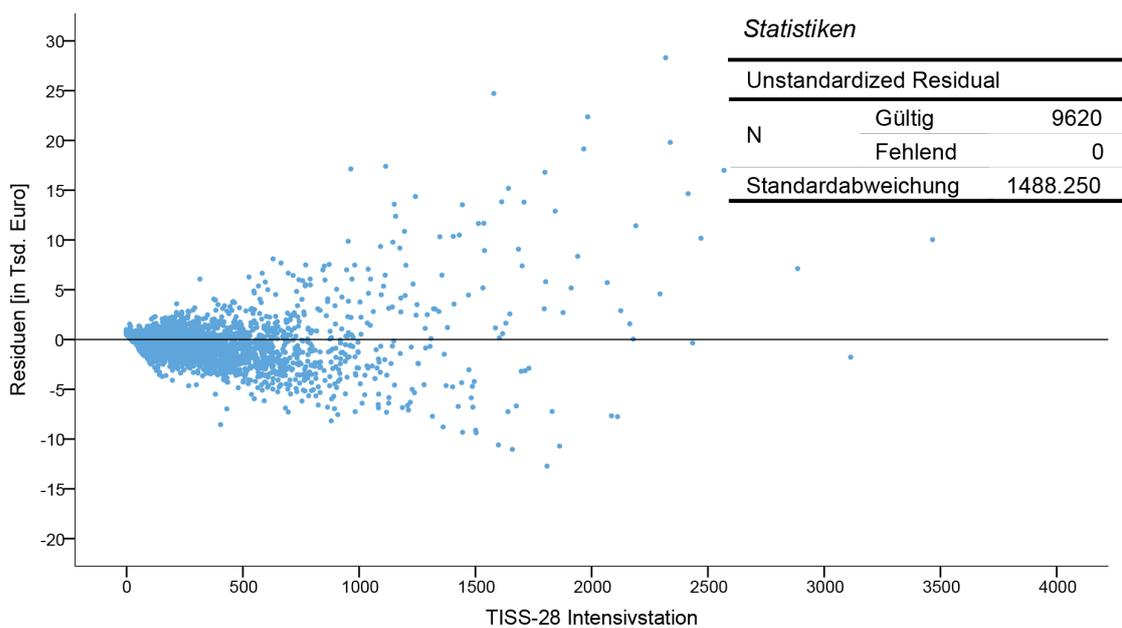


Abbildung 4.19: Streudiagramm für die Kosten der Intensivstation als abhängige Variable inkl. Standardabweichung (RMSE)

4.2.5 Kostenstelle „Normalstation“ als abhängige Variable

Die beiden Modellen mit der Normalstation als abhängige Variable unterscheiden sich bei einem R^2 von .880 mit einer Änderung von $R^2 < 0,001$ praktisch nicht. Beide Werte sind mit $< 0,001$ signifikant. Auch die Varianzanalyse zeigt keine Auffälligkeiten. Bei dem B in Tab. 4.28 beginnen die Konstanten, wie bei der Intensivstation, mit einem negativen

Wert. Die TISS-28-Werte liegen mit 29,30 € bei Modell 1 und 29,35 € bei Modell 2 nahe zusammen.

Tabelle 4.29: Methoden der Regressionsanalyse der Kostenstelle Normalstation
Aufgenommene/Entfernte Variablen^a

Modell	Aufgenommene Variablen	Entfernte Variablen	Methode
1	TISS gesamt ^b	Keine	Einschluss
2	Geschlecht, CABG, Klappe ^b	Keine	Einschluss

a. abhängige Variable: Kostenstelle Normalstation.

b. Alle gewünschten Variablen wurden eingegeben.

Tabelle 4.30: Modellzusammenfassung Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable

Modell	r	R ²	Standardfehler des Schätzers	Änderung in R ²	Änderung in F	DF1	DF2	Signifikante Änderung in F
1	0,938 ^a	0,880	920,215	0,880	70.550,77	1	9.618	< 0,001
2	0,938 ^b	0,880	918,968	< 0,001	9,709	3	9.615	< 0,001

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflussvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.31: Varianzanalyse (ANOVA) (Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable)

Modell		Quadratsumme	DF	Mittel der Quadrate	F	Signifikants
1	Regression	6.0E+10	1	6.0E+10	70550.77	< 0,001 ^a
	Nicht standardisierte Residuen	8.14E+9	9.618	846 795.7		
	Gesamt	6.8E+10	9.619			
2	Regression	6.8E+10	4	1.5E+10	17692.89	< 0,001 ^b
	Nicht standardisierte Residuen	8.12E+9	9.615	844501.6		
	Gesamt	6.8E+10	9.619			

a. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Tabelle 4.32: Koeffizient (Kostenstelle Normalstation als abhängige Variable)

		Nicht standardisierte Koeffizienten			Kollinearitätsstatistik			
Modell		koeffizient	fehler	Beta	T	Sig.	Toleranz	VIF
1	(Konstante)	-167,068	13,513		-12,364	< 0,001		
	TISS gesamt	29,299	0,110	0,938	265,614	< 0,001	1,000	1,000
2	(Konstante)	-172,659	35,489		-4,864	< 0,001		
	TISS gesamt	29,346	0,113	0,940	260,803	< 0,001	0,958	1,043
	Geschlecht	-94,165	21,321	0,016	4,417	< 0,001	0,957	1,045
	CABG	-47,587	28,167	-0,008	-1,689	0,091	0,499	2,005
	Klappe	-68,931	26,628	-0,013	-2,589	< 0,010	0,495	2,019

In Abb. 4.20 für Modell 1 ist eine Normalverteilung zu sehen bzw. in Abb. 4.21 die Streuung der Gesamtkosten mit einem RMSE von 918.78.25 €. Damit hat diese Modellvariante den besten RMSE aller fünf Modelle.

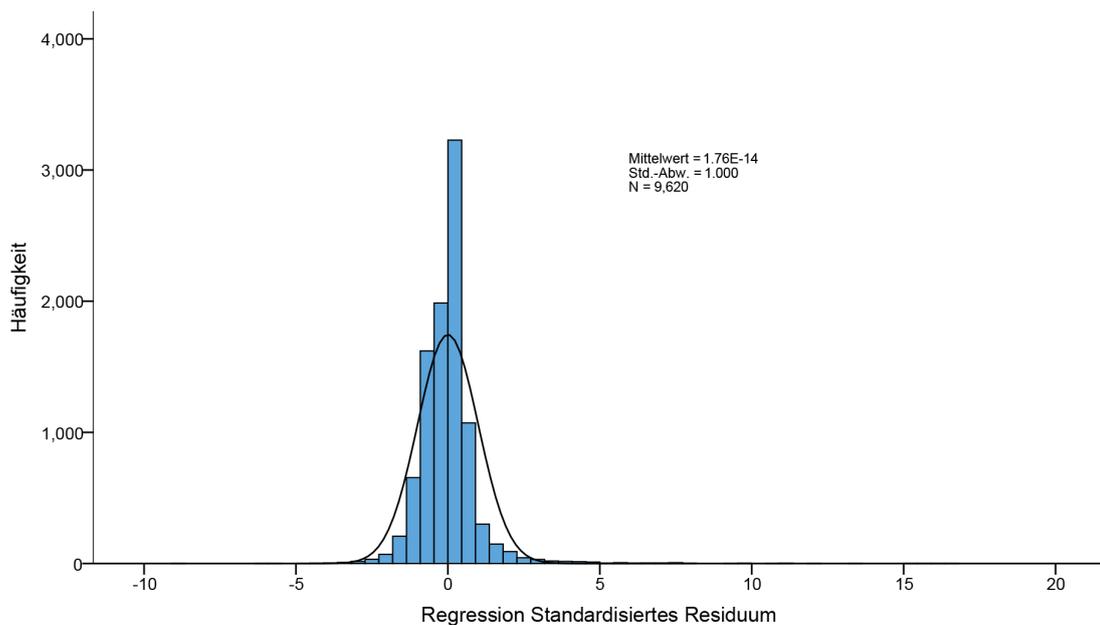


Abbildung 4.20: Regression des standardisierten Residiums für die Kosten der Normalstation als abhängige Variable

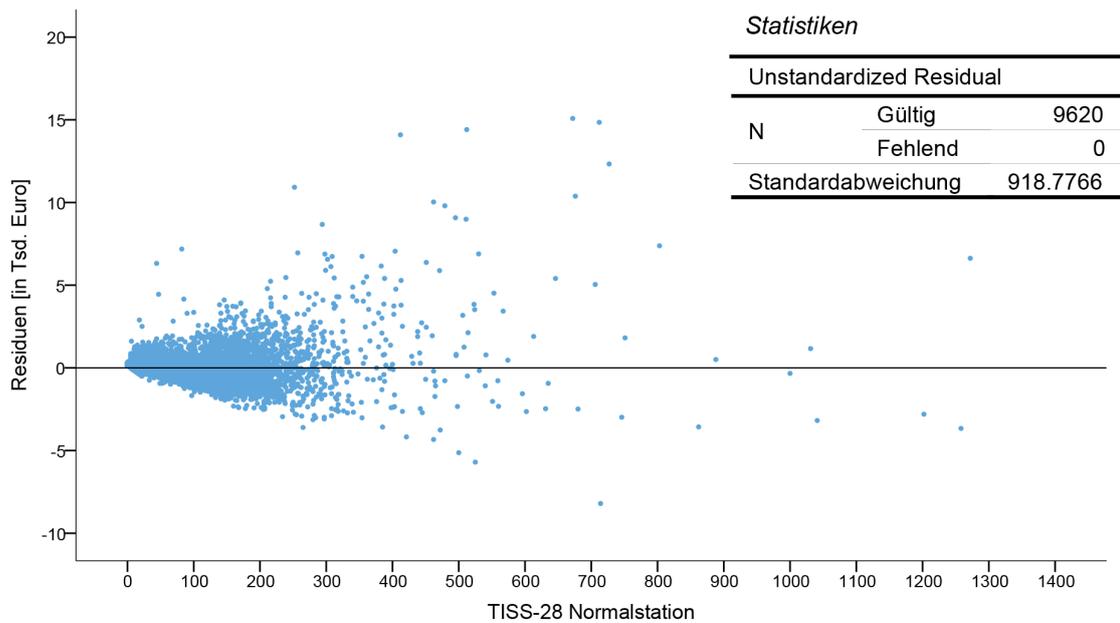


Abbildung 4.21: Streuungsdiagramm für die Kosten der Normalstation als abhängige Variable inkl. Standardabweichung (RMSE)

4.2.6 Schlussfolgerung

In Tab. 4.33 sind die R^2 zusammengefasst. Zu erkennen ist, dass ein Vergleich zwischen Modell 1 und Modell 2 zugunsten des Letzteren ausfällt. Allerdings ist dieser Unterschied nicht relevant. Und im Sinne einer Vereinfachung der Kostenberechnung ist Modell 1 dem Modell 2 vorzuziehen.

Tabelle 4.33: R^2 der Modelle 1 und 2 in allen fünf Modellvarianten.

	R^2				
	Gesamtkosten	Fixkosten	Variable Kosten	Intensivstation	Normalstation
Modell 1 ^a	0,884	0,924	0,607	0,957	0,880
Modell 2 ^b	0,888	0,924	0,633	0,957	0,880

a. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt

b. Einflußvariablen : (Konstante), TISS gesamt, Geschlecht, CABG, Klappe

Die Intensivstation und die Fixkosten haben das höchste R^2 mit 0,957 bei der Intensivstation und 0,924 bei den Fixkosten. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Fixkosten in der InEK-Kalkulation linear auf den Aufenthalt verteilt werden. Zum Beispiel werden die Arztkosten der Stationen gleichmäßig auf die Belegungstage verteilt und mit einer ungefähren Gleichverteilung der TISS-28-Punkte kommt es zu einer hohen Korrelation und damit auch zu einem guten R^2 . Dass die Intensivstation den besten R^2 -Wert hat, ist auch nicht verwunderlich, da der TISS-28 unter anderem genau für diesen Zweck entwickelt wurde.

Die Gesamtkosten und die Normalstation lassen sich mit einem R^2 von 0,884 für die Gesamtkosten und 0,880 für die Normalstation immer noch sehr gut für die Prognose der Kosten nutzen. Etwas abgeschlagen sind die variablen Kosten, was vermutlich an den sehr volatilen Implantationskosten in der Herzchirurgie liegt.

Aus Sicht dieser Arbeit kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass der TISS-28 dazu geeignet ist, im Modell 1 die Kosten zu prognostizieren.

4.3 Modellvalidierung für die Jahre 2014 und 2015 mit Daten aus den Jahren 2008 bis 2013

In diesem Abschnitt werden die Regressionskoeffizienten aus den Daten von 2008–2013 aus Kapitel 4.2 abgeschätzt und auf die Jahre 2014 und 2015 angewendet. Dadurch soll bewiesen werden, dass die Ergebnisse der Analyse aus den Vorjahren sich eignen, um Dekaden mit zwei unterschiedlichen Chefärzten zu benutzen. Die Analysen werden wieder auf Grundlage der drei Kostenarten (Gesamtkosten, Fixkosten und Variable Kosten) und der beiden Stationsarten (Intensivstation und Normalstation) durchgeführt.

4.3.1 Kostenart „Gesamtkosten“ als abhängige Variable

Wie in Tabelle 4.34 aufgeführt, liegen die beiden Jahre 2014 und 2015 im Vergleich bei fast denselben statistischen Werten. Das R^2 unterscheidet sich nur um 0,002 und die signifikante Korrelation nach Pearson ist mit einem Delta von 0,001 praktisch gleich. Bei der Standardabweichung steht das Jahr 2015 mit 215 € etwas besser da. Vergleicht man die beiden Abbildungen mit den Residuen (Abb. 4.22 und Abb. 4.23), zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung der Streuung. Wobei 2015 trotz der geringeren Standardabweichung im Vergleich zu 2014 in der Grafik eine etwas breitere Streuung aufweist. Dies kann an der etwas höheren Fallzahl liegen.

Tabelle 4.34: Modellvalidierung: Gesamtkosten 2008–2013 auf 2014 und 2015 angewendet)

Variante		2014	2015
	R^2	0,830	0,828
Gesamtkosten	Korrelation nach Pearson	0,991**	0,990**
	Signifikanz (2-seitig)	< 0,001	< 0,001
	Standardabweichung	5.721,791	5.506,308
	N	1.476	1.620

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

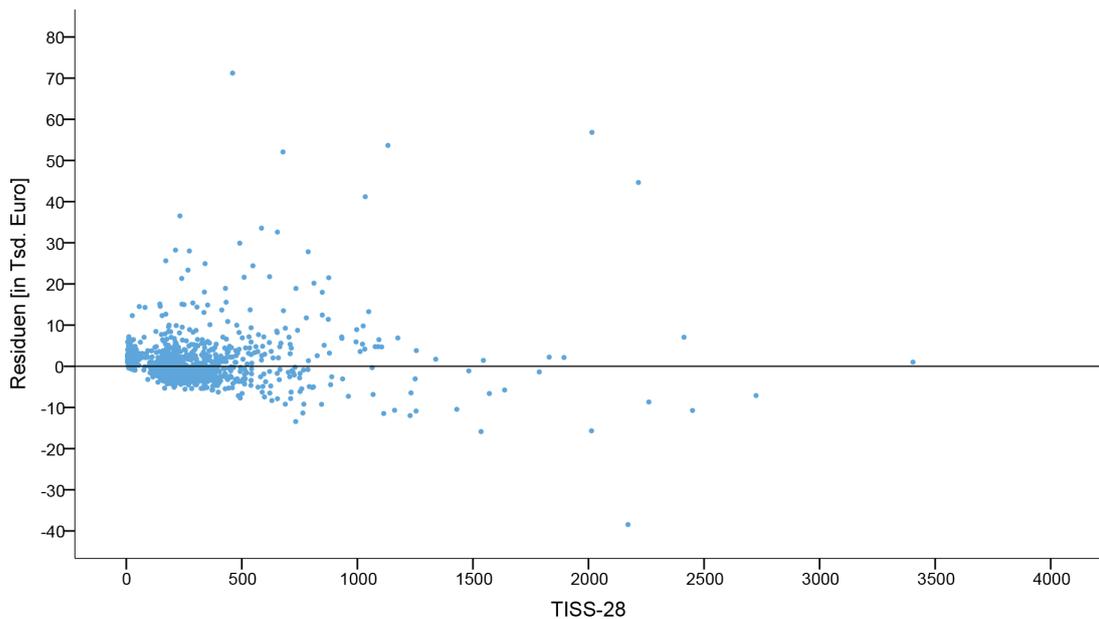


Abbildung 4.22: Streuungsdiagramm für die Residuen der Gesamtkosten und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2014 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

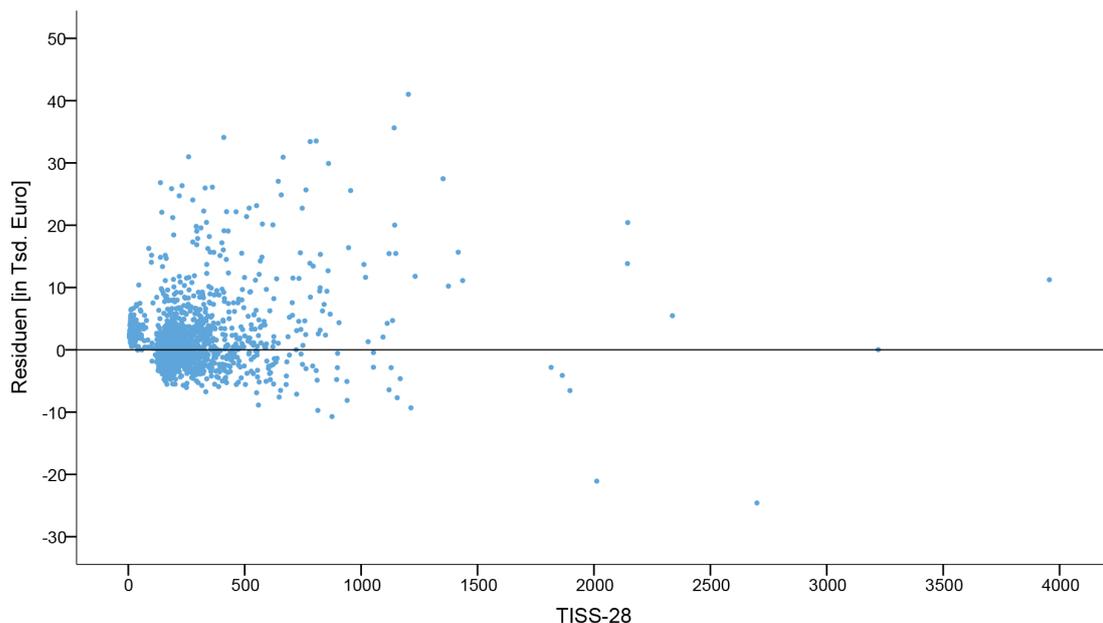


Abbildung 4.23: Streuungsdiagramm für die Residuen der Gesamtkosten und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2015 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

4.3.2 Kostenart „Fixkosten“ als abhängige Variable

Im Folgenden werden die Fixkosten (Personal- und Infrastrukturkosten) mit dem TISS-28-Gesamt verglichen. Wie bei allen Analysen, die sich auf die Fixkosten beziehen, zeigen sich hier die sehr guten statistischen Ergebnisse des Modells. In Tabelle 4.35 ist zu sehen, dass sich die statistischen Werte mit einem R^2 von 0,899 für 2014 und 0,910 für 2015 nur

minimal unterscheiden. Auch die signifikante Korrelation nach Pearson ist mit einem Delta von 0,006 praktisch gleich. Bei der Standardabweichung steht das Jahr 2015 mit 377 € deutlich besser da als das Jahr 2014. Zusätzlich ist im Vergleich mit den Gesamtkosten aus Tab. 4.35 die Standardabweichung nur etwa halb so groß. Die Streuungsdiagramme der Residuen (Abb. 4.24 und Abb. 4.25) zeigen eine gleichmäßige Verteilung der Streuung. Aber wie bei den Gesamtkosten ist die Streuung 2015 etwas breiter als 2014.

Tabelle 4.35: Modellvalidierung: Fixkosten 2008–2013 auf 2014 und 2015 angewendet

Variante		2014	2015
Gesamtkosten	R ²	0,899	0,910
	Korrelation nach Pearson	0,948**	0,954**
	Signifikanz (2-seitig)	< 0,001	< 0,001
	Standardabweichung	3.003,003	2.626,007
	N	1.476	1.620

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

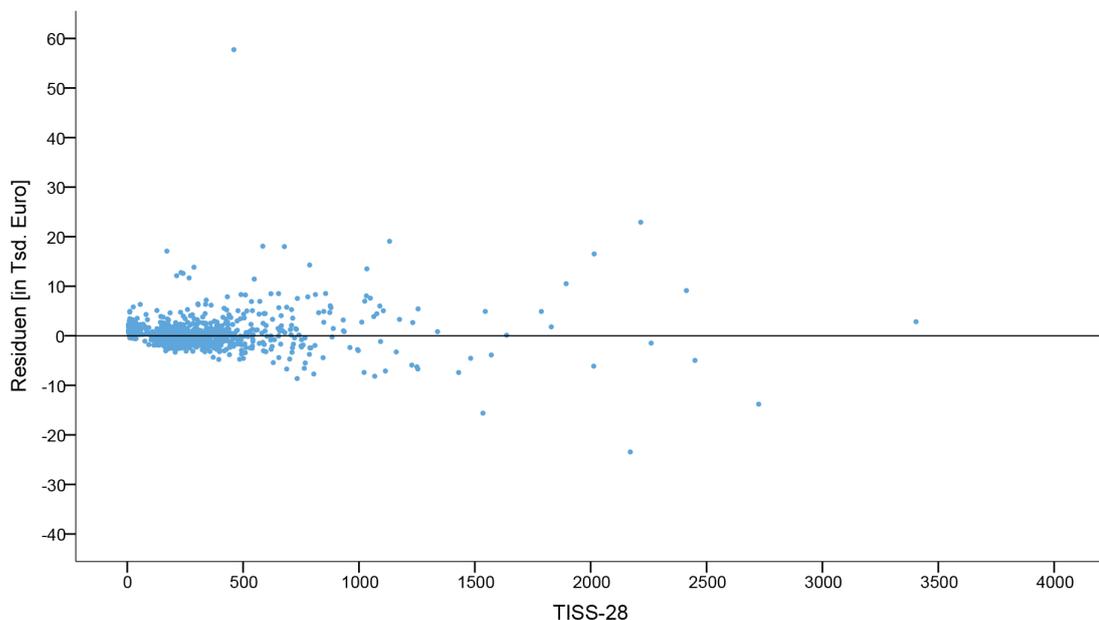


Abbildung 4.24: Streuungsdiagramm für die Residuen der Fixkosten und dem TISS-28-Gesamt des Jahres 2014 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

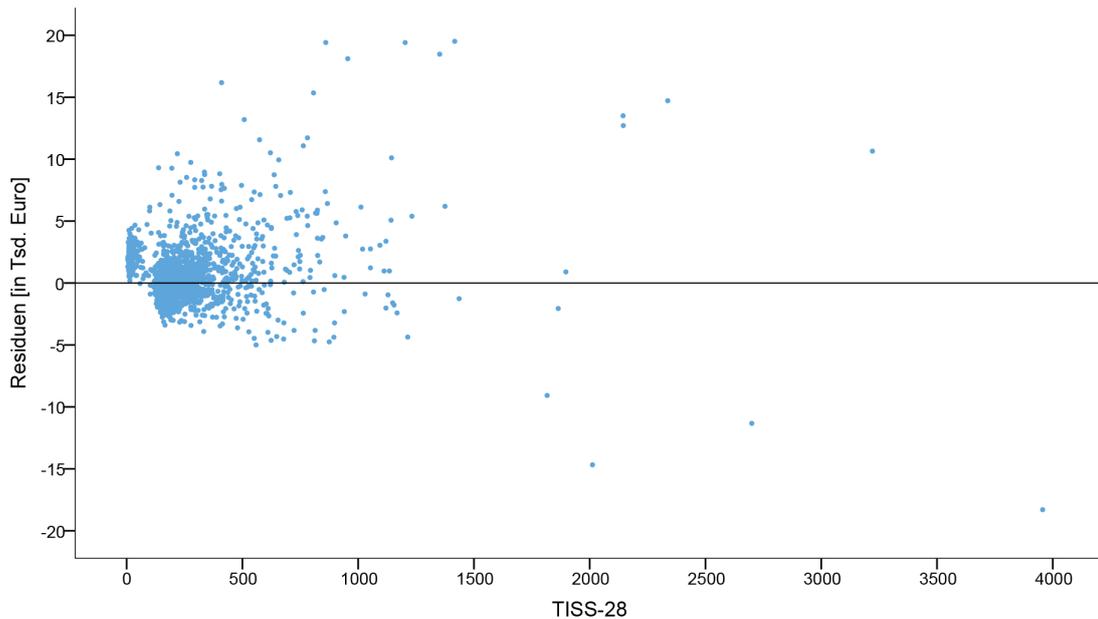


Abbildung 4.25: Streuungsdiagramm für die Residuen der Fixkosten und dem TISS-28-Gesamt des Jahres 2015 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

4.3.3 Kostenart „Variable Kosten“ als abhängige Variable

Bei den variablen Kosten werden Kosten für Medikamente, medizinisches Material und Implantate mit dem TISS-28-Gesamt verglichen. Hier zeigt sich ein deutlich schlechteres Ergebnis als bei den Gesamt- und Fixkostenvergleichen aus Abschnitt 4.3.2 und 4.3.1. Dies ist aber nicht verwunderlich, da die variablen Kosten in der Herzchirurgie sehr stark von den Implantatskosten beeinflusst werden und damit weniger abhängig von dem Krankheitszustand des Patienten sind und weniger mit dem TISS-28 korrelieren. Trotzdem ist das Ergebnis in der Korrelation noch signifikant. Und auch hier liegen, wie in Tab. 4.36 zu sehen, die R^2 -Werte, die Korrelationen nach Pearson und die Standardabweichungen der beiden Jahre noch nah beisammen. Die Streuungsdiagramme der Residuen (Abb. 4.26 und Abb. 4.27) zeigen eine gleichmässige Verteilung der Streuung.

Tabelle 4.36: Modellvalidierung: Variable Kosten 2008–2013 auf 2014 und 2015 angewendet

Variante	2014	2015
R^2	0,521	0,480
Korrelation nach Pearson	0,722**	0,693**
Signifikanz (2-seitig)	< 0,001	< 0,001
Standardabweichung	3.501,405	3.809,389
N	1.476	1.620

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

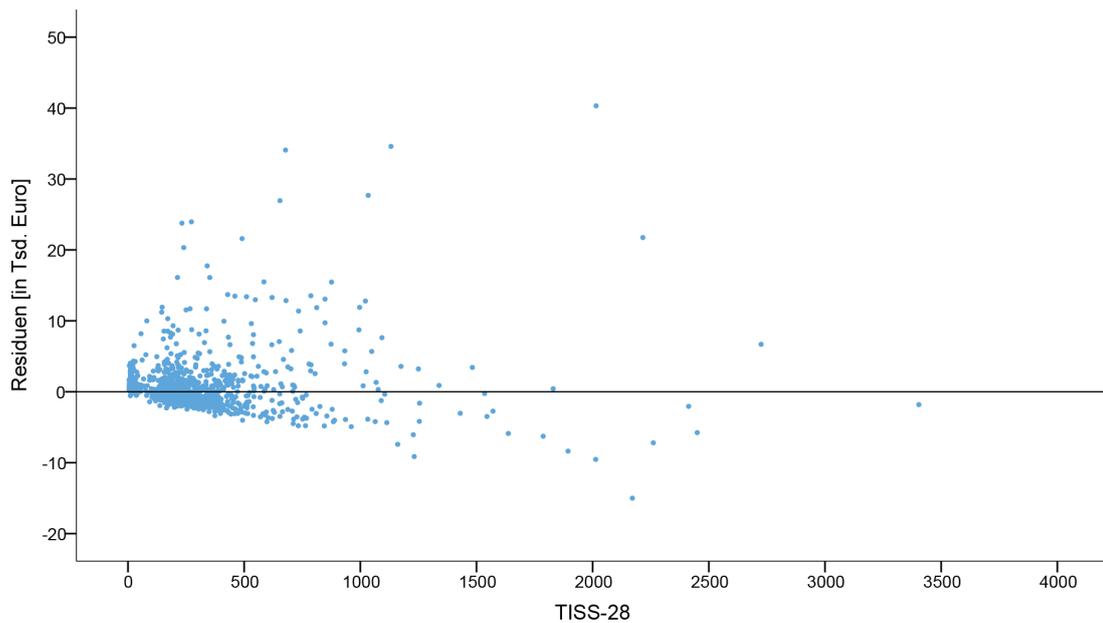


Abbildung 4.26: Streuungsdiagramm für die Residuen der variablen Kosten und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2014 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

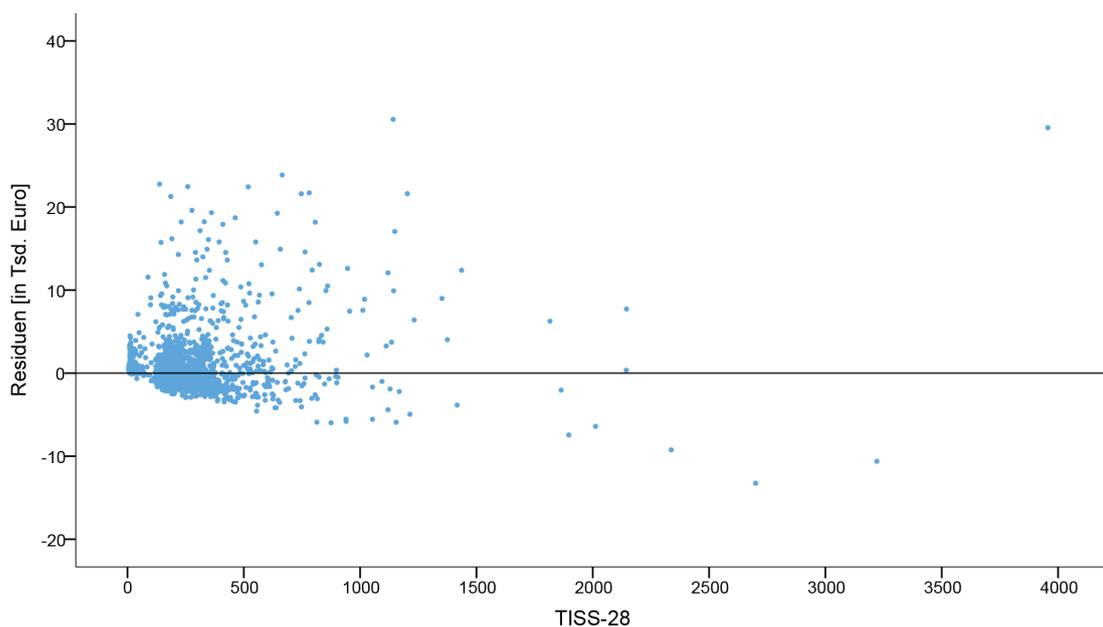


Abbildung 4.27: Streuungsdiagramm für die Residuen der variablen Kosten und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2015 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

4.3.4 Kostenstelle „Intensivstation“ als abhängige Variable

Bei den Kosten der Intensivstation wird nur mit den TISS-28-Punkten verglichen, die auf der Intensivstation ermittelt wurden. Hier zeigten sich die Stärken des TISS-28: Diese Analyse führt zu den besten Ergebnissen der Modellvalidierung. In Tab. 4.37 zeigen sich mehr oder weniger identische Werte für beide Jahre. Das R^2 unterscheidet sich nur um

0,002 und die Korrelation nur um 0,001. In den Streudiagrammen der Residuen (Abb. 4.28 und Abb. 4.29) zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung der Streuung, wobei 2015 wieder etwas breiter streut als 2014.

Tabelle 4.37: Modellvalidierung: Kosten der Intensivstation 2008–2013 auf 2014 und 2015 angewendet

Variante	2014	2015	
	R ²	0,958	0,956
Gesamtkosten	Korrelation nach Pearson	0,979**	0,978**
	Signifikanz (2-seitig)	< 0,001	< 0,001
	Standardabweichung	1.695,360	1.707,721
	N	1.476	1.620

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

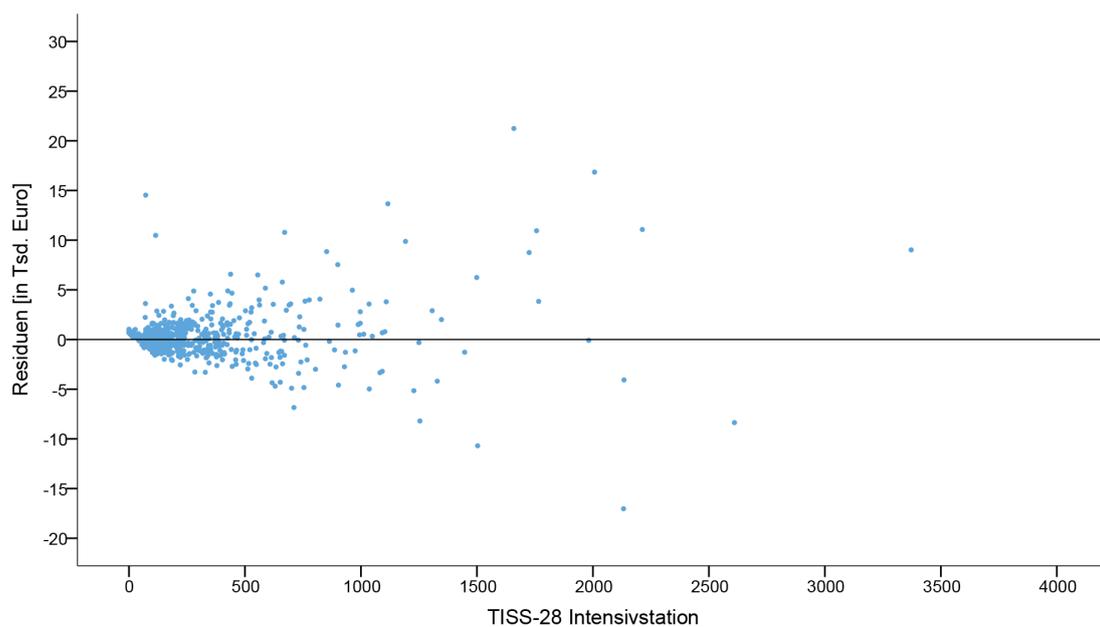


Abbildung 4.28: Streudiagramm für die Residuen der Kosten der Intensivstation und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2014 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

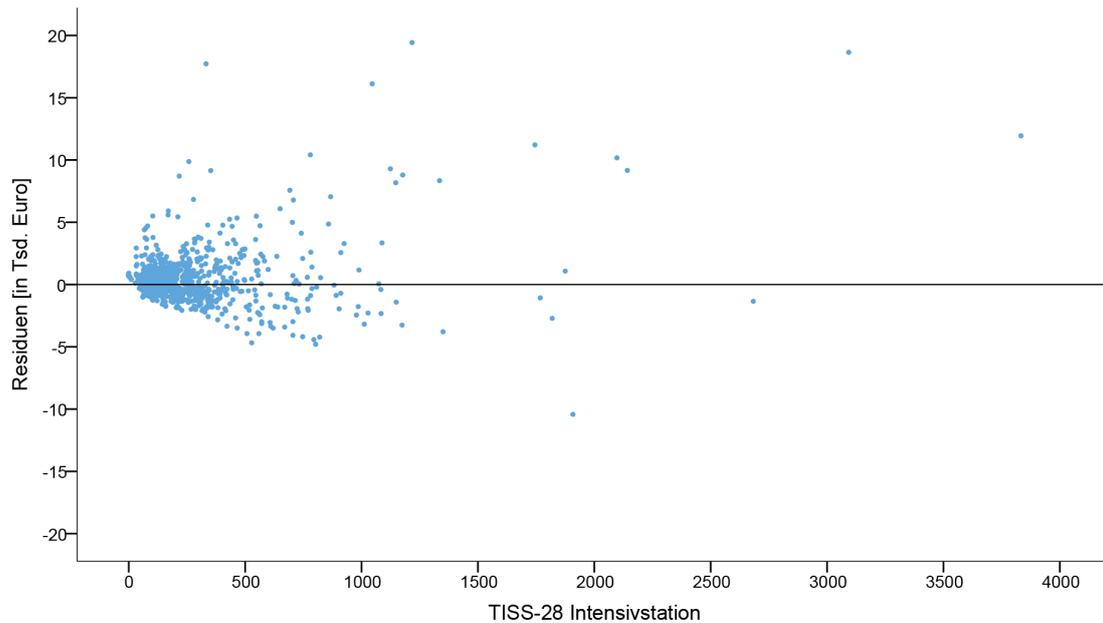


Abbildung 4.29: Streuungsdiagramm für die Residuen der Kosten der Intensivstation und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2015 auf Grundlage der Jahre 2008–2013

4.3.5 Kosten der „Normalstation“ als abhängige Variable

Bei den Kosten der Normalstation wird mit den TISS-28-Punkten verglichen, die auf der Normalstation ermittelt werden. Von allen fünf Modellvalidierungen dieses Kapitels erreicht diese Konstellation die niedrigsten, aber dennoch signifikante Ergebnisse. In Tab. 4.38 werden vergleichbare Werte für beide Jahre angezeigt. Das R^2 unterscheidet sich um 0,109 und die Korrelation um 0,061. Damit ist das Delta größer als bei den anderen vier Modellen. Bei der Standardabweichung steht 2014 mit 113 € etwas besser da als das Jahr 2015. In den Streuungsdiagramme der Residuen (Abb. 4.32 und Abb. 4.31) zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung der Streuung, wobei 2015 wieder etwas breiter streut als 2014.

Tabelle 4.38: Modellvalidierung: Kosten der Normalstation 2008–2013 auf 2014 und 2015 angewendet

Variante		2014	2015
Gesamtkosten	R^2	0,861	0,752
	Korrelation nach Pearson	0,928**	0,867**
	Signifikanz (2-seitig)	< 0,001	< 0,001
	Standardabweichung	887,279	1.000,546
	N	1.476	1.620

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

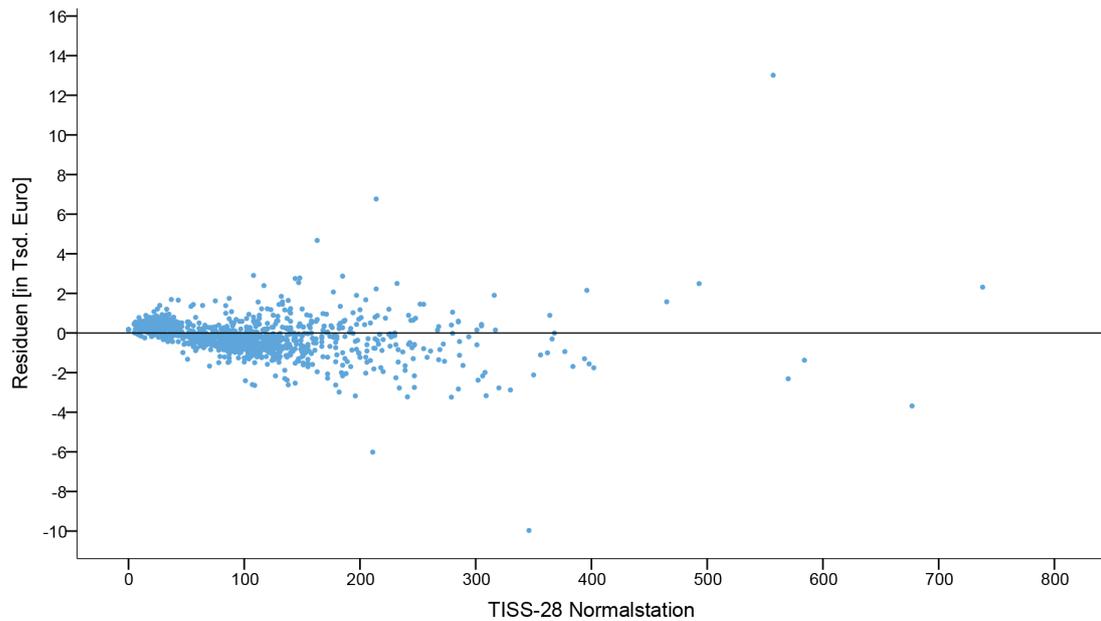


Abbildung 4.30: Streuungsdiagramm für die Residuen der Kosten der Normalstation und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2014 auf Grundlage der Daten der Jahre 2008–2013

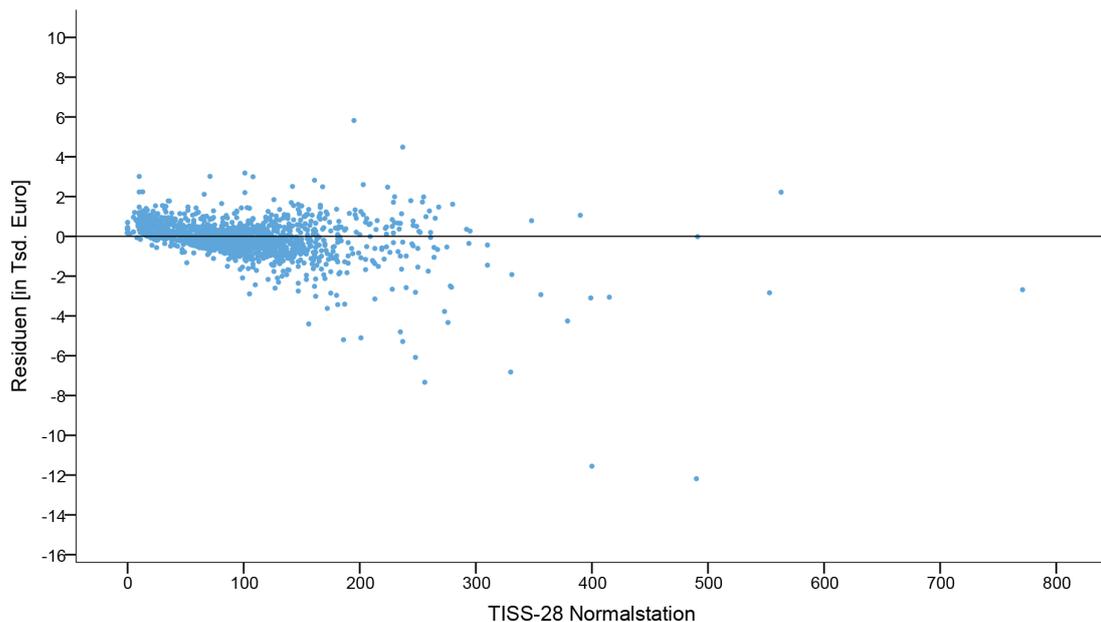


Abbildung 4.31: Streuungsdiagramm für die Residuen der Kosten der Normalstation und des TISS-28-Gesamt des Jahres 2015 auf Grundlage der Daten der Jahre 2008–2013

4.3.6 Schlussfolgerung

Es zeigt sich, dass die Hypothese zutrifft, dass die retrospektiven Analysen von 2008 bis 2013 geeignet sind, um prospektive Vorhersagen zu treffen. Besonders gut gelingt die Vorhersage der intensivmedizinischen Kosten auf Grundlage der TISS-28-Punkte. Hier

wurde ein R^2 mit einer Spannweite von 0,956 bis 0,958 erreicht. Aber auch die Gesamtkosten zeigen ein gutes Ergebnis mit einem R^2 von 0,828 bis 0,830. Der etwas schlechtere Wert der Gesamtkosten liegt hauptsächlich an der Volatilität der variablen Kosten, die wiederum von den sehr unterschiedlichen Kosten der Implantate in der Herzchirurgie beeinflusst werden. Auch der Vergleich der Jahre 2014 und 2015 mit den beiden unterschiedlichen Chefärzten und damit den unterschiedlichen Strategien (z. B. zunehmend minimalinvasive Verfahren, andere Herzklappen, anderes Verlegungsmanagement) bei der Behandlung der Patienten zeigt keine deutlichen Unterschiede. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich diese Methode eignet, um Kosten prospektiv auf Grundlage des TISS-28 zu ermitteln.

4.4 Analyse der Daten zur Reduzierung der TISS-28-Parameter

Bei Analyse des TISS-28 zeigt sich bei vielen einzelnen Items, wie in Tab. 4.40 dargestellt, eine sehr hohe Korrelation mit den Kosten. Die beste Korrelation hat das Item „Beatmung“, das einen $r = 0,909$ und eine $p < 0,001$ bei den Gesamtkosten aufweist. Gleichzeitig gibt es noch zehn Items, die ein $r > 0,8$ und eine $p < 0,001$ haben. Somit fällt es schwer, die Item-Anzahl des TISS-28 zu reduzieren, ohne bei bestimmten Patientenkollektiven ein fehlerhaftes Ergebnis zu produzieren. Am ehesten kann das Item „Beatmung“ zur Prognose herangezogen werden. Mit einem R^2 von 0,826 deckt dieses Item, wie in Tab. 4.39 zu sehen ist, einen großen Teil der Behandlungsfälle in der Stichprobe ab.

Allerdings wird hiervon abgeraten und empfohlen, stattdessen den kompletten TISS-28-Score zur Kostenprognose zu nutzen. Dafür spricht, dass der Score in den meisten Krankenhäusern schon jetzt erfasst wird. Eine Reduktion auf das Item „Beatmung“ würde trotz des Vorteiles von nur einem Item zu einem nicht abschätzbaren Risiko bei bestimmten Patientengruppen führen.

Tabelle 4.39: Modellzusammenfassung TISS-28-Item „Beatmung“ : Gesamtkosten als abhängige Variable

Modell	r	R^2	Standardfehler des Schätzers
1	0,909 ^a	0,826	4.944,208

a. Einflussvariablen : (Konstante), TISS-28 Lunge - Beatmung

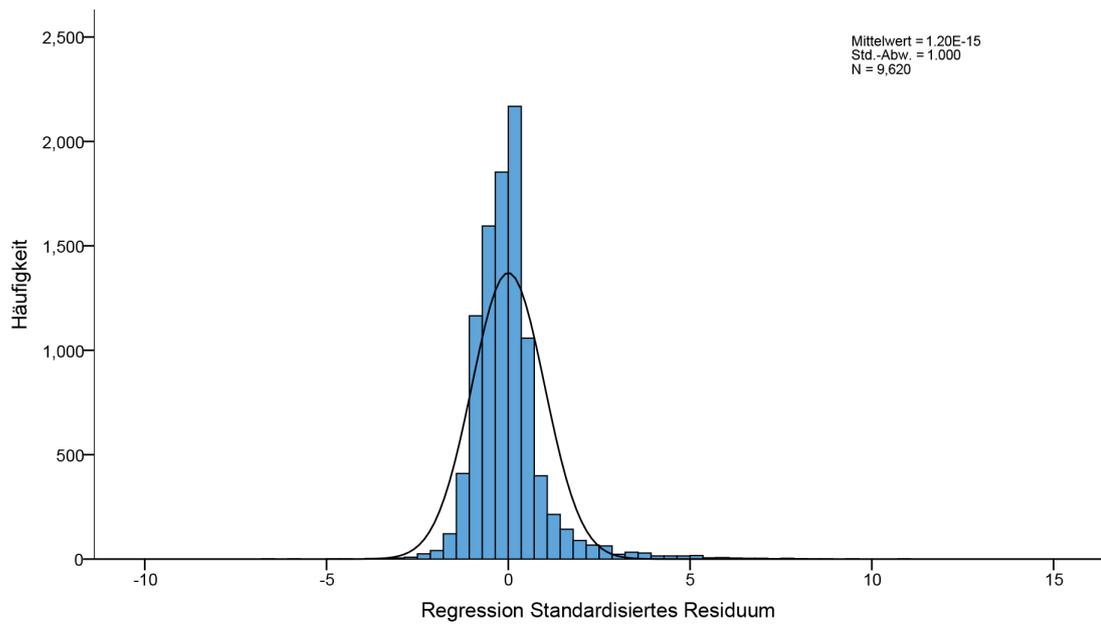


Abbildung 4.32: Histogramm für die Residuen der Gesamtkosten und des TISS-28-Items „Beatmung“ der Daten der Jahre 2008–2013

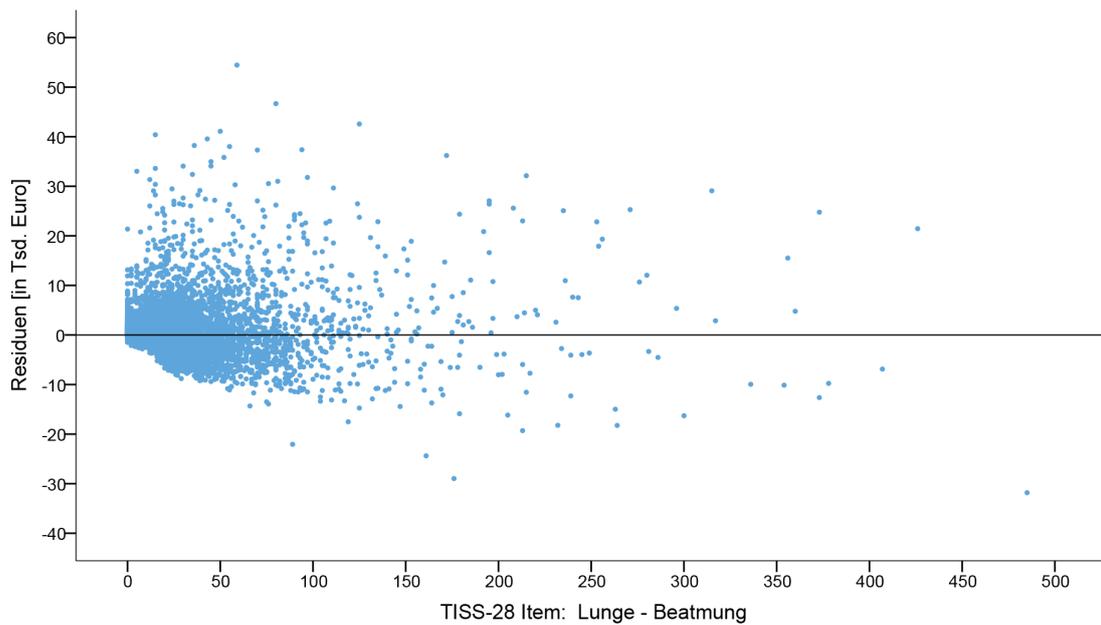


Abbildung 4.33: Streudiagramm für die Residuen der Gesamtkosten und des TISS-28-Items „Beatmung“ der Daten der Jahre 2008–2013

Tabelle 4.40: Koeffizient und Korrelationen der TISS-28-Parameter mit den Gesamtkosten und den Kostenarten Fixkosten und Variable Kosten (n = 9,620)

TISS-28 Parameter	Gesamtkosten		Fixkosten		Variable Kosten	
	r	p	r	p	r	p
Aktionen außerhalb der Station	0,872**	< 0,001	0,894**	< 0,001	0,717**	< 0,001
Drainagen	0,764**	< 0,001	0,781**	< 0,001	0,631**	< 0,001
Labor	0,867**	< 0,001	0,912**	< 0,001	0,665**	< 0,001
Medikation	0,806**	< 0,001	0,859**	< 0,001	0,593**	< 0,001
Standardmonitoring	0,892**	< 0,001	0,926**	< 0,001	0,707**	< 0,001
Verbandswechsel	0,349**	< 0,001	0,383**	< 0,001	0,234**	< 0,001
Flüssigkeitstherapie	0,586**	< 0,001	0,523**	< 0,001	0,647**	< 0,001
Arterie	0,846**	< 0,001	0,843**	< 0,001	0,745**	< 0,001
Pulmonalkatheter	0,543**	< 0,001	0,515**	< 0,001	0,534**	< 0,001
Reanimation	0,214**	< 0,001	0,199**	< 0,001	0,218**	< 0,001
Vasoaktive Medikamente	0,767**	< 0,001	0,732**	< 0,001	0,744**	< 0,001
ZVK	0,876**	< 0,001	0,885**	< 0,001	0,747**	< 0,001
Interventionen auf der ICU	0,762**	< 0,001	0,761**	< 0,001	0,668**	< 0,001
Atemtherapie	0,894**	< 0,001	0,929**	< 0,001	0,708**	< 0,001
Beatmung	0,909**	< 0,001	0,932**	< 0,001	0,746**	< 0,001
künstliche Luftwege	0,834**	< 0,001	0,840**	< 0,001	0,718**	< 0,001
Azidose / Alkalose	0,258**	< 0,001	0,222**	< 0,001	0,302**	< 0,001
Enterale Ernährung	0,760**	< 0,001	0,762**	< 0,001	0,660**	< 0,001
Parenterale Ernährung	0,804**	< 0,001	0,806**	< 0,001	0,700**	< 0,001
Ausfuhrmessung	0,822**	< 0,001	0,870**	< 0,001	0,616**	< 0,001
Dialyse	0,493**	< 0,001	0,439**	< 0,001	0,546**	< 0,001
Diuretika	0,749**	< 0,001	0,800**	< 0,001	0,549**	< 0,001
Intrakranieller Druck	0,024*	0.019	0,024*	0.017	0,020*	0.047

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

4.5 Zusammenfassung

Der TISS-28 hat sich als der überlegene Score zu Kostenprognose herausgestellt. Er zeigt in keiner der analysierten Modelle eine berücksichtigungswürdige Schwäche. Selbst in den Bereichen Kosten der Normalstation oder Variable Kosten zeigten sich noch signifikante Regressions- und Korrelationsergebnisse. Bei den Gesamtkosten und den Kosten der Intensivstation werden sehr gute Ergebnisse erreicht, die selbst bei verschiedenen Behandlungsstrategien noch gültig sind. Eine Unterteilung der Berechnungen in Fallarten, Operationsarten oder Geschlecht ist nicht nötig. Aus dem TISS-28-Gesamt lassen sich die Gesamtkosten zuverlässig berechnen.

Der TISS-28 lässt sich aus den medizinischen Daten mit hoher Qualität automatisch

berechnen und ist selbst der von dem InEK entwickelten IMKB, wenn auch nur knapp, überlegen. Eine Reduktion der Parameter zur vereinfachten Berechnung ist aus den in Abschnitt 4.4 aufgeführten Gründen nicht zu empfehlen.

Somit sind die Gesamtkosten für das Modell 1 einfach mit der Formel 4.1 zu berechnen.

$$\textit{prognostizierteKosten} = 4.722,424\text{€} + (\sum \textit{TISS} - 28 * 41,798\text{€}) \quad (4.1)$$

Analog zu der Formel 4.1 lassen sich natürlich auch die Fixkosten, die Variablen Kosten und die Aufteilung nach der Intensiv- bzw. Normalstation berechnen.

5 Diskussion

5.1 Scores

5.1.1 Nutzung von SAPS II und APACHE II als Verlaufsscore

Die Verwendung des SAPS II als Verlaufsscore muss kritisch gesehen werden [74, 75], da dieser ursprünglich als Aufnahmescore entwickelt wurde [76]. Eine ähnliche Problematik besteht auch bei dem APACHE II, der ebenfalls als Aufnahmescore konzipiert wurde. Allerdings existieren Studien, die zu dem Schluss kommen, dass eine Vorhersage der Mortalität über die Verlaufsmessung nicht schlechter bzw. sogar besser ist. [77, 78]

Dass beide Scores durchaus auch als Verlaufsscore nutzbar sind, zeigen Entwicklungen von lokalen Scores wie dem HIS [79, 80] oder dem HDWS [81], die Items aus dem APACHE II und dem SAPS II bedienen. Auch bei einer Studie des Universitätsklinikums RWTH Aachen, an welcher 204 Patienten beteiligt waren, wurden bei täglich erhobenem APACHE II, SAPS II und TISS zufriedenstellende Ergebnisse bei der Prognose des Mortalitätsrisikos erreicht [82]. Und nicht zuletzt werden auch bei der InEK-eigenen IMKB Items des SAPS II als Verlaufsscore benutzt, um Fälle in G-DRG zu gruppieren [23]. Auch Muhl et al. nutzen den APACHE II und den SAPS II als Verlaufsscore zur täglichen Ermittlung der Punkte [83].

Somit kann abgeleitet werden, dass der APACHE II, der SAPS II und natürlich die daraus resultierende IMKB als Aufnahmescores entwickelt und validiert wurden, es aber im Zusammenhang mit einer möglichen Korrelation der Kosten durchaus üblich ist, diese Scores als Verlaufsscores zu nutzen [84].

5.1.2 Nichtberücksichtigung des Glasgow Coma Score (GCS)

Der Glasgow Coma Score wurde 1974 das erste Mal von Teasdale et al. für Patienten mit Bewusstseins- und Hirnfunktionsstörungen nach einem Schädel-Hirn-Trauma publiziert [85]. Die Beurteilungsskala, wie in Tabelle 5.1 dargestellt, besteht aus drei Kriterien: dem Öffnen der Augen, der besten verbalen Antwort und der besten motorischen Reaktion. Je nach Reaktionen des Patienten können zwischen 3 und 15 Gesamtpunkte erreicht werden.

Es gab drei Gründe, auf den GCS bei diesen Analysen zu verzichten, obwohl er Teil des APACHE-II-Scores ist. Der ausschlaggebende Faktor war, dass der GCS aus den Routinedaten des DHZB nicht zu berechnen war. Praktisch keiner der Parameter wurde indirekt oder direkt in den Systemen erfasst. Erst ab 2013 wurde der GCS systematisch in den Systemen in speziellen Masken dokumentiert.

Tabelle 5.1: Glasgow Coma Score nach Teasdale et al. entsprechend der Beurteilungsebenen

Öffnen der Augen	Beste Verbale Antwort	Beste motorische Reaktion	Punkte
		Bei Aufforderung	6
	konversationsfähig, orientiert	gezielte Bewegung bei Schmerzreiz	5
Spontan	konversationsfähig, desorientiert	ungezielte Bewegung auf Schmerzreiz	4
Bei Ansprache	Einzelworte ("Wortsalat")	Beugesynergismen	3
Bei Schmerzreiz	sinnlose Laute	Strecksynergismen	2
Kein Öffnen der Augen	keine verbale Antwort	keine motorische Reaktion	1

Die Patienten werden in der Herzchirurgie nachbeatmet und sind dabei oft sediert. Dadurch wird der GCS maßgeblich negativ beeinflusst und führt zu falschen Ergebnissen [86]. D. h. selbst wenn man aus den Routinedaten den GCS berechnen könnte, wäre höchstwahrscheinlich ein sehr ungenaues Ergebnis zu erwarten, da zwischen Reaktionen mit und ohne Sedierung nur sehr schwer zu unterscheiden ist. Auch stellt sich die Frage, wie man mit den Ergebnissen von Patienten mit Sedierung umgehen muss. De facto sind diese nicht bewertbar.

Der dritte Grund für die Nichtberücksichtigung ist die Tatsache, dass selbst das InEK den GCS bei dem speziell für das G-DRG-System entwickelten IMKB-Score nicht berücksichtigt. Zudem gibt es eine Arbeit von Cho und Wang, die den APACHE II und III mit dem GCS vergleicht und den GCS isoliert schlechter bewertet als die APACHE-Scores. [87]

5.1.3 Nutzung des TISS-28 zur Kostenkorrelation

Es wird oft die Kritik geäußert, dass es sich bei dem TISS-28 um einen relativ alten Score handelt. Aber diese und andere Arbeiten zeigen, dass dieser Score trotz seines Alters dafür geeignet ist, eine Korrelation zwischen Kosten und Score nachzuweisen. Schon die erste Arbeit von Cullen et al. aus dem Jahr 1974 zeigte eine Korrelation zwischen dem TISS und den Kosten eines Patienten [4]. Auch bei der Arbeit von Slatyer et al. erwies sich der TISS als starker Prädiktor ($P > 0,001$) im Zusammenhang mit den Kosten [88]. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen im Jahr 1986 auch Moreno und Morais [24], 1998 Dickie et al. [24] und 2004 Moran et al. [89]. Allerdings bezogen diese Studien sich nur auf die Kostenkorrelationen auf Intensivstationen. Auch Bein und Unertl beschrieben in ihrer Arbeit, dass Scores grundsätzlich und der TISS-28 insbesondere dafür geeignet sind, Kosten-Nutzen-Analysen vorzunehmen [90].

5.1.4 Güte der Scores

Bei Scores wird immer etwas gemessen. Das heißt, es erfolgt eine Zuordnung von Werten zu Objekten. Daraus folgt, dass drei Eigenschaften erfüllt sein müssen: Eindeutigkeit (jedem Objekt wird nur ein Wert zugeordnet), Vollständigkeit (es fehlen keine Werte) und Relationserhaltung (die Werte sollen in relativer Beziehung zu den Objekten stehen) [91].

Während die Eindeutigkeit und die Relationserhaltung bei dieser Arbeit keine Probleme darstellten, sieht es bei der Vollständigkeit schon anders aus. Eine Frage, die sich immer stellt, ist, wie mit Laborwerten umgegangen wird, die an einzelnen Tagen nicht erhoben werden. Als Beispiel wäre hier das Item Leukozyten in dem SAPS-, dem APACHE- und dem IMKB-Score zu nennen. Diese werden nicht unbedingt täglich gemessen. Hat der Patient am ersten und dritten Tag einen pathologischen Wert, führt dies zu Punkten im entsprechenden Scoringssystem. Am zweiten Tag wird der Laborwert nicht bestimmt. Es ist davon auszugehen, dass der Patient natürlich auch am zweiten Tag diesen pathologischen Wert aufweist. Da das Item aber nicht bestimmt wurde, gab es an diesem Tag auch keine Scoringpunkte. Dadurch verschlechtert sich die Aussagekraft des Scores [92].

5.1.5 Qualität der automatischen Berechnung der Scores

Alle Parameter der Scores wurden automatisch aus den Systemen ermittelt. Hier stellt sich die Frage, wie hoch die Qualität der Score-Berechnung ist. Grundsätzlich kann gesagt werden, dass ein Fehler in der Programmierung eines Items sich durch alle Berechnungen zieht und dadurch zu einem systematischem Fehler wird.

Es gibt mehrere Arbeiten, die sich mit diesem Thema befassten und die herausgefunden haben, dass die Qualität der Score-Ermittlung sehr stark von der Qualität und dem Anspruch des Mitarbeiter abhängt, der den Score berechnet. Keil et al. haben als Goldstandard für die Ermittlung des Scores einen Oberarzt mit der Fachweiterbildung Intensivmedizin festgelegt [23]. Die Autoren empfehlen eine automatische Berechnung zumindest der Vitalparameter, um die Qualität der Score-Ermittlung zu erhöhen. Diese Meinung wird auch von Keulen et al. und Shabot et al. in ihren Arbeiten vertreten [93, 94, 95]. Moerer et al. ermittelten 2002 für Sepsis-Patienten retrospektiv automatisch medizinische Daten mit großem Erfolg aus dem PDMS von Kliniken [96]. Andere Autoren wie Chen et al. [97] oder Rue et al. [98] sehen die Berechnung der Scores durch wechselnde Personen als sehr kritisch an. Portela et al. [99], Shabot [94] und Junger et al. [100, 101, 102] gehen von der Überlegenheit der IT-gestützten-Score-Berechnung in Bezug auf die Qualität aus.

Um die Qualität der Inter-Untersucher-Variabilität zwischen menschlichen Score-Berechnern und der automatischen Berechnung bei dieser Arbeit zu prüfen, wurden bei 20 per Zufall ausgewählten Patienten die vier Scores zusätzlich von einem Oberarzt mit der Fachwei-

terbildung Intensivmedizin ermittelt. Es zeigte sich, dass die automatische Berechnung bei aufwendig zu berechnenden Items teilweise genauer war als bei der Erhebung des Scores durch den Oberarzt. Das betraf unter anderem beim TISS-28 die Items „Intravenöser Ersatz großer Flüssigkeitsverluste“, „Behandlung einer komplizierten Azidose/Alkalose“ und „Mehrfache vasoaktive Medikation“ und beim APACHE II und SAPS II die „Oxygenierung“.

Grundsätzlich führt eine automatische Berechnung der Scores zu einem gleichmäßigen Qualitätsniveau, da bei allen Patienten und an allen Tagen keine Werte eines Items ausgelassen und immer die gleichen Algorithmen angewendet werden.

5.1.6 Nichtberücksichtigung von EureSCORE (ES) II

Es liegt bei der ersten Betrachtung nahe, bei einem Score für die Herzchirurgie auch den ES II zu berücksichtigen. Dies ist ein Score, der 1999 für die Herzchirurgie und speziell für CABG- und Herzklappenoperationen entwickelt und validiert wurde [103]. Im Jahr 2002 wurde der ES II in der nordamerikanischen Herzchirurgie validiert [103]. Der ES wurde 2011 überarbeitet und als EureSCORE (ES) II von Nashef et al. veröffentlicht [104]. Zweck des ES II ist es, die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einer herzchirurgischen Operation zu berechnen.

Tabelle 5.2: Aufbau des EureSCORE II [104]

Parameter	Gewichtung
Patient related factors	
Age (year)	0.3 bis 1.03
Geschlecht weiblich	0.2196434
Renal impairment	0.303553 bis 0.6421508
Extracardiac arteriopathy	0.5360268
Poor mobility	0.2407181
Previous cardiac surgery	1.118599
Chronic lung disease	0.1886564
Active endocarditis	0.6194522
Critical preoperative state	1.086517
Diabetes on insulin	0.3542749
Cardiac related factors	
NYHA	0.1070545 bis 0.5597929
CCS class 4 angina	0.2226147
LV function	0.3150652 bis 0.9346919
Recent MI	0.1528943
Pulmonary hypertension	0.1788899 bis 3491475
Operation related factors	
Urgency	0.3174673 bis 1.362947
Weight of the intervention	0.0062118 bis 0.9724533
Surgery on thoracic aorta	0.6527205

Sieht man sich die Items des ES II an, wird deutlich, warum der Score nicht für ein Verlaufsscoring geeignet ist. Die Items sind statisch und verändern sich im Laufe des Krankenhausaufenthaltes nicht. Wie in Tabelle 5.2 zu sehen ist, teilt sie der ES in Anamnese, Kardiologische Parameter und die Operation auf. Bei einer täglichen Erhebung des Scores würden sich die Parameter bis auf die Operation nicht verändern. Und da die Patienten während eines Aufenthaltes bis auf sehr wenige Ausnahmen nur eine CABG oder Herzklappenoperation haben, würden auch diese Parameter nur am Operationstag bewertet werden und wahrscheinlich keine signifikante Auswirkung auf die Score-Ergebnisse haben.

Von der Einbeziehung des ES II als Aufnahmescore in diese Arbeit wurde abgesehen, da es drei Arbeiten [105, 106, 107] gibt, die eine sehr schwache Korrelation zwischen dem ES II und den Kosten nachgewiesen haben. Die Ergebnisse, die bei den geringen Korrelationskoeffizienten nicht sehr hoch waren, sind in der Tabelle 5.3 dargestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde der ES II bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

Tabelle 5.3: Ergebnisse der drei Arbeiten, die mit dem EureSCORE als Aufnahmescore die Kosten prognostizieren [105, 106, 107]

Autor	Fälle	Ergebnis	Besonderheit
Pintor et al. [106]	488	$r^2 = 0.47$ ($p < 0,0001$)	Es wurden nur die Operationskosten berücksichtigt.
Nilsson et al. [107]	3.404	$r^2 = 0.47$ ($p < 0,0001$)	Es wurden die Kosten für den gesamten Krankenhausaufenthalt ($R^2 = 0.31$ für die Chirurgiekosten, $R^2 = 0.46$ für die ICU-Kosten und $R^2 = 0,11$ für die Stationen) berücksichtigt.
Sokolovic et al. [105]	201	$r^2 = 0.565$ ($p < 0,0001$)	Es wurden die gesamten Kosten des Falles berücksichtigt.

5.1.7 Ebenen der Korrelationsanalysen

Bei den Korrelationsanalysen wurde sich auf fünf Blickwinkel der ersten Ebene beschränkt: Die Gesamtkosten des Aufenthaltes, die klinischen Leistungsgruppen, das Geschlecht des Patienten, die Stationsart, unterteilt in Intensivstation und Normalstation, und die Kostenarten Fixkosten und Variable Kosten.

Grundsätzlich wäre auch eine Matrixstruktur mit der Verknüpfung der Ebenen mit insgesamt 72 zusätzlichen Korrelationsanalysen, wie in Tabelle 5.4, möglich gewesen. In der dritten Ebene könnten auch z. B. CABG mit Geschlecht und Stationsart und Kostenart in all ihren Kombinationsmöglichkeiten noch einmal verknüpft werden. Allerdings hätte das zu einer Vervielfachung der Korrelationsanalysen geführt und der Wissenszugewinn wäre, in Anbetracht der schon vorhandenen Ergebnisse, verglichen mit den Daten aus der ersten Ebene, wahrscheinlich nur marginal gewesen.

Tabelle 5.4: 72 Korrelationsanalysen der zweite Ebene für die Scores TISS28, IMKB, SAPSII und APACHE II

	Geschlecht		Stationsart		Kostenart	
	Männer	Frauen	Intensivstation	Normalstation	Fixkosten	Variable Kosten
CABG	X	X	X	X	X	X
Herzklappen	X	X	X	X	X	X
Kombinationen	X	X	X	X	X	X

5.2 Kostenrechnung

5.2.1 InEK-Systematik

Die Kostendaten, die in der Arbeit verwendet wurden, beruhen auf dem im DHZB nach der InEK-Kostenkalkulation ermittelten Wert. Dies ist ein sehr aufwendiges Verfahren, das in Deutschland im Jahr 2017 von ca. 250 Krankenhäusern angewendet wurde. Dies entspricht einem Anteil von ca. 14 % aller deutschen Krankenhäuser.

Bei diesem Verfahren stellt sich die Frage, ob es einen einfacheren Weg für ein Krankenhaus gibt, an Kostendaten zu gelangen. Eine Möglichkeit wäre, die im InEK-Browser verwendete Kostenmatrix zu benutzen. Diese Daten spiegeln die Durchschnittskosten für die Normallieger wider. Auf Grundlage dieser Daten könnte ein Eurobetrag für die TISS-28-Punkte berechnet werden. Allerdings scheint diese Methode deutlich fehleranfälliger zu sein, da es sich nicht um die echten Kosten des Krankenhauses handelt und die Daten mindestens zwei Jahre alt sind.

5.2.2 Preissteigerung

Obwohl umstritten [59] ist die Grundlohnrate die beste verfügbare Zahl, um die Kostensteigerungen über den gesamten Zeitraum abzubilden. Allerdings wird bei dieser Arbeit der technische Fortschritt, der sowohl zu deutlichen Preissteigerungen (z. B. bei dem Einsatz neuer Herzklappensysteme wie TAVI), aber auch zu einem Preisverfall (z. B. bei der Intraaortale Ballonpumpe (IABP)) führen kann, nicht berücksichtigt. Man könnte argumentieren, dass die deutlich schlechtere Korrelation bei den variablen Kosten ein Effekt davon ist. Da aber die Fragestellung der Arbeit die Prognose der Gesamtkosten betraf und diese inkl. der variablen Kosten sehr gute Korrelations- und Regression-Ergebnisse erzielten, kann dies aus Sicht des Autors vernachlässigt werden.

5.3 Ergebnis

5.3.1 TISS-28 versus „Beatmung“

Diese Arbeit hat nachgewiesen, dass sich mit den TISS-28-Scores die Kosten für Fälle sehr genau prognostizieren lassen. Allerdings hat sich auch gezeigt, dass allein mit dem TISS-28-Item Beatmung an sich schon sehr gute Ergebnisse erzielen lassen. Zudem werden im G-DRG-System die Beatmungsstunden als Gruppierungsmerkmal eingesetzt, um einzelne G-DRG anzusteuern [108]. Wie in Abbl. 5.1 dargestellt, hat sich die Wichtigkeit der Beatmungsstunden seit 2003 deutlich verstärkt. Daran zeigt sich, dass die seit langem vertretene Auffassung, dass Beatmung ein wichtiges Item ist, um Patienten kostenmässig zu klassifizieren, richtig ist.

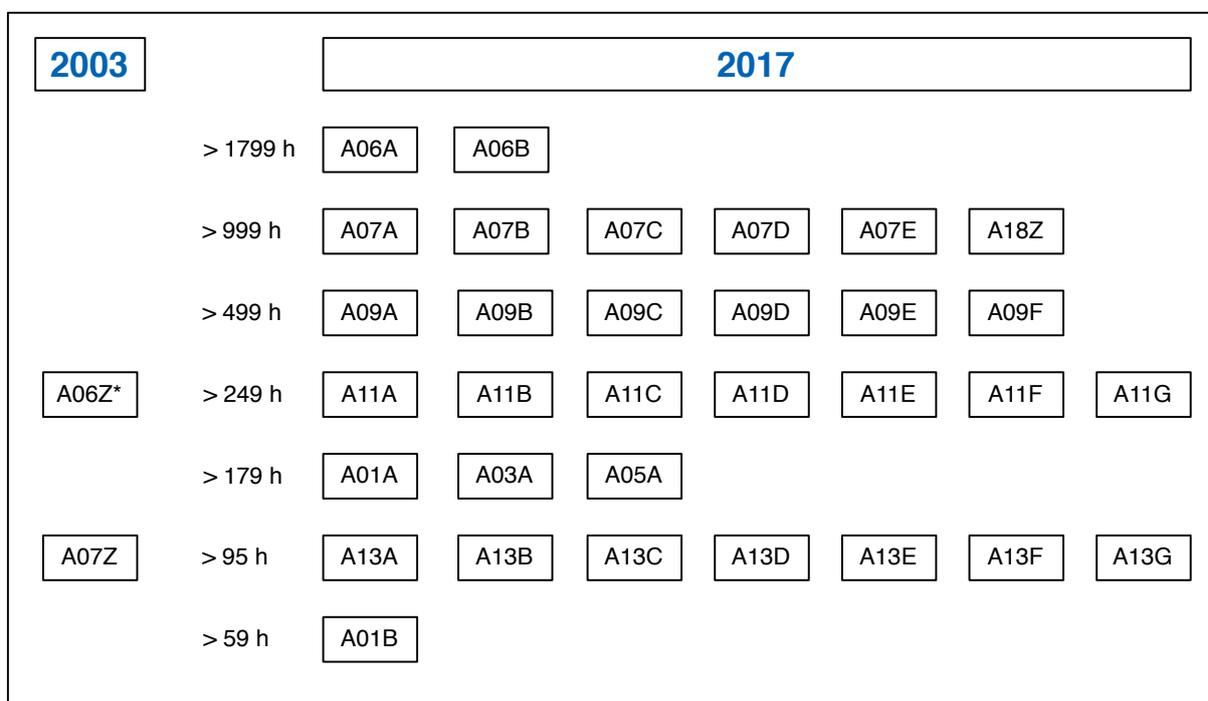


Abbildung 5.1: Entwicklung der beatmungstriggerten G-DRG von 2003 bis 2017. Eigene erweiterte Darstellung in Anlehnung an [109]

An dieser Stelle kann angeführt werden, dass nach oben aufgeführten Argumenten das Item „Beatmung“ ausreichen müsste, um die Kosten abzuschätzen. Diese Arbeit prognostiziert aber die Kosten für den ganzen Aufenthalt, also auch den der Normalstation. Und während es auch eine relevante Anzahl von Fällen gibt, die nicht auf der Intensivstation versorgt, sondern vom Operationssaal direkt wieder auf die Normalstation verlegt werden, würden diese Patienten hierbei nur durch die Konstante der Kosten abgeschätzt werden. Das heißt, alle Fälle, die nicht auf der Intensivstation gelegen haben, würden die gleichen Kostenwerte erhalten. Dies wäre für diese Fälle zu ungenau. Aus diesem Grund ist der gesamte TISS-28 dieser Vereinfachung durch nur ein Item vorzuziehen.

5.3.2 Modell 1 versus Modell 2

In der Arbeit wurden zwei Modelle erarbeitet und berechnet. Das Modell 1 unterscheidet nicht zwischen den Operationen, CABG und Herzklappen bzw. zwischen männlichen und weiblichen Patienten. Im Modell zwei wurden diese Unterschiede gemacht. Tatsächlich schneidet das Modell 2 etwas besser ab als das Modell 1.

Sieht man sich die Gesamtkosten (Tab. 4.14) an, liegt der Unterschied zwischen den beiden Modellen in R^2 nur bei 0,004. Das Ergebnis im zweiten Modell ist also nicht signifikant besser. Deshalb würde man hier im Sinne der Vereinfachung auf Modell 1 ohne die Unterscheidung zwischen Geschlecht und Operationsart zurückgreifen.

5.3.3 Übertragung der Ergebnisse auf andere herzchirurgische Kliniken

Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Kliniken sollte möglich sein. Dies hat Abschnitt 4.3 mit dem Vergleich der beiden Chefärzte gezeigt. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass das operative Leistungsgeschehen der zu vergleichenden Klinik ungefähr identisch sein sollte. Das heißt, dass, wenn eine relevante Leistungsgruppe wie z. B. die TAVI nicht erbracht wird, es durchaus zu relevanten Abweichungen zwischen den Kosten der Klinik und den prognostizierten Kosten kommen kann.

Vergleicht man das Leistungsgeschehen der 78 herzchirurgischen Abteilungen in Deutschland, zeigt sich, dass die Leistungserbringung relativ homogen ist [110]. Sollte es aber z. B. zu einer Freigabe der interventionellen Herzklappeneingriffe durch den Gemeinsamer Bundesausschuss (G-BA) kommen und sich diese Leistungen zugunsten der Kardiologie verlagern, müssen die Berechnung aus Abschnitt 4.2 erneut mit der neuen Kostenstruktur durchgeführt werden.

Eidesstattliche Versicherung

Ich, Michael Regitz, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: *Vergleich der Kostenrelevanz im DRG-System des Apache-II-, des SAPS-II- und des TISS-28-Scores sowie der IMKB zur Entwicklung eines optimierten Scores zur Kostenvorhersage herzchirurgischer Fälle* selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE, www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen und statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s. o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s. o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.

Berlin, den 28. Februar 2018

Unterschrift

Lebenslauf

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

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle allen danken, die mir die Arbeit an meiner Dissertation ermöglicht und erleichtert haben:

Mein Dank gilt meinen Betreuern Herr Prof. Dr. med. Onnen Grauhan und Herr Prof. Dr. med. Philipp Stawowy für ihre Unterstützung während der gesamten Zeit.

Auch bedanke ich mich bei meiner Familie für die fortwährende Motivation und Unterstützung während der Fertigstellung dieser Dissertation.

Und nicht vergessen darf ich den ehemaligen Verwaltungsdirektor Herr Thomas M. Höhn sowie den ehemaligen Ärztliche Direktor Herr Prof. Dr. med. Roland Hetzer, Direktor des Deutschen Herzzentrums Berlin, ohne deren Zustimmung und Unterstützung diese Dissertation nicht möglich gewesen wäre.

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Erik Kirst für die Beratung bei den statistischen Auswertungen und bei Frau Ann-Kathrin Wasle für die Unterstützung in der deutschen Sprache bedanken.

Literaturverzeichnis

- [1] Cyrus Bagestani Moghaddam. *Präoperative Risikoscores können die Kosten in der Herzchirurgie nicht vorhersagen*. PhD thesis, Universität zu Köln, 2012.
- [2] N. Sinzobahamvya, J. Photiadis, Th. Kopp, C. Arenz, Ch. Haun, E. Schindler, V. Hraska, and B. Asfour. Surgical Management of Congenital Heart Disease: Contribution of the Aristotle Complexity Score to Planning and Budgeting in the German Diagnosis-Related Groups System. *Pediatr cardiol*, 33(1):36–41, 2012.
- [3] A. von Bierbrauer, A. Kastner, W. Cassel, and P. von Wichert. Die wertigkeit eines kombiniert physiologisch-interventionell basierten score-systems (maris) im vergleich zu einem rein physiologisch (apache ii) und einem rein therapeutisch-interventionell basierten score-system (tiss) in der internistischen intensivmedizin. *Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 34(7):706–714, Oct 1997.
- [4] D. J. Cullen, J. M. Civetta, B. A. Briggs, and L. C. Ferrara. Therapeutic intervention scoring system: a method for quantitative comparison of patient care. *Crit care med*, 2(2):57–60, 1974.
- [5] H.P. Schuster, Ehlers B., Köhler F., and Bodmann K.F. Bemessung des pflegeaufwandes in der intensivmedizin mittels des therapeutic intervention scoring system (tiss). *Intensimed*, 26(1):30–34, 1998.
- [6] A. R. Keene and D. J. Cullen. Therapeutic Intervention Scoring System: update 1983. *Crit. Care Med.*, 11(1):1–3, Jan 1983.
- [7] R. Lefering, M. Zart, and E. A. Neugebauer. Retrospective evaluation of the simplified Therapeutic Intervention Scoring System (TISS-28) in a surgical intensive care unit. *Intensive Care Med*, 26(12):1794–1802, Dec 2000.
- [8] D. R. Miranda, A. de Rijk, and W. Schaufeli. Simplified Therapeutic Intervention Scoring System: the TISS-28 items - results from a multicenter study. *Crit care med*, 24(1):64–73, Jan 1996.
- [9] R. Lefering. Biostatistical aspects of outcome evaluation using TISS-28. *Eur J Surg Suppl*, 165(584):56–61, 1999.
- [10] W. A. Knaus, J. E. Zimmerman, D. P. Wagner, E. A. Draper, and D. E. Lawrence. APACHE - acute physiology and chronic health evaluation: a physiologically based classification system. *Crit care med*, 9(8):591–597, Aug 1981.

- [11] D. H. Gustafson, D. G. Fryback, J. H. Rose, V. Yick, C. T. Prokop, D. E. Detmer, and J. Moore. A decision theoretic methodology for severity index development. *Med Decis Making*, 6(1):27–35, 1986.
- [12] W. A. Knaus, E. A. Draper, D. P. Wagner, and J. E. Zimmerman. APACHE II: A severity of disease classification system. *Crit care med*, 13(10):818–829, Oct 1985.
- [13] W. A. Knaus, D. P. Wagner, E. A. Draper, J. E. Zimmerman, M. Bergner, P. G. Bastos, C. A. Sirio, D. J. Murphy, T. Lotring, and A. Damiano. The APACHE III prognostic system. Risk prediction of hospital mortality for critically ill hospitalized adults. *Chest*, 100(6):1619–1636, Dec 1991.
- [14] M. O. Meade and D. J. Cook. A critical appraisal and systematic review of illness severity scoring systems in the intensive care unit. *Curr Opin Crit Care*, 1(3):221–227, 1995.
- [15] Th. Bein, D. Fröhlich, A. Frey, Ch. Metz, and K. Taeger. Comparison of two severity-of-disease classification systems (APACHE II and APACHE III) in critically ill patients. *Anaesthetist*, 44(1):37–42, 1995.
- [16] A. von Bierbrauer, S. Riedel, W. Cassel, and P. von Wichert. Validierung des Acute Physiology and Chronic Health Evaluation (APACHE) III Scoring systems und Vergleich mit APACHE II auf einer deutschen Intensivstation. *Anaesthetist*, 47(1):30–38, 1998.
- [17] R. Markgraf, G. Deuschinoff, L. Pientka, and T. Scholten. Vergleich der Scoresysteme APACHE II und III, SAPS II und MPM II bei Patienten einer interdisziplinären Intensivstation. *Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 35(8):691–698, Nov 1998.
- [18] J. R. Le Gall, P. Loirat, A. Alperovitch, P. Glaser, C. Granthil, D. Mathieu, P. Mercier, R. Thomas, and D. Villers. A simplified acute physiology score for ICU patients. *Crit. Care Med.*, 12(11):975–977, Nov 1984.
- [19] J. R. Le Gall, S. Lemeshow, and F. Saulnier. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA*, 270(24):2957–2963, 1993.
- [20] R. P. Moreno, P. G. Metnitz, E. Almeida, B. Jordan, P. Bauer, R. A. Campos, G. Iapichino, D. Edbrooke, M. Capuzzo, and J. R. Le Gall. SAPS 3 - From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. *Intensive care med*, 31(10):1345–1355, Oct 2005.

- [21] P. G. Metnitz, R. P. Moreno, E. Almeida, B. Jordan, P. Bauer, R. A. Campos, G. Iapichino, D. Edbrooke, M. Capuzzo, and J. R. Le Gall. SAPS 3 - From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 1: Objectives, methods and cohort description. *Intensive care med*, 31(10):1336–1344, Oct 2005.
- [22] B. Rapp. Die Intensivmedizin im G-DRG-System 2007. *Das Krankenhaus*, 12 2006.
- [23] Th. Keil, Th. Garten, S. Klöhr, M. Rohrbach, and Heesen M. Die Relevanz der Scoresysteme in der Intensivmedizin im Zeitalter des G-DRG-Systems. *Das Krankenhaus*, 91(101):41–45, 2009.
- [24] H. Dickie, A. Vedio, R. Dundas, D. F. Treacher, and R. M. Leach. Relationship between TISS and ICU cost. *Intensive care med*, 24(10):1009–1017, Oct 1998.
- [25] J. Graf, C. Graf, and U. Janssens. Analysis of resource use and cost-generating factors in a German medical intensive care unit employing the Therapeutic Intervention Scoring System (TISS-28). *Intensive care med*, 28(3):324–331, 2002.
- [26] J. Graf, C. Graf, K. Ch. Koch, P. Hanrath, and U. Janssens. Kostenanalyse und Prognoseabschätzung internistischer Intensivpatienten mittels des “Therapeutic Intervention Scoring System” (TISS und TISS-28). *Med Klin Intensivmed*, 98(3):123–132, 2003.
- [27] A. Indrich. *Die operative Intensivmedizin im DRG System: Methoden der Kostenevaluation, Optimierungsansätze und Überlegungen zu alternativen Modellen für die Erlösberechnung*. PhD thesis, Ludwig-Maximilians-Universität München, 2010.
- [28] S. Büscher. *Direkte, patientenbezogene Kosten der intensivmedizinischen Behandlung in Abhängigkeit des Krankheitsschwerescores SAPS II und des Pflegeaufwandscores TISS – 28*. PhD thesis, Universität Göttingen, 2011.
- [29] J. Malstam and L. Lind. Therapeutic intervention scoring system (TISS)—a method for measuring workload and calculating costs in the ICU. *Acta Anaesthesiol Scand*, 36(8):758–763, Nov 1992.
- [30] R. Lefering, M. Zart, and E. Neugebauer. *TISS and TISS-28 Score for the Economic Evaluation of Intensive Care*, pages 1393–1395. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 1997.
- [31] St. M. Pastores, J. Dakwar, and N. A. Halpern. Costs of critical care medicine. *Critical Care Clinics*, 28(1):1–10, 08 2011.
- [32] InEK Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH. *Kalkulation von Fallkosten - Handbuch zur Anwendung in Krankenhäusern*. InEK Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH, 2007.

- [33] D. Barckow. Economic limits in intensive care. Can we still afford intensive care in the year 2000? *Z Arztl Fortbild Qualitatssich*, 94(10):828–833, Dec 2000.
- [34] M. Hartmann and A. Meier-Hellmann. Rationalisierung versus Rationierung in der Intensivtherapie. *Anaesthesiol Intensivmed*, 43:257–260, Mai 2002.
- [35] A. S. Relman. Intensive-care units: who needs them? *N. Engl. J. Med.*, 302(17):965–966, Apr 1980.
- [36] N. A. Halpern, S. M. Pastores, and R. J. Greenstein. Critical care medicine in the United States 1985-2000: an analysis of bed numbers, use, and costs. *Crit. Care Med.*, 32(6):1254–1259, Jun 2004.
- [37] Th. Prien, O.Groll, G. Geldner, J. Martin, Th. Weller, K.G. dahmen, H. Sorgatz, and A. Bach. Ist-Kosten Intensivmedizin deutscher Anästhesieabteilungen. *Anaesthesiol Intensivmed*, 43:244–254, 2002.
- [38] D. Edbrooke and P. Nightingale. Relationship between TISS and costs in intensive care. *Intensive Care Med*, 24(10):995–996, Oct 1998.
- [39] D. J. Cullen. Results and costs of intensive care. *Anesthesiology*, 47(2):203–216, Aug 1977.
- [40] P. Hochstein. DRG reimbursement system for inpatient treatment costs. *Trauma und Berufskrankheit*, 11(3):345–352, 2009.
- [41] H. Lohmann and O. Bornemeier. DRGs als Chance für ein wettbewerbsorientiertes Gesundheitssystem. *Gesundh ökon Qual manag*, 7(05):304–309, 2002.
- [42] InEK Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH. *Deutsche Kodierrichtlinien mit MDK-Kommentierung 2016*. Mediengruppe Oberfranken, 2015.
- [43] InEK Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH. *Abschlussbericht Weiterentwicklung des G-DRG-Systems für das Jahr 2016 - Klassifikation, Katalog und Bewertungsrelationen Teil I: Projektbericht*. InEK Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH, 2015.
- [44] J. Martin, C. Neurohr, M. Bauer, M. Weiß, and A. Schleppers. Cost of intensive care in a German hospital. *Der Anaesthesist*, 57(5):505–512, 2008.
- [45] I. Kaufmann and J. Briegel. Therapeutic Intervention Scoring System (TISS) - a method for calculating costs in the intensive care unit (ICU) and intermediate care unit (IMCU). *Crit care*, 4(Suppl 1):1–1, 2000.

- [46] L. Engelmann. 2014: Scharfschaltung der OPS 8-980 intensivmedizinische Komplexbehandlung durch DIMDI. *Intensivmed Notfallmed*, 109(1):61–61, 2014.
- [47] E. Castillo-Lorente, R. Rivera-Fernandez, M. Rodriguez-Elvira, and G. Vazquez-Mata. TISS 76 and TISS 28: correlation of two therapeutic activity indices on a Spanish multicenter ICU database. *Intensive Care Medicine*, 26(1):57–61, Jan 2000.
- [48] R. Holle. *Methoden zur Konstruktion und Evaluierung klinischer Scores*. PhD thesis, Inst. für Med. Biometrie u. Informatik, Abt. Med. Biometrie, 1995.
- [49] K. Lewandowski and M. Lewandowski. Scoring-Systeme auf der Intensivtherapiestation. *Der Anaesthetist*, 52(10):965–990, 2003.
- [50] K. Strand, E. Soreide, S. Aardal, and H. Flaatten. A comparison of SAPS II and SAPS 3 in a Norwegian intensive care unit population. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, 53(5):595–600, 2009.
- [51] A. Haq, S. Patil, A. L. Parcels, and R. S. Chamberlain. The Simplified Acute Physiology Score III is superior to the Simplified Acute Physiology Score II and Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II in predicting surgical and ICU mortality in the Oldest Old. *Curr Gerontol Geriatr Res*, 2014:934852, 2014.
- [52] N. Roeder, L. Siebers, M. Frie, and H. Bunzemeier. DRG-Akzeptanz verbessern Kliniker erreichen mit klinischen Leistungsgruppen. *Das Krankenhaus*, pages 390 – 401, 06 2006.
- [53] B.G. Volkmer, S. Petschl, and G. Pühse. Relevance of hospitals participating in the DRG calculation for the development of the G-DRG system. *Der Urologe*, 47(7):866–874, 2008.
- [54] SGB V. *Fünftes Buch Sozialgesetzbuch - Gesetzliche Krankenversicherung - (Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Dezember 1988, BGBl. I S. 2477), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 30. Juli 2009 (BGBl. I S. 2495) geändert worden ist*. Deutscher Bundestag, 2009.
- [55] U. Fricke, J. Günther, and A. Zawinell. *Anatomisch-therapeutisch-chemische Klassifikation mit Tagesdosen für den deutschen Arzneimittelmarkt: Methodik der ATC-Klassifikation und DDD-Festlegung*. Wissenschaftliches Institut der AOK, Berlin, 6. Auflage edition, 2008.
- [56] Statistisches Bundesamt. *Preise - Verbraucherpreisindizes für Deutschland - Jahresbericht*. Statistisches Bundesamt, 2016.
- [57] Fünftes Buches Sozialgesetzbuch. Fünftes Buches Sozialgesetzbuch (SGB V). *Zuletzt geändert am 31. Juli 2016 durch BGBl. I S. 1937*, 2016.

- [58] K. Böhm. Das Krankenhausfinanzierungsreformgesetz : ein weiterer Schritt auf dem Reformweg der Krankenhausfinanzierung, 2009.
- [59] G. Baum. Die leistungsfeindliche Grundlohnrate. *Das Krankenhaus*, page 865, 09 2011.
- [60] F. Rau. Regelungen des Krankenhausfinanzierungsreformgesetzes. *Das Krankenhaus*, pages 198–208, 03 2009.
- [61] S. Klemt K. Böhm, M Beck and F. Peter. Orientierungswert für Krankenhäuser - Methodische Grundlage. *WISTA – Wirtschaft und Statistik*, pages 783–804, 2012.
- [62] G. Bamberg, F. Baur, and M. Krapp. *Statistik*. Oldenbourgs Lehr- und Handbücher der Wirtschafts- u. Sozialwissenschaften. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2012.
- [63] Andy Field. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Sage Publications Ltd., 4th edition, 2013.
- [64] Frederick J Dorey. In brief: Statistics in brief: Confidence intervals: What is the real result in the target population? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 468(11):3137–3138, 11 2010.
- [65] W. *Angewandte Statistik: Eine Einführung für Biologen und Mediziner*. Springer Vienna, 2013.
- [66] L. Fahrmeir, T. Kneib, and S. Lang. *Regression*. Statistik und ihre Anwendungen. Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [67] George A. F. Seber and Alan J. Lee. *Linear Regression: Estimation and Distribution Theory*, pages 35–95. John Wiley and Sons, Inc., 2003.
- [68] N. Dalkey and O. Helmer. An Experimental Application of the DELPHI Method to the Use of Experts. *Management Science*, 9(3):458–467, 1963.
- [69] S. A. Nashef, F. Roques, P. Michel, E. Gauducheau, S. Lemeshow, and R. Salamon. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *European journal of cardio-thoracic surgery*, 16(1):9–13, 1999.
- [70] H-J. Geissler, P. Hölzl, S. Marohl, F. Kuhn-Régnier, U. Mehlhorn, M. Südkamp, and E-R. de Vivie. Risk stratification in heart surgery: comparison of six score systems. *European Journal of Cardio-thoracic surgery*, 17(4):400–406, 2000.
- [71] F. Roques, S. A. Nashef, P. Michel, P. Pinna Pintor, M. David, and E. Baudet. Does EuroSCORE work in individual European countries? *Eur J Cardiothorac Surg*, 18(1):27–30, Jul 2000.

- [72] U. Kuckartz, S. Rädiker, Th. Ebert, and J. Schehl. *Korrelation: Zusammenhänge identifizieren*, pages 189–213. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2010.
- [73] A. Bühl. *SPSS 23 : Einführung in die moderne Datenanalyse*, pages 425–427. Pearson Studium, 15. edition, 2016.
- [74] A. Sicignano, C. Carozzi, D. Giudici, G. Merli, S. Arlati, and M. Pulici. The influence of length of stay in the ICU on power of discrimination of a multipurpose severity score (SAPS). *Intensive Care Medicine*, 22(10):1048–1051, 1996.
- [75] F. Brenck, B. Hartmann, M. Mogk, and A. Junger. Intensivmedizinische Scoringssysteme zur täglichen Anwendung. *Anaesthesist*, 57(2):189–195, 2008.
- [76] M. Weiss, J. Martin, U. Feser, C. Schafmayer, and M. Bauer. Necessity and problems with case-related costing for intensive care patients. *Der Anaesthesist*, 54(3):254–262, 2005.
- [77] R. W. S. Chang, S. Jacobs, and B. Lee. Predicting outcome among intensive care unit patients using computerised trend analysis of daily APACHE II scores corrected for organ system failure. *Intensive Care Medicine*, 14(5):558–566, 1988.
- [78] U. Janssens, C. Graf, J. Graf, W. P. Radke, B. Königs, C. K. Koch, W. Lepper, J. vom Dahl, and P. Hanrath. Evaluation of the SOFA score: a single-center experience of a medical intensive care unit in 303 consecutive patients with predominantly cardiovascular disorders. *Intensive Care Medicine*, 26(8):1037–1045, 2000.
- [79] P. Lehmkuhl, Lips U., and Pichlmayr I. Der Hannover Intensiv Score (HIS) als neues Klassifikationssystem zu Verlaufskontrollen und Prognosestellung bei Intensivpatienten. *Medizinische Klinik*, 7(81):235–240, 1986.
- [80] A. von Bierbrauer, Ch. Burchardt, H. Müller, and P. von Wichert. Hannover Intensiv Score (HIS) in medical intensive care medicine. *Medizinische Klinik*, 93(9):524–532, 1998.
- [81] T. Foitzik, R. Holle, R. Schall, T. Moesta, H. J. Buhr, and C. Herfarth. The Heidelberg Intensive Care Unit Score. Development of a computer-assisted scoring system for documentation of treatment course and assessment of prognosis in surgical intensive care patients. *Chirurg*, 66(5):513–518, May 1995.
- [82] U. Janssens, A. Jordan, J. Graf, H. Grenner, and P. Hanrath. Vergleich von APACHE II, SAPS und TISS im täglichen Einsatz bei Patienten einer kardiologischen Intensivstation. *Intensivmed Notfallmed*, 37(1):31–43, 2000.

- [83] E. Muhl, M. Hansen, J. Brandt, and H.-P. Bruch. Neue Nutzung alter Scores APACHE-II-Score und TISS zur Erfassung der Leistungsentwicklung einer operativen Intensivstation. *Intensivmed Notfallmed*, 38(8):654–663, 2001.
- [84] H. Burchardi, M. Specht, J. Braun, A. Schleppers, and J Martin. OPS-Code 8-980 Intensivmedizinische Komplexbehandlung. Stellungnahme, Inhalte und Kodiervorschriften. *DIVI*, 2004.
- [85] G. Teasdale and B. Jennett. Assessment of coma and impaired consciousness. a practical scale. *The Lancet*, 304(7872):81–84, 1974.
- [86] K. Hekmat, A. Kröner, H. Stützer, R.H.G. Schwinger, S. Kampe, G.B.W.E. Bennink, and U. Mehlhorn. Ein neuer Score für die tägliche Schweregradklassifizierung auf herzchirurgischen Intensivstationen. *Z Herz Thorax Gefasschir*, 18(6):257–267, 2004.
- [87] D. Y. Cho and Y. C. Wang. Comparison of the APACHE III, APACHE II and Glasgow Coma Scale in acute head injury for prediction of mortality and functional outcome. *Intensive care med*, 23(1):77–84, Jan 1997.
- [88] MA Slatyer, OF James, PG Moore, and SR Leeder. Costs, severity of illness and outcome in intensive care. *Anaesth Intensive Care*, 14(4):381–389, Nov 1986.
- [89] JL Moran, AR Peisach, PJ Solomon, and J. Martin. Cost calculation and prediction in adult intensive care: a ground-up utilization study. *Anaesth Intensive Care*, 32(6):787–797, Dec 2004.
- [90] T. Bein and K. Unertl. Potentialities and limitations of the score system in intensive medicine. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 28(8):476–483, Dec 1993.
- [91] S. S. Stevens. On the Theory of Scales of Measurement. *Science*, 103(2684):677–680, 1946.
- [92] R. Lefering. *Scores in der Intensivmedizin*, pages 1–18. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2015.
- [93] Jolanda G. van Keulen, Reinoud J. B. J. Gemke, and Kees H. Polderman. Effect of training and strict guidelines on the reliability of risk adjustment systems in paediatric intensive care. *Intensive Care Medicine*, 31(9):1229–1234, Sep 2005.
- [94] M. M. Shabot. Automated Data Acquisition and Scoring for JCAHO ICU Core Measures. *AMIA Annual Symposium Proceedings*, 2005:674–678, 2005.

- [95] M. M. Shabot, B. J. Leyerle, and M. LoBue. Automatic extraction of intensity-intervention scores from a computerized surgical intensive care unit flowsheet. *The American Journal of Surgery*, 154(1):72–78, 08 1987.
- [96] O. Moerer, A. Schmid, M. Hofmann, A. Herklotz, K. Reinhart, K. Werdan, H. Schneider, and H. Burchardi. Direct costs of severe sepsis in three german intensive care units based on retrospective electronic patient record analysis of resource use. *Intensive Care Medicine*, 28(10):1440–1446, Oct 2002.
- [97] L. M. Chen, C. M. Martin, T. L. Morrison, and W. J. Sibbald. Interobserver variability in data collection of the APACHE II score in teaching and community hospitals. *Crit. Care Med.*, 27(9):1999–2004, Sep 1999.
- [98] M. Rue, C. Valero, S. Quintana, A. Artigas, and M. Alvarez. Interobserver variability of the measurement of the mortality probability models (MPM II) in the assessment of severity of illness. *Intensive Care Med*, 26(3):286–291, Mar 2000.
- [99] F. Portela, M. F. Santos, J. Machado, Á. Silva, F. Rua, and A. Abelha. *Intelligent Data Acquisition and Scoring System for Intensive Medicine*, pages 1–15. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [100] A. Junger, S. Böttger, J. Engel, M. Benson, A. Michel, R. Röhrig, A. Jost, and G. Hempelmann. Automatic calculation of a modified apache ii score using a patient data management system (pdms). *International Journal of Medical Informatics*, 65(2):145 – 157, 2002.
- [101] A. Junger, J. Engel, M. Benson, S. Böttger, C. Grabow, B. Hartmann, A. Michel, R. Röhrig, K. Marquardt, and G. Hempelmann. Discriminative power on mortality of a modified sequential organ failure assessment score for complete automatic computation in an operative intensive care unit. *Critical Care Medicine*, 30(2), 2002.
- [102] A. Junger, B. Hartmann, M. Benson, E. Schindler, G. Dietrich, A. Jost, A. Béyebasse, and G. Hempelmann. The use of an anesthesia information management system for prediction of antiemetic rescue treatment at the postanesthesia care unit. *Anesthesia & Analgesia*, 92(5), 2001.
- [103] S. A. Nashef, F. Roques, B. G. Hammill, E. D. Peterson, P. Michel, F. L. Grover, R. K. Wyse, and T. B. Ferguson. Validation of European System for Cardiac Operative Risk Evaluation (EuroSCORE) in North American cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*, 22(1):101–105, Jul 2002.
- [104] S. A. Nashef, F. Roques, F. D. Sharples, J. Nilsson, Ch. Smith, A. R. Goldstone, and U. Lockowandt. EuroSCORE II. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 41(4):734–745, 2012.

- [105] E. Sokolovic, D. Schmidlin, E.R. Schmid, M. Turina, C. Ruedf, M. Schwenkglenks, and T.D. Szucs. Determinants of costs and resource utilization associated with open heart surgery. *European Heart Journal*, 23(7):574–578, 2002.
- [106] P. Pinna Pintor, M. Bobbio, S. Colangelo, F. Veglia, R. Marras, and M. Diena. Can euroscore predict direct costs of cardiac surgery? *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 23(4):595–598, 04 2003.
- [107] J. Nilsson, L. Algotsson, P. Hoglund, C. Luhrs, and J. Brandt. EuroSCORE Predicts Intensive Care Unit Stay and Costs of Open Heart Surgery. *Ann. Thorac. Surg.*, 78(5):1528–1534, Nov 2004.
- [108] B. Rapp, M. Thalheimer, F. J. Meyer, and J. Radeleff. Intensivmedizin im DRG-System 2009 - ein Überblick. *Krankenhaus*, 101(04):316 – 322, 04 2009.
- [109] F. Franz, H. Bunzemeier, N. Roeder, and H. Reinecke. Krankenhausfinanzierung unter DRG-Bedingungen. *Medizinische Klinik*, 105(1):13–19, Jan 2010.
- [110] *Deutscher Herzbericht 2016 - Sektorenübergreifende Versorgungsanalyse zur Kardiologie, Herzchirurgie und Kinderherzmedizin in Deutschland*. Deutsche Herzstiftung e. V., 2016.