

Die postoperative akute Nierenschädigung
Eine retrospektive Betrachtung von Outcome, Risikofaktoren,
Ressourcenverbrauch und Abbildung im DRG-System

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Julia Schwarz
aus Jena

Gießen 2016

Aus dem medizinischen Zentrum für Chirurgie, Anästhesiologie und Urologie

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie

Direktor: Prof. Dr. Michael Sander
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Weigand

Gutachter: PD Dr. Hirschburger

Tag der Disputation: 04.04.2017

Inhalt

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	EINFÜHRUNG.....	1
1.2	PROBLEMSTELLUNG	1
1.3	FRAGESTELLUNG	2
2	ORGANISATORISCHE VORAUSSETZUNGEN	3
2.1	ANÄSTHESIOLOGISCHE LEISTUNGEN AM UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIEBEN.....	3
2.2	DIE INTENSIVMEDIZINISCHE BETREUUNG AM UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIEBEN	3
2.3	DIE KLINIK-IT DER ANÄSTHESIOLOGIE UND INTENSIVMEDIZIN	3
2.3.1	DAS ANÄSTHESIE-INFORMATIONSMANAGEMENT-SYSTEM NARKODATA.....	3
2.3.1.1	Allgemeines	3
2.3.1.2	System- und Kommunikationsarchitektur	5
2.3.1.3	Programmarchitektur auf Ebene der Clients	6
2.3.1.4	Datenbank.....	6
2.3.1.4.1	Grundbegriffe	6
2.3.1.4.2	Das relationale Datenbankmodell.....	8
2.3.1.4.3	Die Datenbanksprache Structured Query Language	11
2.3.1.4.4	Datenbank des AIMS NarkoData	12
2.3.2	DAS PATIENTENDATENMANAGEMENTSYSTEM ICUDATA	13
2.3.2.1	Allgemeines	13
2.3.2.2	System- und Kommunikationsarchitektur	15
2.3.2.3	Programmarchitektur auf Ebene der Clients	15
2.3.2.4	Datenbank des PDMS ICUData	16
2.4	SOFTWARE FÜR DIE DATENBANKABFRAGE	17
3	METHODIK	19
3.1	STUDIENDESIGN	19
3.2	PATIENTENKOLLEKTIV.....	19
3.3	DEFINITION DER PAKI	19

3.4	ZIELPARAMETER UND EINFLUSSGRÖßEN	20
3.4.1	OUTCOME.....	20
3.4.2	EINFLUSSFAKTOREN DER PAKI	22
3.4.3	RESSOURCENVERBRAUCH.....	24
3.4.4	ABBILDUNG IM G-DRG-SYSTEM.....	25
3.5	DATENBANKABFRAGE.....	25
3.5.1	DATENSATZEINSCHRÄNKUNG UND DATENEXTRAKTION DER DATEN VON NARKODATA.....	25
3.5.2	DATENEXTRAKTION VON DATEN AUS ICUDATA	28
3.5.2.1	Extraktion von Daten aus der ADT-Datenbank	28
3.5.2.2	Extraktion von Daten aus der LAB-Datenbank.....	30
3.5.3	EXTRAKTION DER SERUMKREATININWERTE UND GRUPPENBILDUNG	31
3.5.3.1	Extraktion der Serumkreatininwerte.....	31
3.5.3.2	Bildung der Studiengruppen nach Vorgaben der AKIN-Klassifikation.....	32
3.5.4	ERUIERUNG EINES AUSGANGSWERTES DES SERUMKREATININS ZUR EINSCHÄTZUNG DER PRÄOPERATIVEN NIERENFUNKTION	33
3.5.5	AUFBEREITUNG DER ERGEBNISTABELLE	34
3.6	STATISTIK	35
3.6.1	SOFTWARE.....	35
3.6.2	MODELLENTWICKLUNG	35
3.6.2.1	Univariate Verfahren	35
3.6.2.2	Multivariate Verfahren	35
4	ERGEBNISSE.....	38
4.1	BASISDATEN DES GESAMTKOLLEKTIVS.....	38
4.2	BASISDATEN DER STUDIENGRUPPEN	41
4.3	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	46
4.3.1	OUTCOME.....	46
4.3.2	EINFLUSSFAKTOREN DER PAKI	52
4.3.3	RESSOURCENVERBRAUCH.....	57
4.3.4	ABBILDUNG IM G-DRG-SYSTEM.....	59
5	DISKUSSION.....	61

5.1	DAS AUFTRETEN EINER AKUTEN NIERENSCHÄDIGUNG IM PERIOPERATIVEN SETTING	61
5.2	OUTCOME.....	62
5.3	EINFLUSSFAKTOREN DER PAKI	64
5.3.1	PRÄOPERATIVE RISIKOFAKTOREN	64
5.3.2	INTRAOPERATIVE RISIKOFAKTOREN	65
5.3.3	POSTOPERATIVE RISIKOFAKTOREN.....	68
5.4	RESSOURCENVERBRAUCH	68
5.5	ABBILDUNG IM G-DRG-SYSTEM	69
5.5.1	ERLÖSE.....	69
5.5.2	KODIERUNG DER PAKI.....	71
5.6	DISKUSSION DER METHODIK.....	72
5.6.1	KÖNNEN ROUTINEDATEN AUS DER KRANKENHAUS-IT ZUM ERKENNEN EINER PAKI GENUTZT WERDEN?.....	72
5.6.2	STUDIENDESIGN.....	73
5.6.3	DATENMANAGEMENT UND DATENQUALITÄT	74
6	SCHLUSSFOLGERUNG	76
7	ZUSAMMENFASSUNG.....	78
8	SUMMARY	79
9	LITERATURVERZEICHNIS	80
10	ANHANG	90
10.1	ABKÜRZUNGEN	90
10.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	93
10.3	TABELLENVERZEICHNIS	94
10.4	ERKLÄRUNG ZUR DISSERTATION	96
10.5	DANKSAGUNG	97
10.6	LEBENSLAUF	FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die akute Nierenschädigung (Acute Kidney Injury, AKI) ist eine häufige postoperative Komplikation. Die Inzidenz der AKI in der Akutversorgung eines Krankenhauses ist in einer großen Metaanalyse mit 20,9 % ermittelt worden [130]. Dabei sind annähernd die Hälfte der betroffenen Patienten chirurgischen Fachabteilungen zuzuordnen [67; 138]. Gerade im perioperativen Setting gilt es für den Organismus, nicht-physiologische Belastungen durch einen operativen Eingriff in Kombination mit einer Narkose zu kompensieren. Untersuchungen einer gesamtchirurgischen Population sind allerdings rar, denn vielfach wurde sich auf die Untersuchung eines kardiochirurgischen Kollektivs oder ausgewählte Eingriffe beschränkt [22; 86; 89; 90; 92; 105; 132; 134; 135; 143].

Die Ursachen für die postoperative AKI (pAKI) sind multifaktoriell. Nicht nur präoperative Komorbiditäten, sondern auch das operative Prozedere und der postoperative Verlauf beeinflussen die Entwicklung einer pAKI [1; 22; 32; 33; 68; 72; 73; 74; 90; 92; 105; 117; 134; 135; 137; 143]. Somit liegt es auch im Interesse des Anästhesisten, Risikofaktoren und spezifische Präventionsmaßnahmen zu kennen, denn eine pAKI ist mit einem deutlich schlechteren Outcome für den Patienten assoziiert [5; 6; 18; 48; 66; 67; 89; 104; 107; 108; 133].

1.2 Problemstellung

Durch den zunehmenden Kostendruck auf die Krankenhäuser im Zeitalter der DRG-Systeme (Diagnosis-Related Group; deutsch: diagnosebezogene Fallgruppe) gewinnt die Betrachtung von ökonomischen Aspekten bezüglich kostenintensiver Erkrankungen an Bedeutung. Chertow et al. konnte einen Anstieg der Krankenhauskosten bei hospitalisierten Patienten um 7.500 Dollar im Zusammenhang mit der AKI darlegen [27]. Weitere Studien in Belgien, Großbritannien und in den USA bestätigten diese Tendenz [23; 35; 46; 79; 140]. Jedoch sind diese Untersuchungen durch die unterschiedliche Strukturierung und Finanzierung der Gesundheitssysteme nicht auf das deutsche G-DRG-System (German Diagnosis-Related Group) übertragbar [61].

Ein großes Problem für die Evaluierung von Zusammenhängen mit der AKI und pAKI besteht immer noch darin, dass bisher trotz zahlreicher Bemühungen in der klinischen Routine kein einheitliches System zur Definition und Klassifikation flächendeckend Anwendung findet [58]. Dies müsste nicht so sein, denn mit der Entwicklung der RIFLE-Kriterien (Akronym für Risk of Renal Dysfunction, Injury to the Kidney, Failure of Kidney Function, Lost of Kidney Function und End Stage Kidney Disease) durch die Acute Dialysis Quality Initiative und deren Weiterentwicklungen ist der Grundstein dafür längst gelegt worden [8; 75; 95].

1.3 Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die pAKI an einem gesamtchirurgischen Kollektiv mit der Hilfe von Routinedaten zu untersuchen. Dazu sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welchen Einfluss hat das Auftreten und die Schwere einer pAKI auf das Outcome?
- Welche prä-, intra- und postoperativen Parameter sind mit der Entwicklung einer pAKI verbunden?
- Ist mit der pAKI ein erhöhter Ressourcenverbrauch assoziiert?
- Wie wird das Auftreten einer pAKI im G-DRG-System abgebildet?

Dabei sollen weitere Fragen überdacht werden:

- Wie korrelieren automatisch detektierte pAKI mit der Kodierung der Niereninsuffizienz als Nebendiagnose?
- Können Routinedaten aus der Krankenhaus-IT zum Erkennen einer pAKI genutzt werden?

2 Organisatorische Voraussetzungen

2.1 Anästhesiologische Leistungen am Universitätsklinikum Gießen

Am Universitätsklinikum Gießen und Marburg (UKGM), Standort Gießen, erfolgt die anästhesiologische Betreuung von Patienten der chirurgischen Fachabteilungen Allgemein-, Viszeral-, Thorax-, Transplantations- und Kinderchirurgie, Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Orthopädische Chirurgie, Herz-, Kinderherz- und Gefäßchirurgie, Neurochirurgie, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Urologie, Frauenheilkunde und Geburtshilfe, Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde und Augenheilkunde. Ebenfalls werden Patienten von primär nicht-chirurgischen Fächern (Innere Medizin, Neurologie, Pädiatrie, Radiologie) anästhesiologisch betreut. Das Klinikum zählt bei einer Versorgung von circa 45.200 vollstationären und 2.168 teilstationären Patientenfällen eine Gesamtnarkosenzahl von circa 22.500 im Jahr.

2.2 Die intensivmedizinische Betreuung am Universitätsklinikum Gießen

Es existieren zum Zeitpunkt der Studie sieben Intensivstationen (engl. Intensive Care Unit, ICU) und vier Intermediate Care Stationen (IMC). Neben der Operativen ICU mit 16 Betten und der Operativen IMC mit 10 Betten, welche von der Anästhesiologie betreut werden, existieren Intensiveinheiten in folgenden Abteilungen: kardiovaskuläre Chirurgie, Neurochirurgie, Neurologie, Innere Medizin mit Pulmologie und Kardiologie, Neonatologie und allgemeine Pädiatrie.

2.3 Die Klinik-IT der Anästhesiologie und Intensivmedizin

2.3.1 Das Anästhesie-Information-Management-System NarkoData

2.3.1.1 Allgemeines

Softwaresysteme zur Dokumentation und Abbildung anästhesiologischer Prozesse werden als Anästhesie-Information-Management-Systeme (AIMS) bezeichnet [17].

1995 wurde das AIMS NarkoData (Fa. Imeso GmbH, Gießen) am Universitätsklinikum Gießen flächendeckend eingeführt und die Papierdokumentation ersetzt. NarkoData wird an insgesamt 130 anästhesiologischen Arbeitsplätzen einschließlich den Räumen

für diagnostische Prozeduren und Narkoseeinleitung, in Operationssälen und im Aufwachraum betrieben.

Die Seitengestaltung ist an die altbekannte Papierdokumentation angelehnt. Einen großen Bereich des Bildschirmes nehmen die Verlaufskurven der Vitalparameter ein. Die Dokumentation der zeitabhängigen Daten wird teils automatisch durch Anbindung der Monitore und Narkosegeräte (Vital- und Beatmungsparameter) und teils durch manuelle Eingaben durch den Benutzer umgesetzt, wie beispielsweise bei Medikamentenapplikationen. Hierbei dienen vorkonfigurierte Standards, zum Beispiel eine Liste von Medikamentenapplikationen, der erleichterten Eingabe. Einige Parameter, wie unter anderem die Temperatur oder die Beatmungsparameter, werden als Ziffern in das Verlaufsprotokoll aufgenommen. Durch diese Struktur, ähnlich eines Zeitstrahles, wird ein guter Überblick über den Narkoseverlauf gewährleistet. Zeitunabhängige Daten, wie Patientenstammdaten oder Labordaten, werden nach Import in NarkoData dem Benutzer in separaten Dialogfenstern auf der rechten Seite des elektronischen Narkoseprotokolls präsentiert. Durch weitere Symbole unterhalb der Menüleiste sind Eingaben nur einmal getätigter Parameter, wie beispielsweise der Narkosezeiten, möglich. Weil NarkoData nicht nur den intraoperativen Verlauf abbildet, ist ein Wechsel in die Darstellung des prä- oder postoperativen Verlaufs über eine Auswahl in der Menüleiste möglich. Abbildung 1 zeigt die graphische Oberfläche des AIMS.

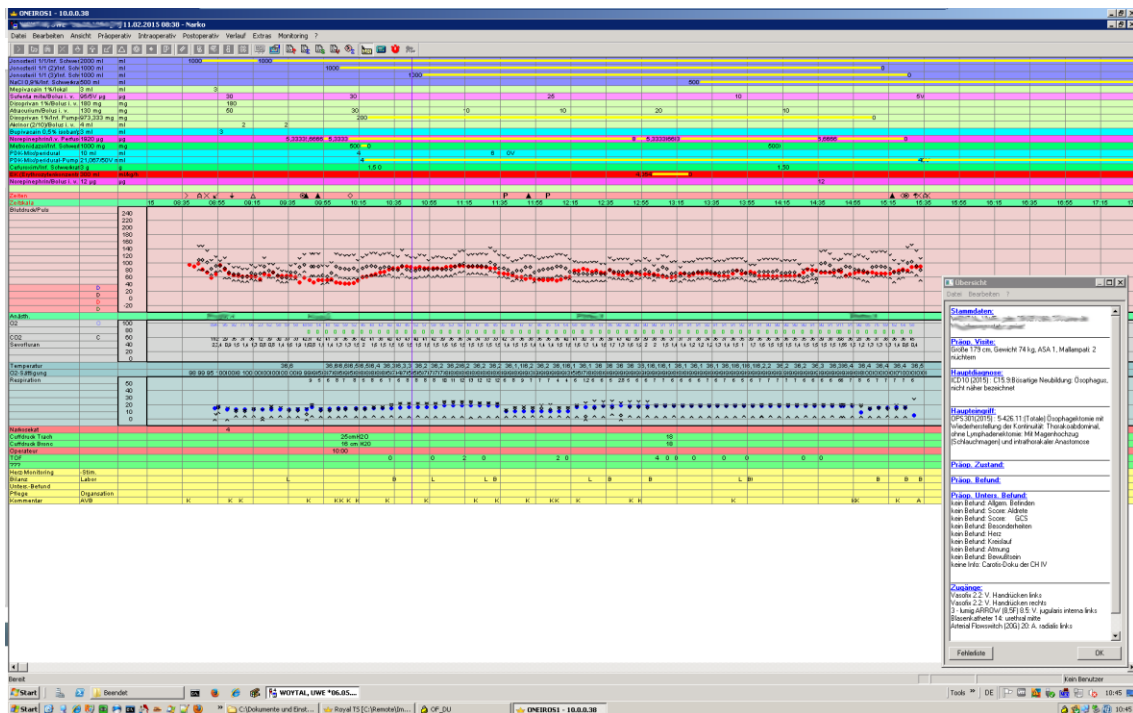


Abbildung 1: Anwenderoberfläche von NarkoData Version 4.7 (Mit freundlicher Genehmigung der IMESO GmbH)

Schon während der Eingabe durch den Benutzer erfolgen Hinweise zu fehlerhaften oder fehlenden Einträgen durch im System hinterlegte Algorithmen. Erst nach zeitnaher Prüfung auf Vollständigkeit und Plausibilität ist es dem Benutzer möglich, das Protokoll ordnungsgemäß abzuschließen. Nach Beenden des Protokolls dient eine Verschlüsselung und ein Schreibschutz der Vorbeugung von nachträglichen Manipulationen.

Die Inhalte der Datenfelder sind konfigurierbar und somit an den klinikinternen Bedarf anpassbar [12; 13; 56].

2.3.1.2 System- und Kommunikationsarchitektur

NarkoData ist, wie mittlerweile der Großteil aller modernen elektronischen Datenverarbeitungssysteme, seit 1997 als Client-Server-System konzipiert. Wie der Name Client-Server-System ausdrückt, wird die Systemfunktionalität auf zwei Systemkomponenten verteilt. Auf der einen Seite steht die Client-Komponente. Sie kommt auf den Anwendungsrechnern – den Clients - zum Einsatz und enthält die Anwenderprogramme mit den entsprechenden Benutzeroberflächen. Auf der anderen Seite steht die Server-Komponente – der Applikationsserver –, welcher die Dienste für

die Clients zur Verfügung stellt und eine zentrale Datenspeicherung übernimmt. Server und Clients sind über Datennetze miteinander verbunden. [42; 77; 87; 98; 121]

Der Datenaustausch mit den anderen Informationssystemen im Krankenhaus erfolgt nachrichtenbasiert nach Health-Level-7-Standard Version 2 (HL7 V2) über das vor Ort existierende Krankenhausnetzwerk. Diese Kommunikationsprotokolle ermöglichen durch vereinheitlichte kompatible Formate die Kommunikation zwischen den Komponenten eines Systems (Client, Server) und zwischen verschiedenen Abteilungssystemen [63; 87].

2.3.1.3 Programmarchitektur auf Ebene der Clients

Das Programm NarkoData ist modular aufgebaut.

Für das klinisch tätige Personal ist das elektronische Narkoseprotokoll zur Dokumentation und Verlaufsbeobachtung des anästhesiologischen Prozesses der wichtigste Baustein der Dokumentationssoftware.

Das Kommunikationsmodul KisData (anfänglich NarkoPlus) ermöglicht die bidirektionale Kommunikation zwischen Client- und Server-Komponente und weiteren angeschlossenen Krankenhausinformationssystemen. Serielle Schnittstellen vermitteln die automatische Datenübernahme von Vital- und Beatmungsparametern [12; 14].

Das 1998 entwickelte Modul NarkoStatistik bietet die Möglichkeit administrativer Auswertungen. Durch vorkonfigurierte Abfragen ist es möglich, im Bereich der Qualitätssicherung, Leistungserfassung, Ausbildung und Wissenschaft eine schnelle Bearbeitung von Fragestellungen umzusetzen [11; 14].

Weitere Funktionalitäten des kommerziell erhältlichen AIMS NarkoData sind bei Bedarf der Internetseite der Firma Imeso unter www.imeso.de zu entnehmen.

2.3.1.4 Datenbank

2.3.1.4.1 Grundbegriffe

In der Informatik stellt eine Datenbank eine Ansammlung von integrierten Datensätzen dar, welche den Anwendern als gemeinsame Basis aktueller Informationen dient. Sie wird nötig, wo große Mengen an Daten mit gleichen Merkmalen verwaltet werden sollen. Eine Datenbank muss durch eine Software organisiert und verwaltet werden –

das sogenannte Datenbankmanagementsystem (DBMS). Die Datenbank und das DBMS werden zusammen als Datenbanksystem (DBS) bezeichnet. [45; 131]

Die Funktionalität eines DBMS erfordert immer eine Datenstruktur und einen Datenzugriffsmechanismus [50; 131]. Das zugrunde liegende Datenbankschema wird durch den Datenbankentwurf festgelegt und gibt die Struktur und die verwendeten Integritätsbedingungen der Datensätze einer Datenbank wieder. Dieses Schema wird durch das DBMS in Form sogenannter Metadaten gespeichert. Das DBMS hat die Aufgabe, die vordefinierte Struktur einzuhalten und die Datenkonsistenz sicherzustellen. Durch ständige Änderungen der Dateninhalte ändert sich der Datenbankzustand in kurzen Zeitintervallen. Das einmal definierte Schema wird dagegen selten geändert und zwar nur dann, wenn neue Anwendungsanforderungen eine neue Strukturierung, beispielsweise das Anlegen eines neuen Datenfeldes, erforderlich machen. Der Datenzugriffsmechanismus für andere Programme wird in Form von Schnittstellen bereitgestellt. Das DBMS übernimmt dabei die Rolle eines Kommunikationsmanagers zwischen Anwenderapplikation und Datenbasis [122]. Jeder Zugriff auf eine Datenbank kann nur über ein DBMS erfolgen, denn es ist ein langer Prozess von der Benutzerabfrage zum tatsächlichen Zugriff auf die physikalisch im Festspeichermedium abgelegten Daten. Zum einen sind mehrere Übersetzungsprozesse notwendig und zum anderen müssen konkurrierende Zugriffe auf die Datenbasis durch verschiedene Benutzer organisiert werden. [42; 45; 50; 122]

Um die Benutzeranwendungen und die Details der Speicherung beziehungsweise der physischen Eigenschaften der Datenablage voneinander zu trennen, ist das Wissen über die DBMS-Architektur von Vorteil und soll hier kurz erläutert werden. Sie wird als Drei-Schichten-Architektur bezeichnet. Die drei Ebenen bestehen jeweils aus einem Schema, welches der Beschreibung von Daten beziehungsweise Datenstrukturen dient [42]. Tatsächlich existierende Daten befinden sich jedoch nur auf der physischen Ebene. Die drei Ebenen werden im Folgenden beschrieben:

Die interne Ebene:

Das interne Schema beschreibt die physischen Strukturen einer Datenbank – anders ausgedrückt das Speicherkonzept. Hier kann ein physisches Datenmodell angewandt werden.

Die konzeptuelle oder logische Ebene:

Das konzeptuelle Schema beschreibt die Struktur der Datenbank – das Datenbankkonzept. Das Datenmodell wird durch Begrifflichkeiten, wie *Entität*, *Datentyp*, *Beziehungen* und *Einschränkungen* einheitlich und eindeutig beschrieben. Es verbirgt dabei Informationen über physische Speicherstrukturen.

Die externe Ebene oder View-Ebene:

Hier werden die verschiedenen Sichtweisen der Benutzer auf die Objekte beschrieben. Alle anderen Daten, die nicht Ziel der Ansicht waren, bleiben verborgen.

Ein DBMS muss somit in der Theorie eine Operation auf der externen Ebene zunächst in eine Operation im konzeptionellen Schema und anschließend in eine Operation im internen Schema für die Bearbeitung der gespeicherten Daten transformieren. Der Vorgang der Umwandlung von Operationen oder Ergebnissen wird als Abbildung oder Mapping bezeichnet. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass nicht alle DBMS diese drei Schichten vollständig trennen, sondern einige diese Architektur nur bis zu einem gewissen Grad unterstützen. Das Schichten-Prinzip dient dazu, logische und physische Datenunabhängigkeit zu erreichen, um jede Ebene ohne Beeinflussung der anderen beliebig verändern zu können. [42; 45; 50]

Zwischen den Extremen der Beschreibung physischer Strukturen, welche eher Rechnerspezialisten vorbehalten sind, und konzeptuellen Datenmodellen liegen die Implementierungsdatenmodelle oder Darstellungsdatenmodelle, welche alle drei Schichten der DBMS-Architektur zu beschreiben versuchen. Das am weitesten verbreitete Konzept ist das Relationen-Modell. Für den Umgang mit Datenbanken ist das Verständnis darüber essentiell. [42; 45]

2.3.1.4.2 Das relationale Datenbankmodell

Das relationale Datenbankmodell wurde Anfang der 70er Jahre beruhend auf den Forschungsarbeiten von E. F. Codd entwickelt und publiziert [31]. Nach einem langen Prozess der Etablierung wurde dieses Konzept in den 80er Jahren durch einige Firmen und Institutionen aufgegriffen und steht als relationales Datenbankmanagementsystem (RDBMS) für den kommerziellen Erwerb zur Verfügung. Die zentrale Architektur und die einfachen eingängigen Datenstrukturen brachten höhere strukturelle Flexibilität,

mehr Abfragemöglichkeiten und eine erhebliche Leistungssteigerung der Systeme mit sich. [14; 50; 122; 131]

Das relationale Datenbankmodell basiert auf den theoretischen Grundlagen der Mengenlehre und der relationalen Algebra [42; 45]. Es werden nun die Begrifflichkeiten beschrieben, die man zum groben Verständnis relationaler Datenbankstrukturen braucht, ohne in die Tiefe mathematischer Grundlagen einzugehen.

Eine relationale Datenbank stellt die Daten als Sammlung von Relationen mit vordefinierten strukturellen Eigenschaften dar. Eine Relation ist ein zweidimensionales, aus Spalten und Zeilen bestehendes Datenfeld und somit einer Tabelle informell gleichzusetzen. Relationen bestehen aus Entitäten (Datensätzen) – die Zeilen der Tabelle –, welche durch bestimmte Attribute – die Spalten der Tabelle –, beschrieben werden. Die Werte, welche die Attribute annehmen können, sind genau durch Wertebereiche (Domänen) definiert, haben den gleichen Datentyp (Format) und werden als Attributwerte bezeichnet. Die Reihenfolge der Entitäten in einer Relation ist unerheblich, lediglich die Entsprechung der Entitäten zu den Attributwerten ist festgelegt. Abbildung 2 verdeutlicht diese Nomenklatur schematisch. [42; 45; 50; 122; 131]

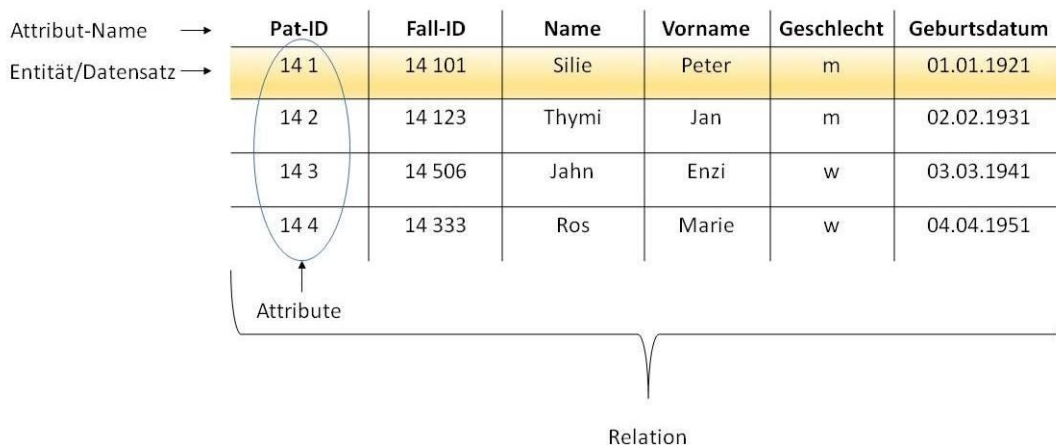


Abbildung 2: Nomenklatur einer Relation nach dem relationalen Datenmodell

Ein Datenbankschema dient der Beschreibung von Daten hinsichtlich der Struktur und Einschränkungen. Bisher sind wir auf die Struktur der Daten nach Vorgaben der relationalen Theorie eingegangen. Es folgen nun Bestimmungen bezüglich der Dateneinschränkungen. Dafür werden die Werkzeuge *Wertebereich*, *Schlüssel*,

Entitätsintegrität, referenzielle Integrität und *Datenabhängigkeit* herangezogen. Ziel solcher Festlegungen ist es, inkonsistente und redundante Datenspeicherung zu vermeiden.

Schlüsseleinschränkungen, Entitätsintegrität und referenzielle Integrität

Die Entitäten einer Relation müssen eindeutig sein. Das heißt, eine Relation darf keine identischen Zeilen enthalten. Daraus ergibt sich, dass jede Relation ein Attribut besitzt, dessen Werte sich für jede einzelne Entität der Sammlung unterscheiden und das die Entitäten somit eindeutig identifiziert. Dieses Attribut wird als Schlüsselattribut bezeichnet. Der Primärschlüssel einer Relation ist somit das Attribut, welches diese Eigenschaft erfüllt und dazu für die vorliegende Relation erklärt wurde. Es gibt Tabellen, in denen mehrere Attribute den Primärschlüssel bilden – in dieser Situation muss die Kombination der Attributwerte jede Entität eindeutig beschreiben. Die Entitätsintegritätseinschränkung verlangt, dass jede Entität einen Primärschlüssel besitzt und dieser nicht null sein darf, weil die eindeutige Identifikation damit gefährdet wäre.

Um verschiedene Relationen sinnvoll miteinander verknüpfen zu können, werden übereinstimmende Werte von sogenannten Verbundattributen benötigt. Die Integration von Attributen, welche in anderen Tabellen als Primärschlüssel fungieren und somit auf andere Relationen weisen, ist wichtig. Es werden somit bewusste Wiederholungen des Kennfeldes einer Relation in eine andere integriert. Diese werden als Sekundär- oder Fremdschlüssel bezeichnet. Die referenzielle Integrität gibt vor, dass ein solcher Schlüssel existieren muss und diese Schlüsselattribute nicht null sein dürfen. [42; 50; 87; 122; 131]

Einschränkungen von Datenabhängigkeiten – die Normalisierung

Einschränkungen von funktionalen und mehrwertigen Abhängigkeiten der Attribute helfen ebenfalls, Datenredundanzen zu vermeiden. Dieses Konzept ist Bestandteil der relationalen Entwurfstheorie und wird als Normalisierung bezeichnet. Es werden sechs Normalformen in der Literatur beschrieben: Die Normalform 1 bis 5 und die Boyce-Codd-Normalform, welche eine stärkere Definition der 3. Normalform darstellt. Es soll hier nur auf die ersten drei und ursprünglich von Codd entwickelten Normalformen eingegangen werden, da die Normalisierungsgrade darüber hinaus in der Praxis eine eher untergeordnete Rolle spielen. Die ersten drei Normalformen beruhen auf Einschränkungen der funktionalen Abhängigkeiten zwischen den Attributen.

1. Normalform: Die Domäne eines Attributs darf nur atomare oder einfache Attribute beinhalten. Diese sind aus Sicht des relationalen Modells nicht teilbare Attribute.
2. Normalform (funktionelle Abhängigkeit): Jedes Attribut einer Relation, welches nicht den Primärschlüssel darstellt, ist voll funktional abhängig vom Primärschlüssel beziehungsweise von jedem Teil des Primärschlüssels.
3. Normalform (transitive Abhängigkeit): Attribute einer Relation, welche nicht den oder die Primärschlüssel darstellen, sind von keinem anderen Nicht-Primärschlüssel-Attribut abhängig.

Der Normalisierungsgrad bezieht sich auf die höchstmögliche Normalform, welche die Relation erfüllt. Ein Prozess der Zerlegung kann ein Relationsschema in eine höhere Normalform überführen. [42; 87; 122; 131]

2.3.1.4.3 Die Datenbanksprache Structured Query Language

Wir haben schon festgestellt, dass das DBMS den Benutzern Schnittstellen für den Zugriff auf die Datenbank zugestehen muss. Je nach fachlichen Kenntnissen und Aufgabengebiet in einem Unternehmen, werden Zugriffsrechte zu unterschiedlichen Teilen des DBMS gewährt. Personen mit Zuständigkeit für die allgemeine Datenbankadministration benötigen Werkzeuge, um jede Schicht der Datenbankarchitektur manipulieren zu können. Zum einen wird dazu eine View-Definitionssprache (View Definition Language, VDL) zur Manipulation der Benutzersichten der externen Ebene benötigt. Zum anderen wird eine Datendefinitionssprache (Data Definition Language, DDL) zur Manipulation der konzeptuellen Ebene benötigt und darüber hinaus eine weitere Sprache zum Zugriff auf die interne Ebene – die Speicherdefinitionssprache (Storage Definition Language, SDL). Die Endbenutzer, also der Großteil der Anwender, wollen typische Zugriffe, wie Lesen, Einfügen, Löschen und Ändern von Daten vornehmen. Dafür benötigen sie eine Datenmanipulationssprache (Data Manipulation Language, DML). [42]

Ein DBMS kann für die unterschiedlichen Anwendungen separate Sprachen zur Verfügung stellen oder es wird, wie bei den meisten der heutigen Systeme, eine integrierte Sprache zur Verfügung gestellt. Diese beinhaltet Sprachkonstrukte zur Bearbeitung der konzeptuellen Schemadefinition, der View-Definition, der Manipulation der Integritätsbedingungen sowie den Datenzugriff. Dabei hat sich die

umfassende relationale Datenbanksprache Structured Query Language (SQL) als Standard etabliert, welche die DDL, VDL und DML auf sich vereint. Eine separate Sprache existiert heute meist für den Zugriff auf das interne Schema. [42]

Die Datenbanksprache SQL wurde durch die Gemeinschaftsarbeit des American National Standards Institute (ANSI) und der International Organization for Standardization (ISO) zu einer Standardversion für RDBMS geführt. Ein wesentlicher Vorteil der Etablierung eines sprachlichen Standards für kommerzielle RDBMS besteht darin, dass Benutzer ohne weitere Sprachkenntnisse auf Daten unterschiedlicher Datenbanken zugreifen können. [42; 131]

SQL dient dem RDBMS zusammenfassend für die Erstellung, Verwaltung, Speicherung und das Auslesen von Datenbanken. Sie ist eine mengenorientierte und nicht-prozedurale Abfragesprache. Mengenorientiert bedeutet im praktischen Bezug, dass SQL in der Lage ist, viele Datensätze mit einer einzigen oder mit wenigen DML-Anweisungen anzusprechen. Dieser Aspekt ist gerade bei Arbeiten mit großen Datenmengen unverzichtbar. Nicht-prozedurale Sprachen haben die Eigenschaft, dass der Benutzer lediglich spezifizieren muss, was das Ergebnis der Anfrage sein muss, ohne das Wissen über die Ausführung der Anfrage zu besitzen. Er bewegt sich rein sachlogisch und nicht verfahrenslogisch durch die Datenbestände. Die Planung und Ausführung der genauen Programmschritte wird dem RDBMS überlassen. Prozedurale Sprachen, wie beispielsweise Java, Pascal oder C, könnten eigenständig Prozeduren erstellen, die dem System die Arbeitsschritte vorgeben. Es besteht zwar die Möglichkeit, SQL-Befehle mit Hilfe eines Vorübersetzers in eine allgemeine Programmiersprache einzubetten und neuere Versionen sind auch um prozedurale Sprachfähigkeiten erweitert worden, jedoch sind die Kriterien einer prozeduralen Sprache dennoch nicht vollständig erfüllt. [42; 45; 131]

2.3.1.4.4 Datenbank des AIMS NarkoData

Bei dem RDBMS von NarkoData ist seit 1997 auf ein Produkt der Oracle Corporation (Fa. Oracle, USA) zurückgegriffen worden. Heute ist die Version *11g Release 1* in Betrieb.

Die Vorhaltung und Archivierung der Daten wird getrennt in Stammdaten (Metadaten) und Verlaufsdaten vorgenommen. Die Daten liegen im Wesentlichen in der dritten Normalform des Relationenmodells vor [12].

Die Stammdaten werden in mehr als 70 Relationen vorgehalten. Sie sind durch den Präfix *Stamm* gekennzeichnet, wie beispielsweise *Stamm_Medikamente*, *Stamm_Analgesiehoehe* oder *Stamm_OPBereich*, und enthalten die administrativen Daten zu dem im Tabellennamen spezifizierten Gebiet. Am Beispiel der Tabelle *Stamm_Fachabteilung* verdeutlicht bedeutet dies: Es finden sich neben dem Primärschlüssel *Fachabteilungs-Identifikationsnummer* auch Angaben über den vollständigen Fachabteilungsnamen, die Bezeichnung der Fachabteilung, die gebräuchliche Abkürzung und der Name der zugehörigen Klinik wieder. Zu den Stammdaten gehören ebenfalls Tabellen, welche die administrativen Daten der Patienten und der operativen Eingriffe beinhalten.

Die medizinischen Daten werden in circa 90 Relationen vorgehalten. Zum einen befinden sich hier Tabellen, welche die Daten zugehörig zum zeitlichen Prozess der Anästhesie beherbergen. Die Daten, die vor dem eigentlichen Narkosebeginn dokumentiert werden, tragen den Präfix *Praeop*, so zum Beispiel *Praeop_Visite* oder *Praeop_Medikation*. Daten, die während einer Narkose erhoben werden, haben den Präfix *Intraop* zum Beispiel *Intraop_Narkoseart* oder *Intraop_Kommentar*. Postoperativ erhobene Daten finden sich mit dem Präfix *Postop* wieder, so etwa *Postop_Untersuchungsbefund* oder *Postop_Verlegung*. Zum anderen gibt es strikt normierte Tabellen, welche mit dem Präfix *Verlauf* gekennzeichnet sind und die durchgehend erhobenen Daten vorhalten. Hierzu zählen Daten über den zeitlichen Ablauf der Narkose, Medikamentengaben und Vitaldaten. Als Beispiele können hier die Tabellen *Verlauf_OPZeit*, *Verlauf_Medikament* und *Verlauf_RRPuls* angeführt werden.

2.3.2 Das Patientendatenmanagementsystem ICUData

2.3.2.1 Allgemeines

Patientendatenmanagementsysteme (PDMS) sind elektronische Informations- und Kommunikationssysteme, welche die Dokumentation und Verwaltung von administrativen, pflegerischen und medizinischen Daten am klinischen Arbeitsplatz der Intensivstation patientenorientiert übernehmen [111; 113; 114].

Das PDMS ICUData (Imeso GmbH, Gießen) ist seit 1999 am Universitätsklinikum Gießen (seit 2005 UKGM, Standort Gießen) im Einsatz und hat sequentiell die Dokumentation auf den ICUs und IMCs übernommen [12; 96].

Die Seitengestaltung lehnt sich an der bekannten Papier-Verlaufskurve an und soll so eine benutzerfreundliche Bedienung ermöglichen. Die Medikamentendokumentation und die Erfassung von Bilanzen, Beatmungsstunden und gebräuchlichen Scoringssystemen werden dem Benutzer durch einen hinterlegten standardisierten Medikamentenkatalog und durch kleine Berechnungsprogramme erleichtert. Abbildung 3 zeigt das Seitenlayout von ICUData. [69; 96; 97; 114]

Die Anbindung von Krankenhausinformationssystemen verschiedener Abteilungen, beispielsweise Laborinformationssystem oder Radiologie-Informationssystem, ermöglicht einen fachübergreifenden Informationsaustausch und erspart dem Benutzer die manuelle und zeitkostende Eingabe von Befunden. Sowohl die automatische Übernahme der Vital- und Beatmungsparameter von den Überwachungsmonitoren und Beatmungsgeräten als auch die automatische Übernahme der Befunde der Blutgasanalyse sind realisiert. Ein Austausch von Leistungsdaten ist durch die bidirektionale Kommunikation mit dem übergeordneten Krankenhausinformationssystem, welches der administrativen Verwaltung eines Hauses dient, gewährleistet.

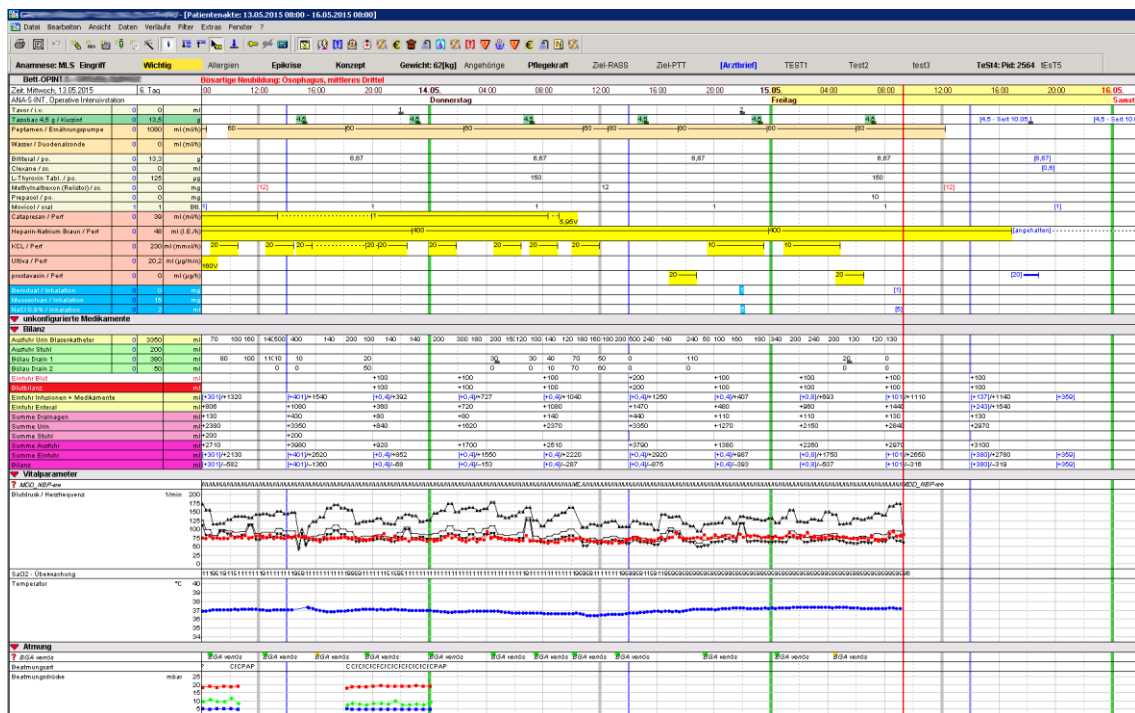


Abbildung 3: Anwenderoberfläche von ICUData (Mit freundlicher Genehmigung der Firma IMESO GmbH)

2.3.2.2 System- und Kommunikationsarchitektur

ICUData ist von Beginn an als Client-Server-System in clientzentrierter Architektur in die vorbestehende Netzwerkinfrastruktur integriert. Eine clientzentrierte Arbeitsweise bedeutet, dass leistungsintensive Aufgaben an die Anwendungsrechner abgegeben werden, um die Belastungs- und Leistungsfähigkeit eines Systems durch bessere Ressourcennutzung zu steigern. Ebenfalls wird durch die Kommunikation zwischen den Clients, ein einheitliche Datenbestand und die uneingeschränkte Funktionalität der Clients, sogar bei Ausfall eines Servers, gewährleistet. [42; 87; 121]

Die Kommunikation erfolgt mit Nachrichten basierend auf dem HL7-V2 Standard [96].

2.3.2.3 Programmarchitektur auf Ebene der Clients

Der Aufbau von ICUData ist modular gestaltet. Diese Programmarchitektur ermöglicht eine unabhängige Weiterentwicklung einzelner Bausteine und somit eine hohe Anpassungsfähigkeit. Je nach Aufgabenbereich sind unterschiedliche Modulkonstellationen auf den Rechnern vorzufinden. [70; 96]

Für das pflegerische und ärztliche Personal auf den Stationen ist die elektronische Krankenakte ICUFiles in Form einer grafisch aufbereiteten Oberfläche der wichtigste Bestandteil der Software im Stationsablauf. Hier erfolgt die Dokumentation und Präsentation medizinischer Daten, medikamentöser Applikationen, medizinischer Prozeduren und der pflegerischen Maßnahmen [70].

Die Applikation KISData dient der Patientenstammdatenverwaltung und Abbildung administrativer Prozesse. Somit werden administrative Aufgaben, wie unter anderem das Management von Aufnahmen, Verlegungen, Entlassungen oder Etikettendruck, umgesetzt. KISData enthält ein Modul zur Kodierung von Diagnosen und Prozeduren, welches funktional in die Applikation ICUFiles integriert ist. Dies dient der strukturierten Erfassung von Diagnosen und Leistungen und ist somit Bestandteil im Prozess der Entgeltabrechnung.

Das Softwaremodul ICUMaster übernimmt die Kommunikation durch Senden und Empfangen der Netzwerkprotokolle. Die bidirektionale Kommunikation mit dem übergeordneten Krankenhausinformationssystem und anderen klinischen Subsystemen ist für die Leistungserfassung und den fachübergreifenden Informationsaustausch essentiell. [12; 70; 96; 98]

Die Anbindung technischer Geräte erfolgt durch ein eigens dafür zuständiges Software-Modul (Medical Device Interface Process, MDIP), welches die Aufgabe eines Übersetzers von proprietären medizinischen Geräte-Nachrichten in HL7-Nachrichten übernimmt und diese an das Kommunikationsmodul weitergibt [96].

Um Auswertungen administrativer, qualitätssichernder und wissenschaftlicher Zwecke zu ermöglichen, wurde ein Statistik-Tool ICUStatistik realisiert, welches einen Pool von standardisierten vorformulierten Abfragen bereitstellt [70].

2.3.2.4 Datenbank des PDMS ICUData

Die Daten des PDMS ICUData werden in einem RDBMS (Oracle Corporation, Version 11g Release 1) logisch und physikalisch getrennt vorgehalten. Es werden die administrativen Daten in der ADT-Datenbank (Admission-Discharge-Transfer-Database), die klinischen Daten in der LAB-Datenbank (Laboratory Database) und die Daten der Systemadministration in der ADM-Datenbank (Administration Database) vorgehalten [96].

Um Abfragen über vorkonfigurierte Standard-Abfragen hinaus vorzunehmen, sind Kenntnisse über die Struktur der abgelegten Daten erforderlich. Für die vorliegende Arbeit wurde ausschließlich auf Daten der ADT- und LAB-Datenbank zugegriffen.

Die ADT-Datenbank

Die Vorhaltung administrativer Informationen erfolgt getrennt in patientenbezogene, fallbezogene und episodenzugehörige Daten. Zur eindeutigen Identifikation dienen dabei die Schlüsselattribute *Patientenidentifikationsnummer (PID)*, *Fall-Identifikationsnummer* und die *Episoden-Identifikationsnummer*. Durch diese Zerlegung ist die dritte Normalform des relationalen Datenmodells realisiert.

In der ADT-Datenbank werden ebenfalls Relationen vorgehalten, welche Leistungsdaten zur Übermittlung an das übergeordnete Krankenhausinformationssystem enthalten.

Die LAB-Datenbank

Die LAB-Datenbank speichert heute alle medizinischen Daten der Patienten in zwei Tabellen. Zum einen existiert eine Tabelle, welche alle am Patienten ausgeführten Handlungen beinhaltet. Anders ausgedrückt speichert sie die administrativen Daten einer klinischen Beobachtung. Um die Ergebnisse der Handlungen zu betrachten, wird

die zweite Tabelle der LAB-Datenbank benötigt. Durch diese Struktur wird eine redundante Datenvorhaltung vermieden, denn aus einer Untersuchung können zahlreiche Befunde resultieren und es ist sinnvoll, die administrativen Daten der Untersuchung nur einmal im System zu hinterlegen. Dieses Konzept wurde grafisch in Abbildung 4 verdeutlicht.

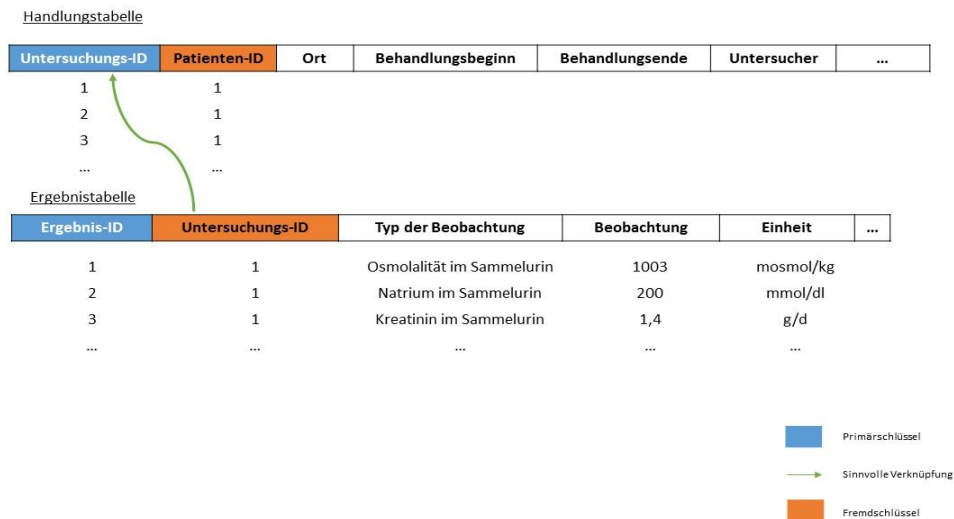


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Datenbankstruktur der LAB-Datenbank

2.4 Software für die Datenbankabfrage

Durch die individuelle Fragestellung ist die Nutzung vorkonfigurierter Datenabfragen nicht möglich gewesen. Daher wurde für diese Untersuchung sowohl mit dem Programm VoyantTM (Version 3.11, Brosco Systems, Espoo, Finnland) als auch mit dem Programm SQL-Tools (Version 1.6, Shareware by Aleksey Kochetov) gearbeitet.

VoyantTM ist ein kommerziell erhältliches Programm, welches sowohl für Aufgaben der Datenbankadministration als auch zur Datenextraktion für deskriptive statistische Auswertungen genutzt werden kann. VoyantTM ermöglicht über eine grafische Benutzeroberfläche Beziehungen zwischen verschiedenen Tabellen einer Datenbank zu erzeugen, diese nach gewünschten Kriterien zu selektieren und als Ergebnis auszugeben. Durch die grafische Erstellung von Anweisungen ist es somit auch ungeübten Benutzern möglich, einfache Abfragen an der Datenbank vorzunehmen. Ein angegliederter SQL-Prozessor setzt die grafisch generierten Abfragen von VoyantTM in SQL-Statements um und erstellt SQL-Skripts, die das vorliegende RDBMS umsetzen kann. Direkte Eingaben von SQL-Statements in den SQL-Editor zur Manipulation der

Daten sind natürlich ebenfalls möglich. Dem Benutzer werden die Daten in unterschiedlichen Formen, beispielsweise als Diagramm oder Tabelle, präsentiert. Das Programm bietet die Möglichkeit, Abfragen als Skript – oft seitenlange Dokumente von SQL-Statements – als Ansicht (View) oder als Tabelle unabhängig der Datenbank lokal abzuspeichern. Durch diesen Aspekt und die Möglichkeit von Voyant™, auf mehrere Datenbanken gleichzeitig zuzugreifen, ist diese Software für die vorliegende Arbeit bedeutsam gewesen. [11; 12]

Durch die Begrenzung von Voyant™ auf einfache, einschichtige Abfragen, wurde bei dieser Untersuchung auf die Software SQL-Tools zurückgegriffen. SQL-Tools ist ein Werkzeug zur Manipulation an RDBMS. In einer Eingabemaske erfolgt die Erstellung eines Skripts nur mittels SQL-Statements. Eine integrierte Fehleranalyse gibt Hilfestellung bei der Erkennung von Syntaxfehlern. Diese Skripte werden automatisch durch das DBS in einer definierten Abfolge bearbeitet. Durch die fehlende grafische Oberfläche erfordert die Datenextraktion mit SQL-Tools nicht nur ausreichende Kenntnisse über die Datenbankstruktur, sondern auch im Umgang mit der Abfragesprache SQL.

3 Methodik

3.1 Studiendesign

Es handelt sich in der vorliegenden Arbeit um eine deskriptive und explorative retrospektive Fallkontrollstudie. Die Studie wurde nach dem positiven Votum der Ethikkommission des Fachbereichs Humanmedizin der Justus-Liebig-Universität (Votums.-Nr. 38/11) begonnen.

3.2 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden im Zeitraum vom 1.1.2011 bis einschließlich 31.12.2013 am UKGM Gießen und Marburg, Standort Gießen, 65.359 Narkosen durchgeführt. Davon gingen 32.203 Datensätze in die Auswertung ein. Narkosen von Patienten unter 18 Jahren, mit ambulanten Eingriffen, Eingriffen bei Hirntoten und Eingriffen an Nieren und harnableitenden Organen wurden ausgeschlossen. Bei Mehrfacheingriffen wurde nur die erste Operation im Zeitraum betrachtet. Patienten mit fehlerhaften oder implausiblen Identifizierungsmerkmalen oder Krankenhausverweildauern wurden ebenfalls aus dem Studienkollektiv ausgeschlossen.

3.3 Definition der pAKI

Zur Detektion und Schwereinteilung der pAKI in dieser Studie kamen die 2007 publizierten Definitionskriterien des Acute Kidney Injury Network (AKIN, AKIN-Klassifikation) zur Anwendung [95]. Diese Definition und Klassifikation ist eine Weiterentwicklung der 2004 erarbeiteten, ersten international anerkannten Definition - den RIFLE-Kriterien [8]. Seit 2012 wurden durch die Leitlinie der Stiftung Kidney Disease Improving Global Outcome (KDIGO, KDIGO-Leitlinie) die Inhalte beider Vorgänger-Systeme vereint [75]. Im Vergleich wurde jedoch keiner Klassifikation wesentliche Vorteile in der Sensitivität nachgewiesen und somit sind alle drei Einteilungen als gleichwertig anzusehen [7; 43; 53; 85; 116].

Die AKIN-Klassifikation sieht eine Gruppenzuteilung anhand dynamischer Veränderungen des Serumkreatinins innerhalb eines 48-Stunden-Intervalls und der Reduktion der Harnausscheidung vor. Des Weiteren entspricht in dieser Klassifikation das Benötigen einer Nierenersatztherapie, unabhängig in welchem Umfang diese

stattfindet, dem Stadium 3 [95]. Tabelle 1 zeigt detailliert die Definitionskriterien für die Schwereinteilung nach der AKIN-Klassifikation.

Tabelle 1: Schwereinteilung der AKI nach der AKIN-Klassifikation

Stadium	Serumkreatininanstieg	Urinausscheidung
1	Anstieg des Serumkreatinins $\geq 0,3$ mg/dl innerhalb 48h oder Anstieg des Serumkreatinins $>$ das 1,5-Fache (bis 2-Fache, 150-200 %) innerhalb 48h	$< 0,5$ ml/kg/h für ≥ 6 h
2	Anstieg des Serumkreatinins $>$ das 2-Fache (bis 3-Fache, 200-300 %) innerhalb 48h	$< 0,5$ ml/kg/h für ≥ 12 h
3	Anstieg des Serumkreatinins $>$ das 3-Fache (300%) innerhalb 48h oder Anstieg des Serumkreatinins $\geq 4,0$ mg/dl mit einem akuten Anstieg von $0,5$ mg/dl innerhalb 48h oder Beginn der Nierenersatztherapie	$< 0,3$ ml/kg/h für ≥ 24 h oder Anurie ≥ 12 h

3.4 Zielparameter und Einflussgrößen

3.4.1 Outcome

Zur Abbildung des Outcomes wurden folgende Parameter gewählt:

- Krankenhausmortalität
- Krankenhausverweildauer [Tage]
- Aufenthalt auf ICU oder IMC von mindestens 12h: Es wurde hier eine Mindestaufenthalt gewählt, um kurze Zwischenaufenthalte beispielsweise aufgrund eines Überhanges von Narkotika zu minimieren.

Anschließend wurde der Einfluss der pAKI auf die Krankenhausmortalität im multivariaten Analyseverfahren untersucht. Dazu wurde neben den Schweregraden der pAKI noch folgende Kovariaten eingebracht:

patientenspezifische Parameter:

- Alter [Jahre]

- Geschlecht
- Body-Mass-Index (BMI) [kg x m⁻²]
- Klassifikation der American Society of Anesthesiologists zur Einschätzung des körperlichen Zustandes (ASA-Klassifikation) [Klasse 1-5] [2]
- präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion: definiert als Ausgangswert des Serumkreatinins größer 1,2 mg/dl oder kodierte *Chronische Nierenkrankheit* nach der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, Revision 10 - German Modification - (ICD-10-GM, engl. International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems) [39]

eingriffsspezifische Parameter:

- Dringlichkeit [Elektiveingriff, Dringlich, Not-/Soforteingriff]
- Fachabteilung
 - Herz- und Thoraxchirurgie
 - Allgemein- und Gefäßchirurgie
 - Unfallchirurgie und Orthopädie
 - Neurochirurgie
 - Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
 - Gynäkologie
 - Urologie
 - kleine operative Fächer: Ophthalmologie (AUG), Dermatologie (DRM), Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde (HNO)
 - Radiologie und Nuklearmedizin
 - primär nicht operative Fächer: Pädiatrie (PED), Innere Medizin (MED), Neurologie (NEU), Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin (AIN)
 - Sonstige: nicht näher bezeichnete Zugehörigkeit zu einer Fachabteilung
- Art der Narkose
 - total-intravenöse Anästhesie (TIVA)

- balancierte Anästhesie
 - Ileuseinleitung (engl. Rapid Sequence Induction, RSI)
 - Spinalanästhesie
 - Epiduralanästhesie (EDA) lumbal
 - EDA thorakal
 - periphere Regionalanästhesie
 - Analgosedierung
 - Standby/ Monitored Care
- Arztbindungszeit [min]
 - Schnitt-Naht-Zeit [min]
 - Hypothermie (intraoperativ)

postoperative Parameter:

- Schwere der pAKI [keine, Stadium 1-3]
- Nierenersatztherapie jeglicher Art kodiert nach dem Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) [40]
- maschinelle Beatmung nach Definition der Deutschen Kodierrichtlinien (DKR) [38]

3.4.2 Einflussfaktoren der pAKI

Ein weiteres Ziel der Untersuchung war es, Zusammenhänge der pAKI mit unabhängigen Faktoren zu untersuchen und mögliche Risikofaktoren zu evaluieren. Dazu wurde auf die detaillierte Betrachtung der Schwere der pAKI verzichtet und die Zielvariable auf eine dichotome Variable (*Ausbleiben oder Auftreten der pAKI*) transformiert. Die ausgewählten patientenspezifischen, eingriffsspezifischen und postoperativen unabhängigen Faktoren sind nachfolgend aufgeführt.

patientenspezifische Parameter:

- Alter [Jahre]
- Geschlecht

- BMI [kg x m⁻²]
- ASA-Klassifikation [Klasse 1-5][2]
- präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion: definiert als Ausgangswert des Serumkreatinins größer 1,2 mg/dl oder kodierte *Chronische Nierenkrankheit* nach ICD-10-GM [39]

eingriffsspezifische Parameter:

- Dringlichkeit [Elektiveingriff, Dringlich, Not-/Soforteingriff]
- Fachabteilung
 - Herz- und Thoraxchirurgie
 - Allgemein- und Gefäßchirurgie
 - Unfallchirurgie und Orthopädie
 - Neurochirurgie
 - Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
 - Gynäkologie
 - Urologie
 - kleine operative Fächer: AUG, DRM, HNO
 - Radiologie und Nuklearmedizin
 - primär nicht operative Fächer: PED, MED, NEU, AIN
 - Sonstige: nicht näher bezeichnete Zugehörigkeit zu einer Fachabteilung
- Art der Narkose
 - TIVA
 - balancierte Anästhesie
 - RSI
 - Spinalanästhesie
 - EDA lumbal
 - EDA thorakal

- periphere Regionalanästhesie
- Analgosedierung
- Standby/ Monitored Care
- Arztbindungszeit [min]
- Schnitt-Naht-Zeit [min]
- Hypothermie (intraoperativ)

postoperativer Parameter:

- maschinelle Beatmung nach Definition der DKR [38]

3.4.3 Ressourcenverbrauch

Unter dem Begriff *Ressourcenverbrauch* sollen Aspekte beleuchtet werden, welche die materielle, zeitliche und personaltechnische Leistung hinsichtlich des Auftretens der pAKI im perioperativen Verlauf widerspiegeln. Die Aufwendung von Ressourcen ist durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt. Es gibt nicht den einen Parameter, der dieses Konstrukt abbilden kann. Somit sind die verwendeten Parameter zur Beschreibung dieses Sachverhaltes nur Surrogatparameter und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Auswahl soll erste Hinweise auf bestehende Zusammenhänge geben.

Es wurden vier postoperative Parameter gewählt, welche die Bereitstellung von Ressourcen auf ICU oder IMC repräsentieren. Schon die Betreuung auf ICU oder IMC per se stellt durch den hohen technischen und personellen Aufwand den kostenintensivsten Faktor im Krankenhaus dar [37; 41; 91; 99; 109]. Hinzu kommen betreuungsintensive Prozeduren wie beispielsweise die maschinelle Beatmung. Für die Vergleichbarkeit der Krankheitsschwere in klinischen Studien wurde zur Einschätzung des physiologischen Zustandes eines Patienten auf ICU der Simplified Acute Physiology Score II (SAPS II-Score) [83] entwickelt. Darüber hinaus wurde dieser jedoch auch Bestandteil für die Berechnung der Aufwandspunkte der intensivmedizinischen Komplexbehandlung, denn mit steigenden Punktwerten ist auch der Pflegeaufwand im stationären Aufenthalt höher [38].

Die Parameter zur Abbildung des postoperativen Ressourcenverbrauchs sind:

- Verweildauer auf ICU oder IMC [Tage]: ab einer Mindestverweildauer von 12 Stunden
- maschinelle Beatmung nach Definition der DKR [38] auf ICU oder IMC
- Summe der postoperativen Beatmungsstunden [Stunden]
- maximaler postoperativer Punktwert des SAPS II-Scores [83] auf ICU oder IMC innerhalb 30 Tage nach dem operativen Eingriff [Punktwert]

3.4.4 Abbildung im G-DRG-System

Nur bei ordnungsgemäßer Dokumentation und Kodierung der Diagnosen und Prozeduren nach den DKR [38] ist die Zuweisung von G-DRGs möglich und somit die Vergütung der erbrachten Leistungen. Für die Beurteilung, wie sich die pAKI in ökonomischer Hinsicht auswirkt, wurden folgende Parameter betrachtet:

- Erlös [Euro]: ermittelt anhand der zugewiesenen G-DRGs [61]
- Case-Mix-Index (CMI) der Studiengruppen [61]
- Kodierung *Akutes Nierenversagen* als Nebendiagnose nach ICD-10-GM [39]

3.5 Datenbankabfrage

3.5.1 Datensatzeinschränkung und Datenextraktion der Daten von NarkoData

Die Datenextraktion erfolgte über eine Auswertedatenbank von NarkoData. Diese ist wie ein Spiegel der Produktivdatenbank, welche zur Optimierung von Datenbankabfragen mit zusätzlichen Indices auf den Tabellen versehen wurde.

Die Verarbeitung der großen Datenmengen erfolgte schrittweise. Dazu wurden temporäre Tabellen, sogenannte Hilfs- oder Prozesstabellen, angelegt. Diese Arbeitsweise ermöglichte zum einen die Kontrolle einzelner Datenverarbeitungsschritte und zum anderen wurde die Verarbeitungsgeschwindigkeit verbessert.

Um das Studienkollektiv zu betrachten, erfolgte zunächst die Verknüpfung von zwei Relationen, welche die administrativen Daten der Patienten und der Operation beinhalten. Datensätze, bei denen diese Verlinkung nicht möglich war oder fehlerhafte Identifizierungsmerkmale (Patientenidentifikationsnummer kurz PID, Operationsidentifikationsnummer kurz OPID) vorlagen, wurden entfernt. Der Untersuchungszeitraum wurde mit Hilfe des Operationsdatums eingeschränkt. Durch

die Betrachtung der Attribute *Fallart*, *Alter* und *Haupteingriff* war es in wenigen Schritten möglich, ambulante Eingriffe, Eingriffe bei Minderjährigen und Eingriffe an Nieren und harnableitendem System auszuschließen. Die Eingriffe sind kodiert nach dem deutschen OPS-Katalog [40] und somit konnten Prozeduren an den Nieren und an harnableitenden Organen durch die Präfixe 5-55 bis 5-59 identifiziert werden. Durch die perioperative Klassifikation der Patienten nach der ASA-Klassifikation [2] ist der Ausschluss von Eingriffen im Rahmen einer Organspende (Klasse 6) erfolgt. Mehrfach vorkommende PIDs identifizierten Mehrfacheingriffe und wurden zusammen mit dem Operationsdatum verwendet, um nur den ersten Eingriff eines Patienten im Untersuchungszeitraum zu betrachten.

Die Verknüpfung der verwendeten Relationen zeigt Abbildung 5. Die Screenshots wurden mit dem Programm VoyantTM nachträglich erstellt, um dem Leser die beschriebenen Strukturen der Datenbank besser zu verdeutlichen.

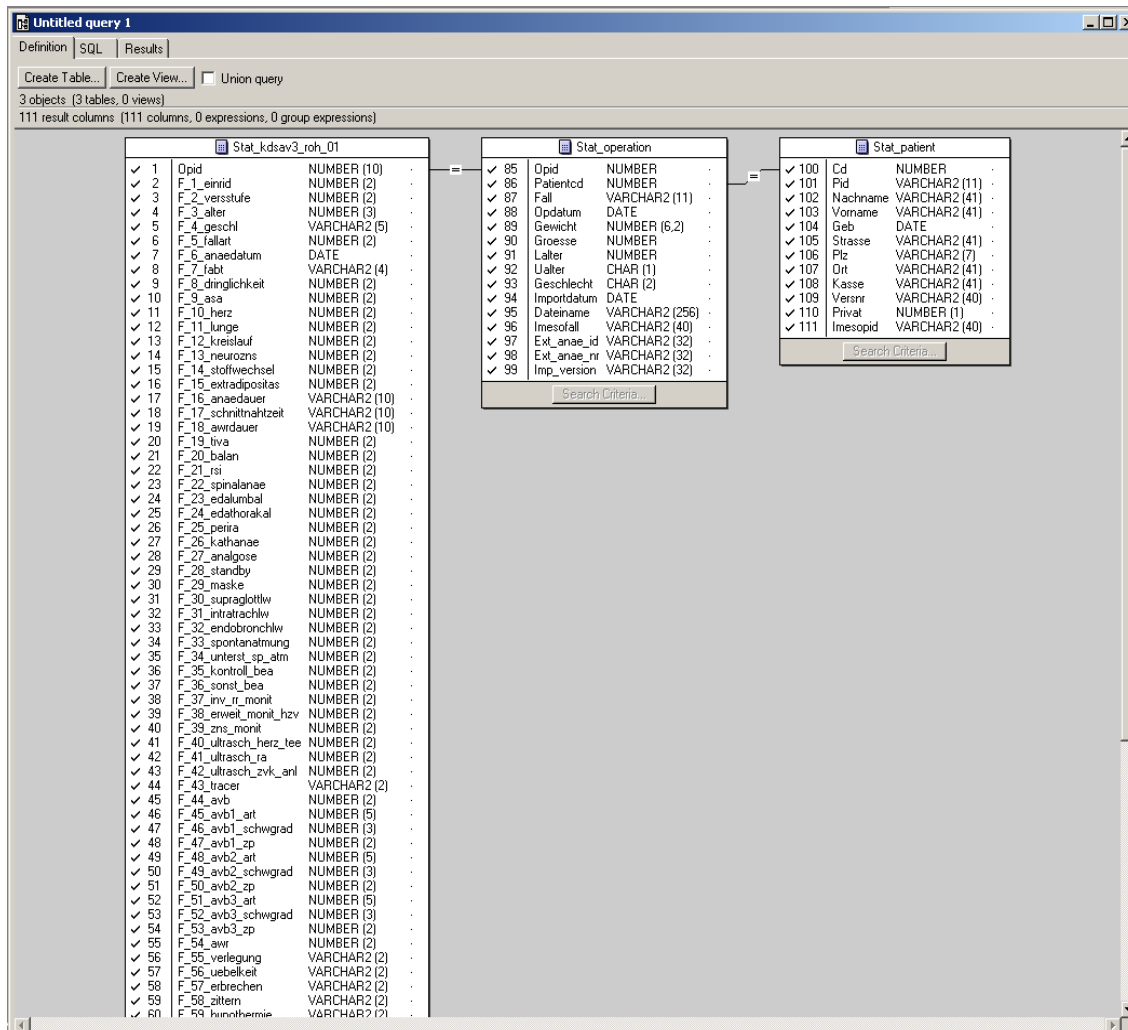


Abbildung 5: Verknüpfung von drei Relationen der NarkoData-Datenbank über den gemeinsamen Schlüssel OPID und PID (hier genannt Patientcd und Cd). Das Gleichheitszeichen entspricht dem „=“-Operator der Where-Klausel bei der Verknüpfung von Relationen.

Zu diesen Datensätzen erfolgte die Mitnahme weiterer patienten- und narkosespezifischer Parameter. Die Mehrheit dieser Parameter sind Bestandteil des Kerndatensatzes Anästhesie 3.0 (KDSA) und entsprechen den Dokumentationsvorgaben der Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverbandes Deutscher Anästhesisten (BDA) [57]. Die restlichen Attribute ergänzten die Daten des KDSA um biometrische Daten, wie beispielsweise Gewicht, Größe und BMI eines Patienten, und Angaben zu Prozesszeiten, der Hauptdiagnose und des Haupteingriffes.

3.5.2 Datenextraktion von Daten aus ICUData

Um weitere Daten über den perioperativen Verlauf des Studienkollektivs zu extrahieren, wurde die Kollektivtabelle mit der Statistikdatenbank von ICUData verknüpft.

3.5.2.1 Extraktion von Daten aus der ADT-Datenbank

Krankenhausverweildauer

Durch mitgeführte Fremdschlüssel in der Kollektivtabelle war eine Verknüpfung mit Tabellen der ADT-Datenbank möglich. Zur Ermittlung der Liegedauer wurde auf fall- und episodenzugehörige Daten der ADT-Datenbank zurückgegriffen. Über zahlreiche Prozesstabellen konnte mit Hilfe der Angaben über Episodenbeginn und -ende eines Behandlungsfalles die Krankenhausverweildauer berechnet werden. Als Cut-Off-Wert für unrealistisch lange Aufenthalte wurde nach Begutachtung der Maximalwerte zwölf Monate festgesetzt. Die Abbildung 6 zeigt die Verknüpfung der Relationen in der der ADT-Datenbank von ICUData.

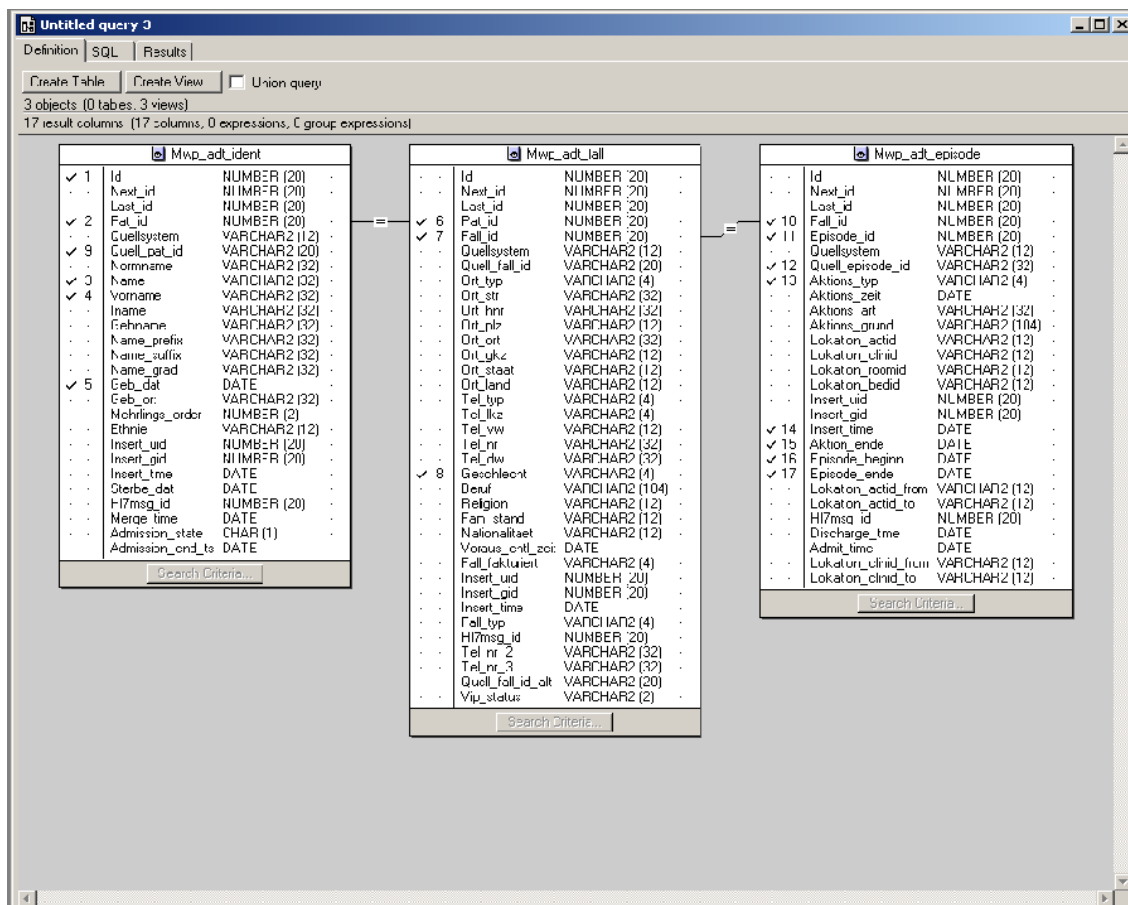


Abbildung 6: Verknüpfung von drei Relationen der ICUData-Datenbank über den gemeinsamen Schlüssel *PID* (hier *Pat_id*) und die Fallidentifikationsnummer (hier

Fall_id) zur Selektion von episodenzugehörigen Daten des Patientenkollektivs. Mit den Häkchen und Zahlen im Vorbau der Relationen kann man eine Auswahl und Reihenfolge der zu betrachtenden Attribute bestimmen.

Verweildauer auf ICU oder IMC

Über eine für Routineabfragen erstellte Relation mit den Patientenaufenthalten auf den ICU- und IMC-Stationen des Krankenhauses wurden die Verweildauern extrahiert. Bei mehreren Aufenthalten mit intensivmedizinischer Betreuung erfolgte die Addition der Zeiten. Die Verknüpfung dieser Relation wird in Abbildung 7 verdeutlicht.

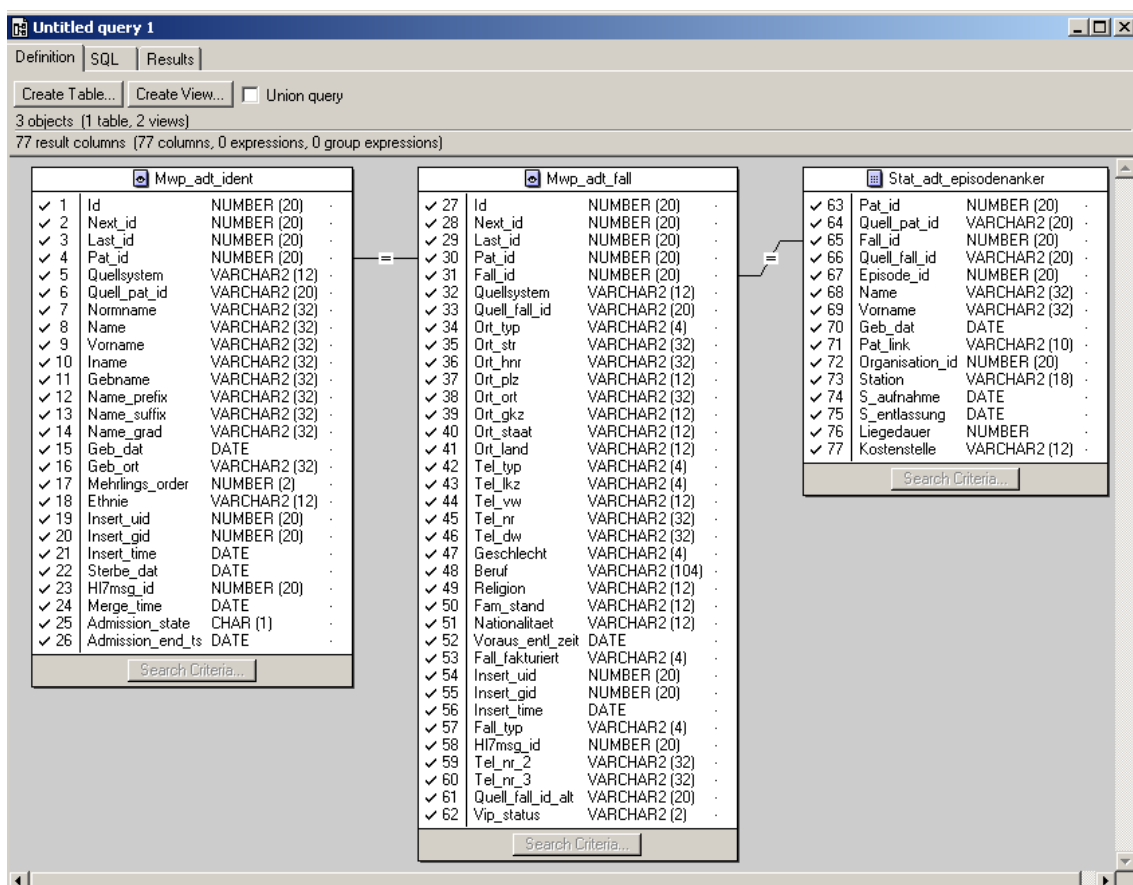


Abbildung 7: Verknüpfung von drei Relationen der ICUData-Datenbank durch den gemeinsamen Schlüssel PID (hier *Pat_id*) und Fallidentifikationsnummer (hier *Fall_id*)

Mortalität und G-DRGs

Informationen über die Krankenhausmortalität und die ermittelten Fallpauschalen wurden dem Krankenhausinformationssystem Orbis (Agfa Healthcare GmbH) entnommen und in der Statistikdatenbank mit den anderen Daten verknüpft. Diese

Angaben entsprechen dem nach Paragraph 21 des Krankenhausentgeltgesetzes (KHEntgG) [21] zu meldenden Datensatz.

3.5.2.2 Extraktion von Daten aus der LAB-Datenbank

Um klinische Parameter der Patienten zu extrahieren, wurde mit der LAB-Datenbank von ICUData gearbeitet. Dabei waren folgende Parameter von Interesse:

- Notwendigkeit und Dauer der maschinellen Beatmung nach Definition der DKR
- maximaler Punktwert des SAPS II-Scores [83]
- Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie kodiert nach dem deutschen OPS, Untergruppen 8-853, 8-854, 8-855, 8-856 und 8-857 [40]
- Kodierung der Nebendiagnosen *Akutes Nierenversagen* und *Chronische Nierenkrankheit* nach ICD-10-GM, Kategorien N17 und N18, ohne Beachtung von Subkategorien [39]

In der LAB-Datenbank sind alle medizinischen Daten in zwei Relationen abgelegt und die gesuchten Attribute konnten durch genaue Spezifizierungen extrahiert werden. Die Verknüpfung der beiden verwendeten Relationen der LAB-Datenbank erfolgt über eine zu jeder Untersuchung zugeordnete Identifikationsnummer *Obr_id* und wird in Abbildung 8 veranschaulicht. Über den integrierten Fremdschlüssel PID konnte die Kollektivtabelle eingebunden werden.

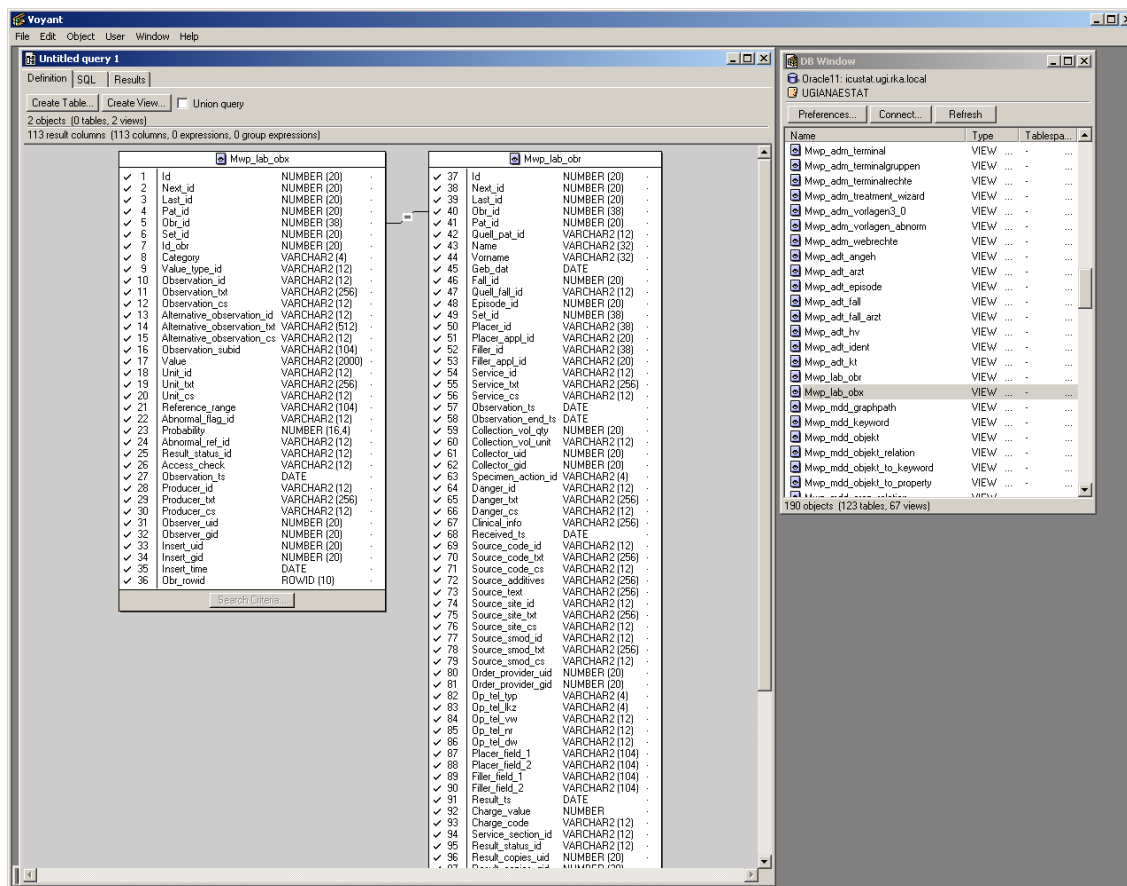


Abbildung 8: Verknüpfung von zwei Relationen der LAB-Datenbank von ICUData über das gemeinsame Schlüsselattribut *Obr_id*

3.5.3 Extraktion der Serumkreatininwerte und Gruppenbildung

3.5.3.1 Extraktion der Serumkreatininwerte

Um alle relevanten prä- und intraoperativen Serumkreatininwerte mit den dazugehörigen Zeitstempeln des Studienkollektivs zu extrahieren, wurde auf Verlaufsdaten der Statistikdatenbank NarkoData zugegriffen. Nach Zusammenführen und zeitlicher Einschränkung entstand eine Prozesstabelle mit allen prä- und intraoperativen Serumkreatininwerten im Zeitraum von 30 Tagen präoperativ bis einschließlich des Operationstages des Studienkollektivs. Diese Prozesstabelle wurde unter Angleichung der Formate in die Statistikdatenbank von ICUData überführt. Dort erfolgte die Extraktion aller Serumkreatininwerte im Zeitintervall von 30 Tagen postoperativ durch erneuten Zugriff auf die beiden bereits beschriebenen Relationen der LAB-Datenbank.

Vor Verwendung der Laborparameter für die Bildung der Studiengruppen wurden diese auf Plausibilität untersucht. Dazu wurden die Maximalwerte und die zugehörigen Verlaufswerte der Folgetage des Serumkreatins betrachtet und ein Cut-Off-Wert von 20 mg/dl festgelegt.

Die Analyse der Blutparameter erfolgte im Zentrallabor des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Gießen.

3.5.3.2 Bildung der Studiengruppen nach Vorgaben der AKIN-Klassifikation

In dieser Untersuchung erfolgte die Detektion und Klassifikation der Patienten mit pAKI anhand der absoluten und relativen Veränderungen des Serumkreatinins nach Vorgaben der AKIN-Klassifikation [95]. Das Kriterium der Harnausscheidung wurde in der vorliegenden Studie nicht herangezogen.

Für die Bildung der Studiengruppen wurde zunächst die maximale Differenz $diff48h_{max}$ zwischen zwei Serumkreatininwerten ($tmin48h$ und $tmax48h$) innerhalb von 48 Stunden betrachtet. Alle somit ermittelten Wertepaare innerhalb des Zeitraumes 24h präoperativ bis 30 Tage postoperativ wurden nochmals durch die Einschränkung reduziert, dass der zeitlich später erhobene Laborwert größer sein muss als der zeitlich zuvor gemessene Laborwert.

Eine Zuteilung in das Stadium 1 erfolgte, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt wurde:

$$diff48h_{max} \geq \frac{tmin48h}{2} \text{ und } diff48h_{max} < tmin48h$$

oder

$$diff48h_{max} \geq 0,3mg/dl$$

Eine Zuteilung in das Stadium 2 erfolgte, wenn:

$$diff48h_{max} \geq tmin48h \text{ und } diff48h_{max} < 2 \times tmin48h$$

Die Zuteilung zum Stadium 3 erfolgte, wenn eines der nachfolgenden Kriterien erfüllt wurde:

$$diff48h_{max} \geq 2 \times tmin48h$$

oder

$$t_{max48h} \geq \frac{4mg}{dl} \text{ und } diff_{48h_{max}} \geq \frac{0,5mg}{dl}$$

oder

Stattfinden einer Nierenersatztherapie

Es ist immer jenes Kriterium für die Einstufung zu betrachten, welches den Patienten höher klassifiziert. Patienten, bei denen keine relevanten Serumkreatininanstiege zu verzeichnen waren oder keine Berechnung stattgefunden hat, wurden als nicht erkrankt eingestuft.

Eine Gruppenzuweisung aufgrund der Durchführung einer Nierenersatztherapie bei fehlenden Veränderungen der Laborwerte deutet auf eine Fehlklassifikation von präoperativ bereits dialysepflichtigen Patienten hin. Um diesen Effekt zu mildern, erfolgte ohne akute Verschlechterung der Laborwerte und kodierter chronischer Nierenkrankheit die Gruppenzuweisung ohne das Kriterium der Nierenersatztherapie.

3.5.4 Eruiierung eines Ausgangswertes des Serumkreatinins zur Einschätzung der präoperativen Nierenfunktion

Eine Möglichkeit, die präoperative Nierenfunktion abzuschätzen, ist es, idealerweise vor dem operativen Eingriff einen Ausgangswert oder Referenzwert des Serumkreatinins zu betrachten, denn nicht immer ist eine vorbestehende chronische Nierenfunktionseinschränkung diagnostiziert oder bekannt. Weil jedoch nicht immer unmittelbar vor dem operativen Eingriff ein Laborwert vorlag, fassten wir den Rahmen etwas weiter und ermittelten den Ausgangswert nach folgender Rangfolge:

1. präoperativer Wert (maximal 30 Tage vor OP): falls mehrere existieren, wird der zeitlich letzte Wert vor der OP herangezogen
2. intraoperativer Wert: falls mehrere existieren, wird der Maximalwert herangezogen
3. erster Wert nach dem operativen Eingriff, maximal 24h postoperativ

Ein Ausgangswert größer 1,2 mg/dl wurde in dieser Untersuchung als pathologisch interpretiert. Zur Festlegung dieses Cut-off-Wertes wurde sich an der Normwerttabelle

der Laboratoriumsmedizin und Pathobiochemie des UKGM Gießen und Marburg aus dem Jahr 2011 orientiert.

3.5.5 Aufbereitung der Ergebnistabelle

Die Kollektivtabelle ist nach Hinzufügen aller relevanten Parameter zur Ergebnistabelle geworden.

Es wurden alle Parameter und deren Formate nochmals auf Plausibilität geprüft. Bei Anwendung von Rechenoperationen wurde manuell die Richtigkeit nachvollzogen. Die Begutachtung von Extremwerten der Attribute *Größe*, *Gewicht* und *BMI* führte zum Ausschluss unsinniger, auf Eingabefehler hindeutender Werte.

Vor Zuführung zur statistischen Analyse wurden unsinnige Nachkommastellen entfernt, gegebenenfalls Umrechnungen in andere Einheiten vorgenommen und fehlende Werte als solche deklariert. Einige Parameter wurden aus Gründen der besseren Interpretierbarkeit in andere Skalenniveaus transformiert.

Jeder G-DRG wurde mit Hilfe des hinterlegten Fallpauschalen-Katalogs eine Bewertungsrelation zugewiesen, welche bei Unter- oder Überschreiten der unteren oder oberen Grenzverweildauer nochmals angepasst wurde [61]. Nach Multiplikation dieser Relation mit dem Landesbasisfallwert in Hessen 2010 bis 2014 konnte der G-DRG-Erlös pro Patientenfall berechnet werden. Außerdem wurde der CMI jeder Studiengruppe bestimmt. Der CMI berechnet sich durch die Addition der Bewertungsrelationen aller Behandlungsfälle eines Zeitabschnitts dividiert durch die Anzahl der Fälle. Er stellt im G-DRG-System eine Möglichkeit dar, den durchschnittlichen Schweregrad der betrachteten Patientenfälle eines Krankenhauses oder von einzelnen Abteilungen eines Hauses darzustellen und somit den durchschnittlichen Ressourceneinsatz für diese Fälle zu bewerten [61]. Der CMI wurde hier für die Studiengruppen im Untersuchungszeitraum ermittelt, um eine Vergleichbarkeit zu anderen Studienergebnissen zu ermöglichen und den Schweregrad der behandelnden Fälle im Zusammenhang mit der Schwere der pAKI zu untersuchen.

3.6 Statistik

3.6.1 Software

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der Software Statistical Package for the Social Sciences Version 23 (SPSS GmbH Software, München).

3.6.2 Modellentwicklung

3.6.2.1 Univariate Verfahren

Zur Lagebeschreibung wurden bei kategorialen Variablen als Kennwerte die absolute Häufigkeit, die relative Häufigkeit und das 95%-Konfidenzintervall (Bootstrapverfahren mit 1000 Samples) angegeben. Bei metrischen Variablen wurde der Median, das untere und obere Quartil (Interquartile Range) und das Minimum und Maximum (Range) angegeben. Der Median ist bei schiefverteilten Daten der robustere Parameter zur Lagebeschreibung und somit für diese Untersuchung gewählt worden.

Nach Transformation der unabhängigen Variablen *pAKI* in eine dichotome Variable (*Eintreten* oder *Ausbleiben der pAKI*) wurden Gruppenvergleiche bei kategorial skalierten Variablen mit dem Chi-Quadrat-Test oder dem exakten Test nach Fisher untersucht und metrische Variablen mit den U-Test nach Mann und Whitney für zwei unabhängige Stichproben. Der nicht-parametrische U-Test nach Mann und Whitney ist unempfindlicher gegenüber nichtparametrischen Verteilungen und Ausreißern, ohne dabei zu sehr an Effizienz gegenüber parametrischen Tests zu verlieren [136].

3.6.2.2 Multivariate Verfahren

Um die Relevanz und das Ausmaß des Einflusses von verschiedenen skalierten Variablen auf eine dichotome Zielvariable zu untersuchen, fand die binäre logistische Regression Anwendung. Durch eine Regressionsanalyse ist es möglich, Hinweise über die Mächtigkeit einzelner Einflussfaktoren auf die Zielvariable zu erlangen [20; 120].

Bei der binären logistischen Regression stellt im einfachsten Fall die abhängige Variable ein Ereignis dar, welches eintritt oder nicht. In der vorliegenden Studie war dies das *Auftreten* oder *Ausbleiben der pAKI* oder das *Versterben* versus *Nicht-Versterben*. Der Einfluss der eingebrachten Parameter auf die Eintrittswahrscheinlichkeit p des Ereignisses wird durch die nachfolgend dargestellte Formel 1 verdeutlicht.

Formel 1

$$p = \frac{e^z}{1 + e^z} \text{ bzw. } p = \frac{1}{1 + e^{-z}} \text{ wobei } z = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_n * x_n + a$$

In dieser Gleichung stellen x_i die Werte der unabhängigen Variablen, b_i die Koeffizienten, deren Berechnung Aufgabe der binären logistischen Regression ist, und a eine Konstante dar. Die Regressionskoeffizienten b_i geben die Einflussstärke der jeweils betrachteten unabhängigen Variablen x_i auf die Höhe der Eintrittswahrscheinlichkeit p wieder. Diese Modellparameter werden üblicherweise mit der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt. Die latente Variable z stellt dabei die Verbindung zwischen der binären abhängigen Variable und den eingebrachten unabhängigen Variablen her und wird durch die Linearkombination der verschiedenen Einflussgrößen erzeugt. [4]

Die Ergebnisse werden im folgenden Kapitel nicht mit dem Regressionskoeffizienten, sondern mit dem Odds-Ratio (OR) interpretiert. Durch das Fehlen eines linearen und direkten Zusammenhangs zwischen den unabhängigen Variablen x_i und den durch die logistische Funktion bestimmten Wahrscheinlichkeiten p , sind die Regressionskoeffizienten weder untereinander noch hinsichtlich ihrer Wirkung auf die abhängige Variable vergleichbar. Sie geben lediglich die Richtung des Einflusses der eingebrachten Faktoren auf die Zielvariable zu erkennen, jedoch ohne ein globales Maß für die Einflussstärke zu liefern. Diese Interpretationsschwierigkeiten lassen sich beheben durch die Betrachtung der Eintrittswahrscheinlichkeit im Verhältnis zur Gegenwahrscheinlichkeit. Am Beispiel verdeutlicht stellt das Wahrscheinlichkeitsverhältnis (Odds) die Chance dar, dass Ereignis *Auftreten der pAKI* im Vergleich zum Ereignis *Ausbleiben der pAKI* zu erhalten. Wir erhalten die Odds, indem die eingangs beschriebene Formel 1 umgestellt wird. Formel 2 verdeutlicht dies.

Formel 2

$$\text{Odds: } \frac{p}{1-p} = e^z \text{ bzw. } \frac{p}{1-p} = e^{b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_n * x_n + a}$$

Durch das Logarithmieren der Odds (log Odds oder Logits), dargestellt in Formel 3, wird der lineare Zusammenhang ersichtlich.

Formel 3

$$\ln(\text{Odds}) : \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + \dots + b_n * x_n + a$$

Die log Odds und die Odds geben den gleichen Sachverhalt, nur anders beschrieben, wieder und ermöglichen uns eine bessere Interpretation der Einflussstärke von unabhängigen Variablen.

Das OR ist also der Quotient aus den Wahrscheinlichkeiten der Komplementärereignisse (Odds) und gibt an, wie sich die geschätzte Chance für ein Ereignis der abhängigen Variable ändert, wenn sich der Wert der unabhängigen Variable um eine Einheit verändert. Beispielhaft ausgedrückt ist die Zielvariable *Eintreten der pAKI* bei einem Anstieg eines Einflussfaktors um eine Einheit mit einem ermittelten OR von 1,5 um 50% oder 1,5-mal wahrscheinlicher als in der Kontrollgruppe. Je weiter das OR die 1 überschreitet, umso gravierender ist der Einfluss auf die betrachtete Variable und kann somit als Risikofaktor interpretiert werden. Wenn das $OR < 1$ liegt, ist eine gegenläufige Interpretation vorzunehmen, denn bei einem Anstieg des Einflussfaktors ist mit einer Abnahme des Wahrscheinlichkeitsquotienten zu rechnen. [4; 119]

Weil die logistische Regression ein Kausalmodell zwischen der Zielvariablen und den Einflussgrößen unterstellt, sollte im Vorfeld eine sorgfältige Auswahl der unabhängigen Faktoren erfolgen [4; 120]. Für diesen Zweck wurden alle Faktoren zunächst univariat untersucht und nur bei einem Unterschreiten des p-Wert-Niveaus von 0,05 der binären logistischen Regression zugeführt.

4 Ergebnisse

4.1 Basisdaten des Gesamtkollektivs

Von 65.359 Narkosen im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 33.156 ausgeschlossen. Durch fehlende oder implausible IDs mussten 386 Datensätze ausgeschlossen werden. Die Anzahl von Patienten unter 18 Jahren zum Zeitpunkt der Operation belief sich auf 9.271. Im gewählten Zeitraum wurden 5.859 ambulante Operationen, 1.703 Eingriffe an Nieren und harnableitenden Organen und 10 Eingriffe an Hirntoten durchgeführt und aus dem Studienkollektiv entfernt. Der Einschluss von nur einem Eingriff pro Patient verringerte das Kollektiv um 15.279 Datensätze. Die Anzahl von Datensätzen mit fehlenden oder implausiblen Krankenhausverweildauern betrug 648. Die vorliegende Untersuchung bezieht sich somit auf ein Kollektiv von 32.203 Patienten.

Die Basisdaten des Gesamtkollektivs werden in den Tabelle 2 bis 5 und 8 bis 9 dargestellt. Dabei werden patientenspezifische, eingriffsspezifische und die Kriterien des Outcomes aufgeführt. Bei den Parametern *Art der Narkose* können mehrere anästhesiologische Prozeduren bei ein und demselben Patienten durchgeführt worden sein. Fehlende Werte existieren bei den Parametern *BMI*, *Schnitt-Naht-Zeit* und *Krankenhausmortalität*.

In Tabelle 6 und 7 werden die postoperativen Parameter des Kollektivs mit Verweildauer auf ICU oder IMC von mindestens zwölf Stunden dargestellt. 6.629 Patienten benötigten eine intensivmedizinische Betreuung während des Krankenhausaufenthaltes. Bei 1.318 Patienten wurde eine maschinelle Beatmung notwendig, sodass nur bei diesem Kollektiv die Angabe des Parameters *Beatmungsstunden* erfolgte. Fehlende Werte gibt es bei dem Parameter *maximaler SAPS II-Score*.

Tabelle 2: Statistische Kennwerte kategorialer patientenspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs (N=32.203)

Variablen	n	%	KI
Geschlecht			
weiblich	15.422	47,9	[47,3; 48,4]
männlich	16.781	52,1	[51,6; 52,7]
ASA-Klassifikation			
1	2.700	8,4	[8,1; 8,7]
2	17.521	54,4	[53,9; 55,0]
3	10.462	32,5	[32,0; 33,0]
4	1.437	4,5	[4,2; 4,7]
5	83	0,3	[0,2; 0,3]
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion	4.745	14,7	[14,3; 15,1]

(%: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System)

Tabelle 3: Statistische Kennwerte metrischer patientenspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs

Variablen	N	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Alter [Jahre]	32.203	56	40; 71	18; 120
BMI [kg*m⁻²]	32.168	26	24; 30	9; 85

(X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, BMI: Body-Mass-Index)

Tabelle 4: Statistische Kennwerte kategorialer eingriffsspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs (N=32.203)

Variablen	n	%	KI
Dringlichkeit			
Elektiveingriff	24.656	76,6	[76,1; 77,1]
Dringlich	3.906	12,1	[11,8; 12,5]
Not-/Soforteingriff	3.641	11,3	[11,0; 11,7]
Chirurgische Fachabteilung			
Herz- und Thoraxchirurgie	3.496	10,9	[10,5; 11,2]
Allgemein- und Gefäßchirurgie	5.957	18,5	[18,2; 18,9]
Unfallchirurgie und Orthopädie	5.867	18,2	[17,8; 18,7]
Neurochirurgie	2.206	6,9	[6,6; 7,1]
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	1.423	4,4	[4,2; 4,7]
Gynäkologie	3.411	10,6	[10,3; 10,9]
Urologie	1.941	6,0	[5,8; 6,3]
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	6.274	19,5	[19,1; 19,9]
Radiologie und Nuklearmedizin	350	1,1	[1,0; 1,2]
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	241	0,7	[0,7; 0,8]
Sonstige	1.037	3,2	[3,0; 3,2]
Art der Narkose			
TIVA	3.804	11,8	[11,5; 12,1]
balancierte Anästhesie	21.980	68,3	[67,7; 68,8]
RSI	1.479	4,6	[4,4; 4,8]
Spinalanästhesie	2.877	8,9	[8,6; 9,3]
EDA lumbal	533	1,7	[1,5; 1,8]
EDA thorakal	441	1,4	[1,2; 1,5]
periphere Regionalanästhesie	166	0,5	[0,4; 0,6]
Analgosedierung	3.237	10,1	[9,7; 10,4]
Standby/Monitored Care	336	1,0	[0,9; 1,2]

(%: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie)

Tabelle 5: Statistische Kennwerte metrischer eingriffsspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs

Variablen	N	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Arztbindungszeit [min]	32.203	128,0	82,0; 204,0	0,0; 14.465,0
Schnitt-Naht-Zeit [min]	31.755	60,0	31,0; 118,0	0,0; 1.285,0

(X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum)

Tabelle 6: Statistische Kennwerte kategorialer postoperativer Parameter des Gesamtkollektivs und des Kollektivs mit Verweildauer auf ICU/IMC ≥ 12 h

Variablen	N	n	%	KI
Aufenthalt auf ICU/IMC ≥ 12h	32.203	6.629	20,6	[20,2; 21,0]
maschinelle Beatmung	6.629	1.318	19,9	[18,9; 20,8]

(%: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ICU: Intensive Care Unit, IMC: Intermediate Care)

Tabelle 7: Statistische Kennwerte metrischer postoperativer Parameter des Kollektivs mit Verweildauer auf ICU/IMC ≥ 12 h und des Kollektivs mit der Notwendigkeit einer maschinellen Beatmung

Variablen	N	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Verweildauer auf IMC/ICU [Tage]	6.629	2,1	1,0; 6,0	0,5; 233,7
maximaler SAPS II-Score [Punktwert]	4.782	33	23; 42	0; 97
Beatmungsstunden [h]	1.318	58,0	26,0; 259,3	1,0; 2.782,0

(X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, ICU: Intensive Care Unit, IMC: Intermediate Care, SAPS: Simplified Acute Physiology Score)

Tabelle 8: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters *Krankenhausmortalität* des Gesamtkollektivs

Variablen	N	n	%	KI
Krankenhausmortalität	30.647	796	2,6	[2,4; 2,8]

(%: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall)

Tabelle 9: Statistische Kennwerte des metrischen Parameters *Krankenhausverweildauer* des Gesamtkollektivs

Variablen	N	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Krankenhausverweildauer [Tage]	32.203	7,5	3,5; 14,0	0,0; 364,8

(X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum)

4.2 Basisdaten der Studiengruppen

Insgesamt konnte bei 3.343 (10,4 %) von 32.203 Patienten eine pAKI detektiert werden. Davon wurden 2.414 (7,5 %) dem Stadium 1, 326 (1,0 %) dem Stadium 2 und 603 (1,9 %) dem Stadium 3 zugeordnet. Drei Patienten wurden bei stattgehabter Nierenersatztherapie und Ausbleiben von laborchemischen Veränderungen bei bekannter chronischer Nierenkrankheit aus dem Stadium 3 entfernt. Zwölf Laborwerte

wurden im Vorfeld der Berechnungen zur Gruppenbildung ausgeschlossen. Bei circa einem Drittel (9.649 Patienten, 33,4 %) konnte die automatische Detektion von relevanten Anstiegen des Serumkreatinins durchgeführt werden. Bei den Verbleibenden waren keine oder zu wenige Laborwerte vorhanden oder diese lagen nicht im geforderten Zeitintervall von 48 Stunden. Die meisten relevanten Serumkreatininanstiege wurden am zweiten postoperativen Tag detektiert (Stadium 1: 767 Patienten, 31,8 %; Stadium 2: 104 Patienten, 31,9 %; Stadium 3: 132 Patienten, 21,9 %). Innerhalb der ersten sieben Tage nach der Operation wurden 2.591 (77,5 %) Patienten mit pAKI detektiert. Wenn man nur die ersten drei Tage postoperativ betrachtet, wurden 2.116 (63,3 %) Erkrankte detektiert.

In Tabelle 10 und Tabelle 11 werden die statistischen Kennwerte der patientenspezifischen Basisdaten in Abhängigkeit der Studiengruppen dargestellt. Die eingriffsspezifischen Parameter der Studiengruppen sind in Tabelle 12 und Tabelle 13 aufgeführt.

Tabelle 10: Statistische Kennwerte kategorialer patientenspezifischer Parameter der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI			Stadium 1			pAKI Stadium 2			Stadium 3		
		n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI
Geschlecht													
weiblich	15.422	14.081	91,3	[90,8;91,8]	950	6,2	[5,8; 6,6]	161	1,0	[0,9;1,2]	230	1,5	[1,3; 1,7]
männlich	16.781	14.779	88,1	[87,6; 88,6]	1.464	8,7	[8,3; 9,2]	165	1,0	[0,8; 1,1]	373	2,2	[2,0; 2,4]
ASA-Klassifikation													
1	2.700	2.669	98,9	[98,4; 99,3]	23	0,9	[0,5; 1,2]	5	0,2	[0,0; 0,4]	3	0,1	[0,0; 0,3]
2	17.521	16.913	96,5	[96,3; 96,8]	483	2,8	[2,5; 3,0]	61	0,3	[0,3; 0,4]	64	0,4	[0,3; 0,5]
3	10.462	8.449	80,8	[80,0; 81,5]	1.445	13,8	[13,2; 14,5]	199	1,9	[1,7; 2,2]	369	3,5	[3,2; 3,9]
4	1.437	776	54,0	[51,6; 56,6]	450	31,3	[28,9; 33,6]	59	4,1	[3,2; 5,1]	152	10,6	[9,0; 12,2]
5	83	53	63,9	[54,2; 74,7]	13	15,7	[8,4; 24,1]	2	2,4	[0,0; 6,0]	15	18,1	[9,6; 26,5]
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion	4.745	2.877	60,6	[59,2; 62,0]	1.270	26,8	[25,6; 28,1]	126	2,7	[2,2; 3,2]	472	9,9	[9,1; 10,8]

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System)

Tabelle 11: Statistische Kennwerte metrischer patientenspezifischer Parameter der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI				Stadium 1				pAKI Stadium 2				Stadium 3			
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Alter [Jahre]	32.203	28.860	54	38; 69	18; 120	2.414	71	59; 78	19; 103	326	70	59; 77	18; 98	603	69	57; 77	18; 93
BMI [kg*m⁻²]	32.168	28.832	26	24; 30	9; 85	2.408	27	24; 30	10; 73	326	26	24; 30	15; 74	602	27	24; 31	16; 62

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, BMI: Body-Mass-Index)

Tabelle 12: Statistische Kennwerte kategorialer eingriffsspezifischer Parameter der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI			Stadium 1			pAKI			Stadium 3		
		n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI
Dringlichkeit													
Elektiveingriff	24.656	22.603	91,7	[91,3; 92,0]	1.506	6,1	[5,8; 6,4]	187	0,8	[0,6; 0,9]	360	1,5	[1,3; 1,6]
Dringlich	3.906	3.381	86,6	[85,4; 87,6]	377	9,7	[8,8; 10,6]	49	1,3	[0,9; 1,6]	99	2,5	[2,0; 3,0]
Not-/Soforteingriff	3.641	2.876	79,0	[77,7; 80,3]	531	14,6	[13,4; 15,8]	90	2,5	[2,0; 3,0]	144	4,0	[3,4; 4,6]
Chirurgische Fachabteilung													
Herz- und Thoraxchirurgie	3.496	2.240	64,1	[62,5; 65,7]	913	26,1	[24,7; 27,6]	99	2,8	[2,3; 3,3]	244	7,0	[6,1; 7,8]
Allgemein- und Gefäßchirurgie	5.957	5.137	86,2	[85,3; 87,1]	544	9,1	[8,5; 9,9]	91	1,5	[1,2; 1,8]	185	3,1	[2,7; 3,5]
Unfallchirurgie und Orthopädie	5.867	5.486	93,5	[92,8; 94,2]	289	4,9	[4,3; 5,4]	36	0,6	[0,4; 0,8]	56	1,0	[0,7; 1,2]
Neurochirurgie	2.206	2.054	93,1	[92,1; 94,2]	123	5,6	[4,6; 6,5]	20	0,9	[0,5; 1,4]	9	0,4	[0,2; 0,7]
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	1.423	1.394	98,0	[97,2; 98,7]	21	1,5	[0,8; 2,2]	2	0,1	[0,0; 0,4]	6	0,4	[0,1; 0,8]
Gynäkologie	3.411	3.278	96,1	[95,4; 96,7]	109	3,2	[2,6; 3,9]	13	0,4	[0,2; 0,6]	11	0,3	[0,1; 0,5]
Urologie	1.941	1.727	89,0	[87,5; 90,3]	157	8,1	[6,9; 9,3]	17	0,9	[0,5; 1,3]	40	2,1	[1,4; 2,7]
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	6.274	6.217	99,1	[98,9; 99,3]	42	0,7	[0,5; 0,9]	4	0,1	[0,0; 0,1]	11	0,2	[0,1; 0,3]
Radiologie und Nuklearmedizin	350	249	71,1	[66,9; 76,0]	64	18,3	[14,0; 22,0]	21	6,0	[3,4; 8,6]	16	4,6	[2,6; 6,9]
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	241	195	80,9	[75,5; 86,3]	39	16,2	[11,2; 21,2]	2	0,8	[0,0; 2,1]	5	2,1	[0,4; 4,1]
Sonstige	1.037	883	85,1	[83,0; 87,3]	113	10,9	[9,0; 12,9]	21	2,0	[1,2; 2,9]	20	1,9	[1,2; 2,8]
Art der Narkose													
TIVA	3.804	3.575	94,0	[93,2; 94,8]	172	4,5	[3,9; 5,2]	21	0,6	[0,3; 0,8]	36	0,9	[0,6; 1,2]
balancierte Anästhesie	21.980	19.324	87,9	[87,5; 88,4]	1.896	8,6	[8,3; 9,0]	269	1,2	[1,1; 1,4]	491	2,2	[2,0; 2,4]
RSI	1.479	1.255	84,9	[83,0; 86,8]	165	11,2	[9,5; 12,8]	28	1,9	[1,2; 2,7]	31	2,1	[1,4; 2,8]
Spinalanästhesie	2.877	2.728	94,8	[94,1; 95,6]	134	4,7	[3,9; 5,4]	7	0,2	[0,1; 0,4]	8	0,3	[0,1; 0,5]
EDA lumbal	533	438	82,2	[79,0; 85,2]	81	15,2	[12,2; 18,0]	10	1,9	[0,9; 3,2]	4	0,8	[0,2; 1,5]
EDA thorakal	441	290	65,8	[61,2; 70,3]	116	26,3	[22,2; 30,2]	15	3,4	[1,8; 5,2]	20	4,5	[2,7; 6,6]
periphere Regionalanästhesie	166	148	89,2	[83,7; 93,4]	12	7,2	[3,6; 11,4]	1	0,6	[0,0; 1,8]	5	3,0	[0,6; 6,0]
Analgesiedierung	3.237	2.955	91,3	[90,4; 92,2]	192	5,9	[5,1; 6,7]	27	0,8	[0,6; 1,1]	63	1,9	[1,5; 2,4]

Standby/Monitored Care | 336 | 314 93,5 [90,5; 95,8] | 17 5,1 [3,0; 7,7] | 2 0,6 [0,0; 1,5] | 3 0,9 [0,0; 1,8]

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie)

Tabelle 13: Statistische Kennwerte metrischer eingriffsspezifischer Parameter der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI				pAKI											
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	Stadium 1		Stadium 2		Stadium 3							
Arztbindungszeit [min]	32.203	28.860	122,0	80,0; 187,0	0,0; 14.465,0	2.414	232,0	144,0; 314,0	21,0; 439,0	326	256,0	156,8; 351,3	24,0; 974,0	603	213,0	122,0; 315,0	1,0; 907,0
Schnitt-Naht-Zeit [min]	31.755	28.468	55,0	29,0; 105,0	0,0; 1.285,0	2.368	146,0	64,0; 216,8	0,0; 836,0	324	165,5	67,0; 250,8	3,0; 872,0	595	123,0	54,0; 221,0	0,0; 806,0

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum)

4.3 Untersuchungsergebnisse

4.3.1 Outcome

Die statistischen Kennwerte der Parameter zur Beschreibung des Outcomes sind in Tabelle 14 und Tabelle 15 dargestellt.

Um den Einfluss der pAKI auf die Krankenhausmortalität zu untersuchen kam die binäre logistische Regression zum Einsatz. Dazu wurden alle relevanten Parameter zunächst univariat untersucht. Die Ergebnisse davon sind in Tabelle 16 und 17 dargestellt. Nur bei Unterschreiten des p-Wert-Niveaus von 0,05 wurden die Parameter in das multivariate Testverfahren eingeschlossen. Dabei wurden zwei patientenspezifische (*Geschlecht, BMI*) und vier eingriffsspezifische Parameter (*balancierte Anästhesie, periphere Regionalanästhesie, Analgosedierung, Standby/Monitored Care*) nicht weiter mitgeführt. Die Ergebnisse der binären logistischen Regression zeigt Tabelle 18. Zur Beurteilung der Modellgüte sei an dieser Stelle das Bestimmtheitsmaß Nagelkerke- R^2 von 0,503 erwähnt. Dieses Maß gibt den prozentualen Anteil der erklärten Varianz des Modells bezogen auf die Gesamtvarianz wieder. Das heißt, die erklärte Varianz beziehungsweise die Fehlerreduktion durch dieses Modell beträgt 50,3 %. Zur besseren Interpretierbarkeit sind die operativen Prozesszeiten *Arztbindungszeit* und *Schnitt-Naht-Zeit* nicht nur in Minuten, sondern auch in Stunden angegeben.

Tabelle 14: Statistische Kennwerte nominal skaliertes Outcome-Parameter der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI			Stadium 1			pAKI Stadium 2			Stadium 3		
		n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI
Krankenhausmortalität	796	307	38,6	[35,4; 42,1]	233	29,3	[26,3; 32,3]	56	7,0	[5,4; 8,8]	200	25,1	[22,1; 28,3]
Aufenthalt auf ICU/IMC \geq 12h	6.629	4.718	71,2	[70,1; 72,3]	1.394	21,0	[20,0; 22,1]	187	2,8	[2,4; 3,2]	330	5,0	[4,5; 5,5]

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ICU: Intensive Care Unit, IMC: Intermediate Care)

Tabelle 15: Statistische Kennwerte des metrischen Outcome-Parameters *Krankenhausverweildauer* der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI				Stadium 1				pAKI Stadium 2				Stadium 3			
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Krankenhausverweildauer [Tage]	32.203	28.860	6,9	3,2; 12,8	0,0; 364,8	2.414	15,2	10,2; 27,6	0,0; 318,5	326	18,0	11,2; 33,5	0,5; 297,9	603	17,7	9,6; 35,4	0,0; 326,3

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum)

Tabelle 16: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse kategorialer Einflussfaktoren in Abhängigkeit der Krankenhausmortalität

Variablen	N	nicht verstorben			verstorben			p-Wert
		n	%	KI	n	%	KI	
patientenspezifische Parameter								
Geschlecht								
weiblich	14.751	14.382	97,5	[97,3; 97,8]	369	2,5	[2,2; 2,7]	0,314
männlich	15.896	15.469	97,3	[97,1; 97,6]	427	2,7	[2,4; 2,9]	
ASA-Klassifikation								
1	2.561	2.560	100,0	[99,9; 100,0]	1	0,0	[0,0; 100,0]	< 0,001
2	16.762	16.706	99,7	[99,6; 99,7]	56	0,3	[0,3; 0,4]	
3	9.862	9.469	96,0	[95,6; 96,4]	393	4,0	[3,6; 4,4]	
4	1.383	1.084	78,4	[76,1; 80,6]	299	21,6	[19,4; 23,9]	
5	79	32	40,5	[29,1; 51,9]	47	59,5	[48,1; 70,9]	
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion	4.495	4.091	91,0	[90,1; 91,9]	404	9,0	[8,1; 9,9]	< 0,001
eingriffsspezifische Parameter								
Dringlichkeit								
Elektiveingriff	23.445	23.197	98,9	[98,8; 99,1]	248	1,1	[0,9; 1,2]	< 0,001
Dringlich	3.764	3.653	97,1	[96,5; 97,6]	111	2,9	[2,4; 3,5]	
Not-/Soforteingriff	3.438	3.001	87,3	[86,2; 88,3]	437	12,7	[11,7; 13,8]	
Chirurgische Fachabteilung								
Herz- und Thoraxchirurgie	3.309	3.096	93,6	[92,8; 94,4]	213	6,4	[5,6; 7,2]	< 0,001
Allgemein- und Gefäßchirurgie	5.543	5.376	97,0	[96,6; 97,4]	167	3,0	[2,6; 3,4]	
Unfallchirurgie und Orthopädie	5.597	5.542	99,0	[98,7; 99,3]	55	1,0	[0,7; 1,3]	
Neurochirurgie	2.082	1.998	96,0	[95,1; 96,8]	84	4,0	[3,2; 4,9]	
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	1.374	1.369	99,6	[99,3; 99,9]	5	0,4	[0,1; 0,7]	
Gynäkologie	3.282	3.277	99,8	[99,7; 100,0]	5	0,2	[0,0; 0,3]	
Urologie	1.863	1.835	98,5	[98,0; 99,0]	28	1,5	[1,0; 2,0]	
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	6.136	6.122	99,8	[99,6; 99,9]	14	0,2	[0,1; 0,4]	

Radiologie und Nuklearmedizin	325	270	83,1	[78,8; 87,1]	55	16,9	[12,9; 21,2]	
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	218	194	89,0	[84,4; 92,7]	24	11,00	[7,3; 15,6]	
Sonstige	918	772	84,1	[81,7; 86,4]	146	15,9	[13,6; 18,3]	
Art der Narkose								
TIVA	3.604	3.484	96,7	[96,0; 97,3]	120	3,3	[2,7; 4,0]	0,004
Balancierte Anästhesie	20.930	20.361	97,3	[97,1; 97,5]	569	2,7	[2,5; 2,9]	0,054
RSI	1.418	1.351	95,3	[94,1; 96,3]	67	4,7	[3,7; 5,9]	< 0,001
Spinalanästhesie	2.817	2.811	99,8	[99,6; 99,9]	6	0,2	[0,1; 0,4]	< 0,001
EDA lumbal	526	525	99,8	[99,2; 100,0]	1	0,2	[0,0; 0,8]	< 0,001
EDA thorakal	380	357	93,9	[91,6; 96,1]	23	6,1	[3,9; 8,4]	< 0,001
Periphere Regionalanästhesie	164	162	98,8	[97,0; 100,0]	2	1,2	[0,0; 3,0]	0,453
Analgesiedierung	3.005	2.913	96,9	[96,3; 97,5]	92	3,1	[2,5; 3,7]	0,100
Standby/Monitored Care	320	309	96,6	[94,7; 98,4]	11	3,4	[1,6; 5,3]	0,372
Hypothermie	187	166	88,8	[84,0; 93,0]	21	11,2	[7,0; 16,0]	< 0,001
postoperativer Parameter								
pAKI								
keine	27.488	27.181	98,9	[98,8; 99,0]	307	1,1	[1,0; 1,2]	< 0,001
Stadium 1	2.272	2.039	89,7	[88,4; 91,0]	233	10,3	[9,0; 11,6]	
Stadium 2	314	258	82,2	[78,0; 86,3]	56	17,8	[13,7; 22,0]	
Stadium 3	573	373	65,1	[61,3; 68,9]	200	34,9	[31,1; 38,7]	
Nierenersatztherapie	286	126	44,1	[37,8; 50,3]	160	55,9	[49,7; 62,2]	< 0,001
maschinelle Beatmung	1.278	895	70,0	[67,5; 72,5]	383	30,0	[27,5; 32,5]	< 0,001

(%: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie, pAKI: postoperative Acute Kidney Injury)

Tabelle 17: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse metrischer Einflussfaktoren in Abhängigkeit der Krankenhausmortalität

Variablen	N	nicht verstorben				verstorben				p-Wert
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	
patientenspezifische Parameter										
Alter [Jahre]	30.647	29.851	56	40; 70	18; 103	796	73	62; 81	18; 120	< 0,001
BMI [kg*m⁻²]	30.615	29.820	26	24; 30	9; 85	795	26	23; 30	16; 65	0,110
eingriffsspezifische Parameter										
Arztbindungszeit [min]	30.647	29.851	127,0	82,0; 200,0	0,0; 5.470,0	796	170,0	80,0; 300,0	1,0; 4.390,0	< 0,001
Schnitt-Naht-Zeit [min]	30.245	29.498	59,0	31,0; 115,0	0,0; 1.285,0	747	87,0	33,0; 209,0	0,0; 806,0	< 0,001

(X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, BMI: Body-Mass-Index)

Tabelle 18: Ergebnisse der binären logistischen Regression mit der abhängigen Variable *Krankenhausmortalität*

Variablen	Odds-Ratio	KI	p-Wert
patientenspezifische Parameter			
Alter [Jahre]	1,036	[1,028; 1,043]	< 0,001
ASA-Klassifikation			
ASA 1 (Referenz)	1,000		
ASA 2	0,421	[0,259; 0,683]	< 0,001
ASA 3	1,245	[0,805; 1,926]	0,324
ASA 4	2,013	[1,283; 3,158]	0,002
ASA 5	8,726	[4,585; 16,609]	< 0,001
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion	1,346	[1,089; 1,663]	0,006
eingriffsspezifische Parameter			
Dringlichkeit			
Elektiveingriff (Referenz)	1,000		
Dringlich	1,002	[0,846; 1,187]	0,963
Not-/Soforteingriff	1,735	[1,483; 2,030]	< 0,001
Chirurgische Fachabteilung			
Unfallchirurgie und Orthopädie (Referenz)	1,000		
Herz- und Thoraxchirurgie	0,558	[0,427; 0,727]	< 0,001
Allgemein- und Gefäßchirurgie	1,413	[1,101; 1,814]	0,007
Neurochirurgie	1,817	[1,355; 2,437]	< 0,001
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	0,366	[0,154; 0,872]	0,023
Gynäkologie	0,616	[0,262; 1,448]	0,267
Urologie	1,210	[0,791; 1,850]	0,380
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	0,400	[0,237; 0,674]	0,001
Radiologie und Nuklearmedizin	1,373	[0,944; 1,996]	0,097
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	1,540	[0,849; 2,793]	0,155
Sonstige	2,734	[1,982; 3,771]	< 0,001
Art der Narkose			
TIVA	0,772	[0,561; 1,063]	0,113
RSI	0,729	[0,511; 1,041]	0,082
Spinalanästhesie	0,728	[0,309; 1,715]	0,468
EDA lumbal	0,248	[0,033; 1,881]	0,177
EDA thorakal	2,281	[1,254; 4,149]	0,007
Hypothermie	1,000	[0,509; 1,967]	1,000
Arztbindungszeit [min]	1,000	[0,999; 1,001]	0,840
Arztbindungszeit [h]	0,996	[0,956; 1,037]	0,84
Schnitt-Naht-Zeit [min]	1,000	[0,999; 1,002]	0,461
Schnitt-Naht-Zeit [h]	1,028	[0,955; 1,106]	0,461
postoperativer Parameter			
AKI			
keine (Referenz)	1,000		
Stadium 1	0,900	[0,748; 1,084]	0,267
Stadium 2	1,366	[1,023; 1,825]	0,034

Stadium 3	1,793	[1,303; 2,467]	< 0,001
Nierenersatztherapie	3,492	[2,137; 5,704]	< 0,001
maschinelle Beatmung	8,601	[6,894; 10,731]	< 0,001

(KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie, pAKI: postoperative Acute Kidney Injury)

4.3.2 Einflussfaktoren der pAKI

Vor Zuführung zur multivariaten Analyse wurden auch hier zunächst alle ausgewählten Einflussfaktoren univariat hinsichtlich der dichotomen Zielvariablen *Auftreten* oder *Ausbleiben der pAKI* untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 19 und Tabelle 20 dargestellt. Alle betrachteten Parameter bis auf *periphere Regionalanästhesie* haben dabei das p-Wert-Niveau von 0,05 unterschritten und wurden somit der binären logistischen Regression zugeführt. Die Ergebnisse der multivariaten Analyse zeigt Tabelle 21. Zur besseren Interpretierbarkeit sind die operativen Prozesszeiten *Arztbindungszeit* und *Schnitt-Naht-Zeit* nicht nur in Minuten, sondern auch in Stunden angegeben. Das Bestimmtheitsmaß Nagelkerkes- R^2 beträgt 0,438.

Tabelle 19: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse kategorialer Einflussfaktoren in Abhängigkeit des Auftretens der pAKI

Variablen	N	keine pAKI			pAKI			p-Wert
		n	%	KI	n	%	KI	
patientenspezifische Parameter								
Geschlecht								
weiblich	15.422	14.081	91,3	[90,8; 91,7]	1.341	8,7	[8,3; 9,2]	< 0,001
männlich	16.781	14.779	88,1	[87,6; 88,6]	2.002	11,9	[11,4; 12,4]	
ASA-Klassifikation								
1	2.700	2.669	98,9	[98,4; 99,3]	31	1,1	[0,7; 1,6]	< 0,001
2	17.521	16.913	96,5	[96,3; 96,8]	608	3,5	[3,2; 3,7]	
3	10.462	8.449	80,8	[80,0; 81,5]	2.013	19,2	[18,5; 20,0]	
4	1.437	776	54,0	[51,6; 56,7]	661	46,0	[43,3; 48,4]	
5	83	53	63,9	[54,2; 74,7]	30	36,1	[25,3; 45,8]	
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion								
	4.745	2.877	60,6	[59,2; 62,0]	1.868	39,4	[38,0; 40,8]	< 0,001
eingriffsspezifische Parameter								
Dringlichkeit								
Elektiveingriff	24.656	22.603	91,7	[91,3; 92,0]	2.053	8,3	[8,0; 8,7]	< 0,001
Dringlich	3.906	3.381	86,6	[85,5; 87,6]	525	13,4	[12,4; 14,5]	
Not-/Soforteingriff	3.641	2.876	79,0	[77,6; 80,3]	765	21,0	[19,7; 22,4]	
Chirurgische Fachabteilung								
Herz- und Thoraxchirurgie	3.496	2.240	64,1	[62,4; 65,6]	1.256	35,9	[34,4; 37,6]	< 0,001
Allgemein- und Gefäßchirurgie	5.957	5.137	86,2	[85,3; 87,1]	820	13,8	[12,9; 14,7]	
Unfallchirurgie und Orthopädie	5.867	5.486	93,5	[92,9; 94,1]	381	6,5	[5,9; 7,1]	
Neurochirurgie	2.206	2.054	93,1	[92,0; 94,1]	152	6,9	[5,9; 8,0]	
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	1.423	1.394	98,0	[97,2; 98,7]	29	2,0	[1,3; 2,8]	

Gynäkologie	3.411	3.278	96,1	[95,5; 96,7]	133	3,9	[3,3; 4,5]	
Urologie	1.941	1.727	89,0	[87,6; 90,4]	214	11,0	[9,6; 12,4]	
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	6.274	6.217	99,1	[98,8; 99,3]	57	0,9	[0,7; 1,2]	
Radiologie und Nuklearmedizin	350	249	71,1	[66,3; 75,7]	101	28,9	[24,3; 33,7]	
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	241	195	80,9	[75,9; 85,9]	46	19,1	[14,1; 24,1]	
Sonstige	1.037	883	85,1	[83,0; 87,1]	154	14,9	[12,9; 17,0]	
Art der Narkose								
TIVA	3.804	3.575	94,0	[93,2; 94,7]	229	6,0	[5,3; 6,8]	< 0,001
Balancierte Anästhesie	21.980	19.324	87,9	[87,5; 88,3]	2.656	12,1	[11,7; 12,5]	< 0,001
RSI	1.479	1.255	84,9	[82,9; 86,5]	224	15,1	[13,5; 17,1]	< 0,001
Spinalanästhesie	2.877	2.728	94,8	[94,0; 95,7]	149	5,2	[4,3; 6,0]	< 0,001
EDA lumbal	533	438	82,2	[78,6; 85,5]	95	17,8	[14,5; 21,4]	< 0,001
EDA thorakal	441	290	65,8	[61,0; 70,3]	151	34,2	[29,7; 39,0]	< 0,001
Periphere Regionalanästhesie	166	148	89,2	[84,3; 94,0]	18	10,8	[6,0; 15,7]	0,812
Analgesedierung	3.237	2.955	91,3	[90,3; 92,3]	282	8,7	[7,7; 9,7]	0,001
Standby/Monitored Care	336	314	93,5	[90,7; 96,2]	22	6,5	[3,8; 9,3]	0,025
Hypothermie	187	129	69,0	[62,6; 75,4]	58	31,0	[24,6; 37,4]	< 0,001
postoperative Parameter								
maschinelle Beatmung	1.318	573	43,5	[40,7; 46,3]	745	56,5	[53,7; 59,3]	< 0,001

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie)

Tabelle 20: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse metrischer Einflussfaktoren in Abhängigkeit des Auftretens der pAKI

Variablen	N	keine pAKI				pAKI				p-Wert
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	
patientenspezifische Parameter										
Alter [Jahre]	32.203	28.860	54	38; 69	18; 120	3.343	71	59; 77	18; 103	< 0,001
BMI [kg*m⁻²]	32.168	28.832	26	24; 30	9; 85	3.336	27	24; 30	10; 74	< 0,001
eingriffsspezifische Parameter										
Arztbindungszeit [min]	32.203	28.860	122,0	80,0; 187,0	0,0; 14.465,0	3.343	232,0	140,0; 317,0	1,0; 4.390,0	< 0,001
Schnitt-Naht-Zeit [min]	31.755	28.468	55,0	29,0; 105,0	0,0; 1.285,0	3.287	144,0	62,0; 220,0	0,0; 872,0	< 0,001

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, BMI: Body-Mass-Index)

Tabelle 21: Ergebnisse der binären logistischen Regression mit der abhängigen Variable *Auftreten oder Ausbleiben der pAKI*

Variablen	Odds-Ratio	KI	p-Wert
Alter [Jahre]	1,016	[1,013; 1,019]	< 0,001
Geschlecht	0,958	[0,87; 1,054]	0,379
BMI [kg*m⁻²]	0,997	[0,989; 1,004]	0,371
ASA-Klassifikation			
ASA 1 (Referenz)	1,000		
ASA 2	0,639	[0,542; 0,754]	< 0,001
ASA 3	1,487	[1,277; 1,733]	< 0,001
ASA 4	2,168	[1,813; 2,592]	< 0,001
ASA 5	1,564	[0,976; 2,506]	< 0,001
präoperativ eingeschränkte Nierenfunktion	4,230	[3,821; 4,684]	< 0,001
Dringlichkeit			
Elektiveingriff (Referenz)	1,000		
Dringlich	1,013	[0,924; 1,109]	0,789
Not-/Soforteingriff	1,228	[1,110; 1,358]	< 0,001
Chirurgische Fachabteilung			
Unfallchirurgie und Orthopädie (Referenz)	1,000		
Herz- und Thoraxchirurgie	1,496	[1,323; 1,692]	< 0,001
Allgemein- und Gefäßchirurgie	1,722	[1,528; 1,941]	< 0,001
Neurochirurgie	0,676	[0,561; 0,815]	< 0,001
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	0,252	[0,175; 0,363]	< 0,001
Gynäkologie	1,643	[1,335; 2,022]	< 0,001
Urologie	1,822	[1,529; 2,172]	< 0,001
kleine operative Fächer (AUG, DRM, HNO)	0,247	[0,191; 0,319]	< 0,001
Radiologie und Nuklearmedizin	1,387	[1,055; 1,824]	0,019
primär nicht operative Fächer (PED, MED, NEU, AIN)	1,521	[1,023; 2,263]	0,038
Sonstige	1,182	[0,918; 1,521]	0,194
Art der Narkose			
TIVA	0,646	[0,373; 1,117]	0,118
Balancierte Anästhesie	0,916	[0,537; 1,561]	0,747
RSI	1,263	[1,031; 1,548]	0,024
Spinalanästhesie	0,948	[0,546; 1,646]	0,849
EDA lumbal	2,211	[1,664; 2,937]	< 0,001
EDA thorakal	2,600	[2,012; 3,360]	< 0,001
Analgesiedierung	0,933	[0,536; 1,624]	0,806
Standby/Monitored Care	0,557	[0,247; 1,253]	0,157
Hypothermie	1,299	[0,898; 1,877]	0,165
Arztbindungszeit [min]	1,000	[1,000; 1,000]	0,091
Arztbindungszeit [h]	1,014	[0,998; 1,030]	0,091
Schnitt-Naht-Zeit [min]	1,004	[1,004; 1,005]	< 0,001
Schnitt-Naht-Zeit [h]	1,308	[1,262; 1,355]	< 0,001
maschinelle Beatmung	5,412	[4,733; 6,188]	< 0,001

(KI: 95%-Konfidenzintervall, ASA: American Society of Anesthesiologists, ASA Physical Status Classification System, AUG: Ophthalmologie, DRM: Dermatologie, HNO: Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, PED: Pädiatrie, MED: Innere Medizin, NEU: Neurologie, AIN: Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin, TIVA: total-intravenöse Anästhesie, RSI: Rapid Sequence Induction, EDA: Epiduralanästhesie)

4.3.3 Ressourcenverbrauch

In Tabelle 22 und Tabelle 23 werden die statistischen Kennwerte der Parameter zur Abbildung des Ressourcenverbrauchs dargestellt. Es wird sich dabei auf das Kollektiv mit Verweildauer auf ICU oder IMC von mindestens 12 Stunden (N = 6.629) bezogen. Davon wurde bei 4.782 Patienten der SAPS II-Score dokumentiert. Die Analyse des metrischen Parameters *Beatmungstunden* bezieht sich auf 1.318 Datensätze.

Tabelle 22: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters *maschinelle Beatmung* zur Betrachtung des Ressourcenverbrauchs

Variablen	N	keine pAKI			Stadium 1			pAKI			Stadium 3		
		n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI
maschinelle Beatmung	1.318	573	43,5	[41,0; 46,1]	454	34,4	[31,8; 37,1]	78	5,9	[4,7; 7,3]	213	16,2	[14,3; 18,1]

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5“ aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall)

Tabelle 23: Statistische Kennwerte metrischer Parameter der Studiengruppen zur Betrachtung des Ressourcenverbrauchs

Variablen	N	keine pAKI				Stadium 1				pAKI				Stadium 3			
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max
Verweildauer auf IMC/ICU [Tage]	6.629	4.718	1,8	1,0; 4,0	0,5; 233,7	1.394	4,5	1,9; 10,8	0,5; 198,1	187	5,4	2,3; 14,8	0,6; 174,8	330	8,8	3,3; 23,3	0,5; 222,9
maximaler SAPS II-Score [Punktwert]	4.782	3.113	29	21; 37	0; 97	1.194	38	30; 47	0; 86	172	41	33; 51	7; 84	303	54	44; 63	7; 94
Beatmungsstunden [h]	1.318	573	36,0	21,5; 139,5	1,0; 1.830,0	454	61,5	27,0; 274,3	1,0; 2.532,0	78	118,5	41,0; 352,3	1,0; 2.659,0	213	150,0	45,0; 374,0	1,0; 2.782,0

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, ICU: Intensive Care Unit, IMC: Intermediate Care, SAPS: Simplified Acute Physiology Score)

4.3.4 Abbildung im G-DRG-System

Die statistischen Kennwerte des metrischen Parameters *Erlös* sind in Tabelle 24 dargestellt. Bei 3.567 von 32.203 Datensätzen war es nicht möglich, die G-DRG zu extrahieren, sodass hier ein Kollektiv von 28.636 Patienten zur Auswertung herangezogen wurde. Zusätzlich ist der CMI der Studiengruppen angegeben, um eine bessere Vergleichbarkeit von Studien zu ermöglichen.

Tabelle 25 zeigt die Gegenüberstellung der kodierten Nebendiagnosen *Akutes Nierenversagen nach ICD-10-GM* und der automatisch detektierten Patienten mit *pAKI*, also unseren Studiengruppen.

Tabelle 24: CMI und statistische Kennwerte des metrischen Parameters *Erlös* der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI				pAKI				Stadium 3							
		n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max	n	X _{0,5}	UQ; OQ	Min; Max				
CMI*	28.636	25.654	2,2*			2.154	7,3*			295	10,8*			533	11,1*		
Erlös [Euro]	28.636	25.654	3.574	2.413; 6.848	65; 379.569	2.154	12.697	8.130; 23.365	794; 435.625	295	16.654	9.984; 34.148	916; 361.168	533	23.781	8.789; 42.575	800; 244.782

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, X_{0,5}: Median, UQ: unteres Quartil, OQ: oberes Quartil, Min: Minimum, Max: Maximum, CMI: Case-Mix-Index, Erlös: auf ganze Zahlen gerundet – „,5” aufgerundet); * Angabe des CMI der Studiengruppen, gerundet auf die erste Nachkommastelle

Tabelle 25: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters *Kodierung Akutes Nierenversagen nach ICD-10-GM* der Studiengruppen

Variablen	N	keine pAKI			pAKI			Stadium 1			Stadium 2			Stadium 3		
		n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI	n	%	KI
Kodierung Akutes Nierenversagen nach ICD-10-GM	478	156	32,6	[28,7; 36,3]	122	25,5	[22,0; 29,3]	33	6,9	[4,6; 9,2]	167	34,9	[30,3; 39,5]			
keine Kodierung	31.725	28.704	90,5	[90,2; 90,8]	2.292	7,2	[6,9; 7,5]	293	0,9	[0,8; 1,0]	436	1,4	[1,2; 1,5]			

(pAKI: postoperative Acute Kidney Injury, %: auf erste Nachkommastelle gerundet - bei „,5” aufgerundet, KI: 95%-Konfidenzintervall, ICD-10-GM: International Statistical Classification of Disease and Related Health Problems, Revision 10 – German Modification-)

5 Diskussion

5.1 Das Auftreten einer akuten Nierenschädigung im perioperativen Setting

In der Literatur schwankt die Häufigkeit der AKI durch Betrachtung unterschiedlicher Populationen und teilweise verschiedene Anwendung der Definitionskriterien enorm. Die Häufigkeit in der Akutversorgung eines Krankenhauses ist zwischen 5,4 % bis 11,3 % angegeben [49; 125]. Eine große Metanalyse ermittelt sogar eine Inzidenz von 20,9 % bei hospitalisierten Patienten [130]. Davon sind 40 – 50 % der Fälle einem chirurgischen Kollektiv zuzuordnen [67; 138].

Bisher wurde die pAKI zahlreich an einem kardiochirurgischen Kollektiv oder an Patienten untersucht, welche intensivmedizinische Betreuung benötigten. Die Inzidenz der pAKI bei kardiochirurgischen und kritisch kranken Patienten auf ICU oder IMC, welche ebenfalls chirurgische Patienten umfassen, beläuft sich nach Zusammenfassung zahlreicher Studien auf 24,3 % und 31,7 % [130]. Untersuchungen an einem gesamtchirurgischen Kollektiv sind allerdings rar. Ergebnisse einer kürzlich veröffentlichten retrospektiven Analyse von Patienten, welche sich operativen Eingriffen der Fachabteilungen Herz-, Thorax-, Allgemein-, Gefäßchirurgie, Orthopädie, Urologie und HNO unterziehen mussten, zeigten eine Inzidenz von 11,8 % [52]. Studien an nicht-kardiochirurgischen Patienten wiesen Inzidenzen zwischen 0,8 % und 6,3 % und bei vorhandenen Risikofaktoren, wie Diabetes mellitus oder chronische Nierenerkrankung, sogar 17,8 % und 46,6 % nach [30; 73; 129; 142].

In der vorliegenden Untersuchung wurde bei 3.343 Patienten (10,4 %) des Studienkollektivs eine pAKI detektiert. Durch die Betrachtung aller chirurgischen Fachgebiete, inklusive der risikobehafteten Kardiochirurgie und weniger risikobehafteten operativen Fächern, wie beispielsweise der Mund-, Kiefer-Gesichtschirurgie, liegt in Zusammenschau der Ergebnisse anderer Studien die hier beobachtete Inzidenz in einem erwarteten Bereich. Die Untersuchungen von Grams et al. sind von der Methodik am ehesten an die vorliegende Studie angelehnt und dies spiegelt sich auch in der Inzidenz wieder [75].

Es wurde ähnlich der Untersuchungen von Kheterpal und Odutayo et al. ein großer Zeitraum von 30 Tagen postoperativ gewählt, in welchem die Veränderungen des Serumkreatinins beobachtet wurden [74; 104]. Diverse andere Studien fassten den Zeitraum zur Erfassung kürzer und untersuchten drei, sieben oder 14 Tage postoperativ [73; 106; 134]. Zum Teil wurde die pAKI unterschieden nach einem frühen oder späten Auftreten nach Operation, wobei der Trennwert je nach Untersuchung bei 72 Stunden oder sieben Tagen nach dem operativen Eingriff gesetzt wurde [22; 62]. Auch in der vorliegenden Arbeit ist deutlich geworden, dass 77,5 % der Patienten mit pAKI in den ersten sieben Tagen nach Operation detektiert werden konnten. Betrachtet man nur die ersten drei Tage postoperativ, käme man auf einen Anteil von 63,3 %. Es wird deutlich, dass annähernd zwei Drittel der Fälle mit pAKI zeitnah zur Operation auftraten.

5.2 Outcome

Es ist zahlreich beschrieben, dass sich bereits ab dem ersten Stadium der AKI, klassifiziert nach den RIFLE-Kriterien oder der AKIN-Klassifikation, unabhängig von der untersuchten Population das Outcome verschlechtert [5; 6; 67; 48; 104; 107; 108]. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass das Risiko, im Krankenhaus zu versterben, im ersten Stadium der AKI gegenüber einer Vergleichsgruppe ohne AKI bereits um 8,3 % bis 18,6 % höher ist und regelhaft zu längeren Krankenhausaufenthalten oder Liegedauern auf ICU führte [5; 6; 48; 67; 104; 107; 108]. Der Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der AKI und der Mortalität ist zum Teil als linear beschrieben. Im Stadium 3 ist eine Mortalität bis zu 47,9 % angegeben [89]. Untersuchungen zeigten auch ohne Anwendung eines Klassifikationssystems der AKI, dass der Anstieg des Serumkreatinins während eines Krankenhausaufenthaltes einen prognostisch ungünstigen Parameter für das Outcome darstellt [19; 27; 36; 82; 102].

Die vorliegende Untersuchung deutet ebenfalls darauf hin, dass die pAKI mit einem schlechteren Outcome assoziiert ist. Von 796 verstorbenen Patienten im Krankenhaus, konnte bei 489 (61,4 %) im Vorfeld eine pAKI detektiert werden. Davon wurde der größte Anteil von 233 verstorbenen Patienten (29,3 %) in der Studiengruppe mit pAKI im Stadium 1 beobachtet. In den Studiengruppen *pAKI im Stadium 2* und *pAKI im Stadium 3* sind 56 (7,0 %) und 200 (25,1 %) Patienten verstorben. Auch hier liegt die Vermutung nahe, dass bereits das erste Stadium einen Einfluss auf den Krankheitsverlauf hat. Dieser Sachverhalt wird durch das Benötigen einer

intensivmedizinischen Betreuung gestützt, denn bei 1.394 (21,0 %) Patienten, anders ausgedrückt bei jedem fünften Patienten auf ICU oder IMC, wurde eine pAKI im Stadium 1 detektiert. Ob die pAKI ursächlich für die Initiierung einer intensivmedizinischen Betreuung war oder die Patienten erst auf ICU oder IMC erkrankten, lässt sich aufgrund der Datenauswahl nicht mehr eruieren. Insgesamt konnte bei 1.911 (28,8 %) Patienten auf ICU oder IMC eine pAKI beobachtet werden. Die Betrachtung der Krankenhausverweildauer der Studiengruppen zeigte eine mindestens um 2,2-fach längere Behandlungsdauer im Krankenhaus von Patienten mit pAKI.

Multivariate Analysen aktueller Studien wiesen der AKI und der pAKI die Bedeutung eines unabhängigen Risikofaktors in Bezug auf das Versterben nach [1; 27; 28; 80; 137]. Dabei variiert der Einfluss abhängig vom untersuchtem Kollektiv und Wahl der Kovariaten im Modell der logistischen Regression. Machado et al. legten bei kardiochirurgischen Patienten auf ICU eindrücklich dar, dass die pAKI einen deutlichen Einfluss auf die Mortalität hat [89]. Patienten mit dem ersten Schweregrad der pAKI haben im Vergleich zu Patienten ohne pAKI ein 3,35-fach erhöhtes Risiko während des Krankenhausaufenthaltes zu versterben. Der zweite und dritte Schweregrad ist mit einem 11,94-fachen und 24,48-fachen höheren Risiko assoziiert. Auch die Überlebensrate über die Folgejahre gesehen ist deutlich reduziert [16].

In der vorliegenden Studie wurde im multivariaten Analyseverfahren das zweite (OR = 1,366) und dritte Stadium (OR = 1,793) der pAKI als möglicher Risikofaktor für das Versterben identifiziert. Diese Beobachtung verwundert nicht, denn bereits die statistischen Kennwerte im Vorfeld zeigten, dass 56 (17,8 %) von 314 Patienten mit pAKI im zweiten Stadium und 200 (34,9 %) von 573 Patienten mit pAKI im dritten Stadium verstarben. Diese These sollte allerdings in prospektiven Untersuchungen unter Berücksichtigung von weiteren möglichen Störfaktoren evaluiert werden. Die Ursache für die Unterschiede in den Ergebnissen im Vergleich zur Untersuchung von Machado et al. ist unter anderem in der Betrachtung eines deutlich risikobehafteteren Studienkollektivs zu suchen [89]. Nicht nur Patienten mit kardiochirurgischen Eingriffen, sondern auch kritisch kranke Patienten auf ICU sind deutlich mehr gefährdet, eine pAKI zu entwickeln.

5.3 Einflussfaktoren der pAKI

Durch das große Studienkollektiv konnte eine Vielzahl von Einflussfaktoren im multivariaten Verfahren hinsichtlich des Auftretens der pAKI untersucht werden. Das simultane Testen von mehreren Einflussgrößen auf eine Zielgröße ermöglicht eine wesentlich effizientere Analyse als bei univariaten statistischen Methoden.

Im perioperativen Setting nehmen präoperative Komorbiditäten, das chirurgische Prozedere und der unmittelbare postoperative Verlauf Einfluss auf die Entwicklung einer pAKI. Die betrachteten Einflussfaktoren werden in dieser Reihenfolge nachfolgend diskutiert.

5.3.1 Präoperative Risikofaktoren

Es ist vielfach untersucht, dass präoperative patientenspezifische Parameter das Risiko, eine pAKI zu entwickeln, erhöhen. Als die wichtigsten Risikofaktoren wurden dabei wiederholt ein fortgeschrittenes Alter, Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz und eine vorbestehende Nierenfunktionseinschränkung beschrieben [1; 32; 68; 72; 73; 74; 90; 135; 137]. Die Etablierung dieser Parameter zeigt die Anwendung in klinischen Scores, welche versuchen, das Risiko des Auftretens einer pAKI zu quantifizieren [3; 74; 94; 110; 132]. Dabei wird der präoperativ eingeschränkten Nierenfunktion sogar ein hoher Stellenwert in Scores beigemessen, welche die Morbidität und Mortalität nach kardiochirurgischen Eingriffen und das Risiko von kardialen Komplikationen nach nicht-kardiochirurgischen operativen Interventionen prognostizieren [60; 84; 101; 115].

Die Gewichtung der Einflussfaktoren in vorausgehenden Untersuchungen ist anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie nachvollziehbar. Eine präoperative eingeschränkte Nierenfunktion sticht auch hier mit einem OR von 4,23 gegenüber den Parametern Alter (OR = 1,016), ASA-Klasse 3 (OR = 1,487), ASA-Klasse 4 (OR = 2,168) und ASA-Klasse 5 (OR = 1,564) deutlich als Einflussfaktor für die Entwicklung einer pAKI hervor. Angelehnt an die Untersuchung von Abelha et al. wurden zur Einschätzung der präoperativen Morbidität nicht die einzelnen Diagnosen entschlüsselt, sondern es wurde die ASA-Klassifikation herangezogen, welche einen Überblick über den körperlichen Gesamtzustand eines Patienten gibt [1; 2]. Anhand statistischer Kennzahlen bei der univariaten Betrachtung hätte man annehmen können, dass die Zuordnung zur ASA-Klasse 4 und 5 einen ebenso großen Einfluss auf die Entwicklung einer pAKI hat. Es zeigte sich, dass 661 (46,0 %) von 1.437 Patienten, welche als ASA 4 eingestuft

wurden, und 30 (36,1 %) von 83 Patienten, welche als ASA 5 eingestuft wurden, eine pAKI entwickelten. 1.868 (39,4 %) von 4.745 Patienten mit einer präoperativen Nierenfunktionseinschränkung entwickelten im stationären Verlauf eine pAKI. Es existieren jedoch aktuell kontroverse Diskussionen bezüglich des kausalen Zusammenhanges von chronischer und akuter Nierenschädigung und kontrollierte randomisierte Studien über den Krankenhausaufenthalt hinausgehend fehlen [26; 112].

Auch in Hinblick auf den Einfluss des Geschlechts gehen die Meinungen in der Literatur auseinander. Thakar und Machado et al. konnten bei Untersuchungen eines kardiochirurgischen Kollektivs das weibliche Geschlecht als Risikofaktor herausstellen, wohingegen bei Eingriffen in der Allgemein Chirurgie das männliche Geschlecht als Risikofaktor interpretiert wurde [74; 89; 132; 137]. In der vorliegenden Studie konnte im multivariaten Testen keinem Geschlecht ein Einfluss auf die Entwicklung einer pAKI nachgewiesen werden.

5.3.2 Intraoperative Risikofaktoren

Das chirurgische Prozedere und begleitende intraoperative Faktoren können eine pAKI begünstigen. Schon anhand der Häufigkeit des Auftretens abhängig von der Fachabteilung ist zu vermuten, dass es Eingriffe gibt, welche deutlich risikobehafteter sind als andere. Es ist beschrieben, dass Eingriffe am Herzen mit einem deutlichen höheren Inzidenz der pAKI und somit schlechterem Outcome verbunden sind [130]. Diese Tatsache ist nicht nur anhand logischer Überlegungen aufgrund des allgemeinen Risikos von Herzeingriffen nachvollziehbar. Es gibt ebenfalls Belege, dass herzchirurgische Patienten zum einen häufiger multimorbide sind und zum anderen Erkrankungen der Herzgefäße auch in 30 % mit Nierengefäßerkrankungen assoziiert sind [24]. Die vorliegende Untersuchung hat in dieser Hinsicht keine neuen Erkenntnisse ergeben. Eingriffe der Herz- und Thoraxchirurgie scheinen gegenüber Patienten mit Eingriffen in der Unfallchirurgie und Orthopädie mit einem knapp 1,5-fach (OR = 1,496) höheren Risiko assoziiert zu sein, eine pAKI zu entwickeln. Auch univariat zeigte sich, dass 1.256 (35,9 %) von 3.496 Patienten, also jeder 3. Patient in der Herz- und Thoraxchirurgie, eine pAKI entwickelte. Bei der Betrachtung eines rein herzchirurgischen Kollektivs wäre dieses Risiko vermutlich etwas höher.

Auffallend ist jedoch, dass Operationen der Abteilungen Allgemein- und Gefäßchirurgie (OR = 1,722), Gynäkologie (OR = 1,643) und Urologie (OR = 1,822) in dieser

Untersuchung mit einem höheren Risiko behaftet zu sein scheinen, eine pAKI zu erleiden als Eingriffe in der Herz- und Thoraxchirurgie. Bei alleiniger Betrachtung der absoluten und relativen Häufigkeiten der Erkrankten innerhalb der Fachabteilungen im Vorfeld, wäre man nicht zu dieser Annahme gekommen. Sicherlich gelten intraperitoneale Eingriffe und auch das intraabdominelle Kompartmentsyndrom als Risikofaktoren für die Entwicklung einer pAKI [1; 73; 74; 117]. Auch sind bestimmte Eingriffe, wie Lebertransplantationen oder die Adipositaschirurgie, stärker mit dem Auftreten der pAKI assoziiert [22; 92; 105; 134; 143]. Die Prostatachirurgie ist nicht nur aufgrund des Alters der interventionsbedürftigen Patienten, sondern auch durch die gehäufte Koexistenz von Harnabflussstörungen und chronischen Nierenerkrankungen gehäuft mit der pAKI verbunden [33]. Es ist jedoch fraglich, ob der Anteil von chirurgischen Eingriffen dieser Art in den Fachabteilungen den Anstieg des Risikos auf dieses Niveau begründen kann. Um diesen Sachverhalt zu eruieren, müsste in zukünftigen Untersuchungen eine Aufgliederung nach chirurgischen Interventionen innerhalb der Fachabteilungen erfolgen.

Ein OR von 1,387 bei Eingriffen in der Radiologie und Nuklearmedizin verwundert nicht, denn vielfach wird zur Darstellung von Strukturen Kontrastmittel verwendet, welches ein Risikofaktor für die toxisch assoziierte AKI darstellt [47; 75]. Bei Patienten der primär nicht operativen Fächer Pädiatrie, Innere Medizin, Neurologie und Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin waren die Fallzahlen sehr gering, sodass hier eine Zusammenfassung vorgenommen wurde. Bei einem OR von 1,521 könnte die Aufschlüsselung der Eingriffe nach Fachabteilung für zukünftige Untersuchungen Sinn machen.

Des Weiteren wurde beobachtet, dass Not- und Soforteingriffe (OR= 1,228) und die Schnittnahtzeit (OR = 1,308, Einheit: Stunden) das Risiko beeinflussen. Die Erkenntnisse bezüglich des Einflusses der Dringlichkeit sind nicht neu und bisher zahlreich untersucht [73; 74]. Der Einfluss der Operationsdauer auf die pAKI ist im Zusammenhang mit herzchirurgischen Eingriffen ebenfalls untersucht worden [32; 135]. Jedoch stellt dort vor allem die Zeit, in welcher der Patient an die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen werden muss, die Operateure vor Herausforderungen [89]. Glassmann et al. legte 2007 anhand von Fallberichten dar, dass eine Operationsdauer über vier Stunden mit einer Rhabdomyolyse einhergeht und somit auch das Risiko einer pAKI erhöht [51]. Es liegen zwar Hinweise bezüglich des Einflusses der

Operationsdauer auf die pAKI während nicht-kardiochirurgischer Eingriffe vor, jedoch fehlen hier prospektive randomisierte Studien, um klare Aussagen bezüglich dieses Sachverhaltes zu treffen.

In der vorliegenden Studie wurden ebenfalls anästhesiologische Einflussfaktoren untersucht. Dabei kann bei den Parametern *RSI* (OR = 1,263), *thorakale* (OR = 2,6) und *lumbale EDA* (OR = 2,211) ein mögliches Risikopotential vermutet werden. Die *RSI* ist ein Verfahren, welches überwiegend bei nicht nüchternen Patienten Anwendung findet, um die mögliche Aspirationsgefahr zu minimieren. Diese Assoziation ist somit durch den großen Anteil von Not- und Soforteingriffen erklärbar. Bei univariater Betrachtung der zwei anderen Parameter konnte bei 95 (17,8 %) von 533 Patienten mit lumbaler EDA und 151 (34,2 %) von 441 Patienten mit thorakaler EDA eine pAKI detektiert werden. Der Zusammenhang der EDA mit dem Auftreten der pAKI ist in diesem Ausmaß unerwartet und zunächst anhand sachlogischer Überlegungen nicht sofort offensichtlich. Sicherlich ist die EDA größeren operativen Eingriffen vorbehalten und somit eher bei risikobehafteteren chirurgischen Prozeduren anzutreffen. Interessanterweise kam eine kürzlich publizierte Studie von Kambakamba et al. zu ähnlichen Ergebnissen [71]. Dort wurde gezeigt, dass die Inzidenz der pAKI signifikant höher in der Studiengruppe mit thorakaler EDA war und diese somit hinsichtlich großer Eingriffe an der Leber als Risikofaktor gewertet werden konnte. Als Ursache wird statuiert, dass die Beeinflussung der Nierendurchblutung über die Kompensationsfähigkeit der Autoregulation erfolgt. Dieser Umstand wird provoziert durch die additiven Effekte einer Flüssigkeitsrestriktion, eines niedrigen Druckes im zentralvenösen System und einer EDA-induzierten Hypotension [71]. Ein reduzierter zentralvenöser Druck ist bei Resektionen im Parenchym der Leber gewünscht, um die Blutungsgefahr zu senken. Diese Untersuchung steht im Widerspruch vorausgehender Studien. Denn dort wurden der EDA vielfach entweder kein Einfluss auf größere medizinische Komplikationen oder sogar günstige Effekte auf das Outcome mit Reduzierung der Dialyserate in der Herzchirurgie nachgewiesen [64; 100; 126; 128]. Die vorliegende Studie hat sich nicht nur auf leberchirurgische Eingriffe beschränkt und lässt auch eine Assoziation der thorakalen und lumbalen EDA mit der pAKI vermuten. Es sollten zukünftig weitere Untersuchungen angeschlossen werden, um diesen Zusammenhang genauer zu beleuchten.

5.3.3 Postoperative Risikofaktoren

In der vorliegenden Studie ging als postoperativer Parameter die Notwendigkeit einer maschinellen Beatmung in die multivariate Analyse ein. Das OR von 5,412 lässt vermuten, dass die maschinelle Beatmung die Entwicklung einer pAKI begünstigt. Diese These unterstreicht die aktuelle Studienlage. Neben weiteren Komplikationen, wie beispielsweise Sepsis, Organversagen nicht renaler Genese, Hypovolämie oder Rhabdomyolyse, nimmt die maschinelle Beatmung im unmittelbaren postoperativen Verlauf großen Einfluss auf das Risiko [15; 25; 137; 139]. Jedoch ist die Assoziation zwischen der pAKI und einer mechanischen Beatmung nicht nur einseitig, denn die pAKI nimmt auch einen Stellenwert bei der Entstehung von respiratorischen Komplikationen ein [44]. Für die Evaluation, welche postoperative Komplikation zeitlich zuerst stattfand und wie sie sich gegenseitig beeinflussen, müssten weitere Studien angeschlossen werden.

5.4 Ressourcenverbrauch

Es ist bereits durch längere Krankenhausverweildauern und das erhöhte Risiko, eine intensivmedizinische Betreuung zu benötigen, zu vermuten, dass Patienten mit pAKI einen Mehrverbrauch an materiellen und personellen Ressourcen bedeuten. Die Betrachtung der gewählten postoperativen Parameter zur Abbildung des Ressourcenverbrauchs auf ICU oder IMC legten ebenfalls nahe, dass die pAKI mit einem Mehraufwand assoziiert ist. Der Median der Verweildauern auf ICU oder IMC ist in der Studiengruppe mit pAKI Stadium 1 im Gegensatz zur gesunden Studiengruppe um das 2,5-fache höher. Im Stadium 2 und 3 der pAKI ist der Median um das 3- und 4,9-fache höher. Jedoch wird an den Quartilen deutlich, dass die Verweildauer innerhalb der Gruppen enorm schwankt. Patienten des Studienkollektivs benötigten mit steigender Krankheitsschwere häufiger und länger eine postoperative maschinelle Beatmung auf ICU oder IMC. Der SAPS II-Score zeigte höhere Punktwerte bei den Studiengruppen mit pAKI. Auch dieser Aspekt verwundert nicht, denn in diesen Score fließt die Beurteilung der Nierenfunktion durch die Parameter *Urinausscheidung* und *Harnstoff im Serum* mit ein [83].

Ein erhöhter Ressourcenverbrauch, verursacht durch die pAKI, ist somit zu vermuten und sollte in Folgestudien weitgehender untersucht werden, denn gerade die Intensivstation stellt durch den hohen technischen und personellen Aufwand den

kostenintensivsten Sektor einer Klinik dar [37; 41; 91; 99; 109]. Jedoch ist dabei zu bedenken, dass die pAKI nicht allein ursächlich für einen schweren postoperativen Verlauf sein muss, sondern auch nur Bestandteil eines anders induzierten schweren Krankheitsverlaufes sein kann. Häufig ist die AKI und pAKI mit anderen Organdysfunktionen und Störungen im Basen-, Elektrolyt und Flüssigkeitshaushalt assoziiert, welche wiederum ebenfalls negativen Einfluss auf die Mobilität, Infektionsrate und Wundheilung haben [44; 48; 104; 108; 138]. Somit ist oftmals nicht nur die pAKI allein, sondern die Zusammenstellung und gegenseitige Beeinflussung von postoperativen Komplikationen und Komorbiditäten die Ursache einer Betreuung auf ICU oder IMC. Die begleitenden Faktoren wurden in dieser retrospektiven Untersuchung nicht separat betrachtet und sind bei der Interpretation der Ergebnisse zu bedenken.

Die aktuelle Studienlage macht ebenfalls deutlich, dass der Ressourcenverbrauch, welcher mit der pAKI einhergeht, durch den perioperativen Prozess allein nicht abgebildet werden kann. Es ist beschrieben, dass nach Überleben einer dialysepflichtigen AKI ein erhöhtes Risiko besteht, eine chronische Nierenfunktionseinschränkung zu entwickeln [76]. Auch die Rate von erneuten Krankenhausaufenthalten ist höher und kardiovaskuläre Ereignisse sind ebenfalls mit einer vorausgehenden schweren AKI assoziiert [59; 81]. Eine 2013 publizierte Studie von Harel et al. zeigte eine verbesserte Überlebensrate durch eine anschließende nephrologische Nachbetreuung [54].

5.5 Abbildung im G-DRG-System

5.5.1 Erlöse

Studien in den USA, Großbritannien und Belgien haben den ökonomischen Aspekt der AKI und pAKI im Gesundheitswesen bereits untersucht. Chertow et al. konnten dabei einen Anstieg der Krankenhauskosten um 7.500 Dollar bei einem Anstieg des Serumkreatinins um 0,5 mg/dl darlegen [27]. Studien in den USA, Belgien und in England zeigten ebenfalls, dass die AKI, klassifiziert nach den RIFLE-Kriterien oder der AKIN-Klassifikation, mit erhöhtem Ressourcenverbrauch und Kosten einhergeht [23; 35; 46; 79; 140]. Die Kosten stellen vor allem bei der Notwendigkeit einer Nierenersatztherapie eine Herausforderung für die wirtschaftliche Tragbarkeit im Gesundheitswesen dar [9; 34; 65]. Die Tendenz dieser Erhebungen ist auch in

Deutschland zu erwarten, jedoch sind diese Zahlen durch die unterschiedliche Strukturierung und Finanzierung der Gesundheitssysteme nicht übertragbar. Obwohl auch in England, Belgien und den USA ein DRG-System Anwendung findet, ist die Aufgabe und Nutzung nicht mit dem deutschen G-DRG-System vergleichbar, welches zum Fallpauschalen-System zur Vergütung einzelner Krankenhausfälle weiterentwickelt wurde.

Anhand der G-DRG-Erlöse in der vorliegenden Studie wurde deutlich, dass die Studiengruppen mit pAKI die Krankenkassen in Deutschland mehr kosten. In der Studiengruppe ohne pAKI liegt der Median der Erlöse bei 3.474 Euro. In den Studiengruppen mit pAKI sind die Mediane bei 12.697 Euro, 16.654 Euro und 23.781 Euro. Der CMI der Studiengruppen zeigt, dass in den Studiengruppen mit pAKI auch die durchschnittliche Fallschwere beträchtlich höher ist. Dies sind jedoch nur einfache Korrelationen und es wäre sinnvoll, in einer Folgestudie einen Zusammenhang genauer mit Hilfe einer Vergleichsmethode, beispielsweise Matched Pairs, zu untersuchen.

Theoretisch kann die pAKI als kodierte Nebendiagnose Einfluss auf die G-DRG des Patientenfalles nehmen. Komplikationen und Komorbiditäten (CCs) können eine Behandlung erschweren und verteuern. Diese Erkenntnis wurde im G-DRG-System berücksichtigt [61]. Die vierte Stelle des G-DRG-Codes differenziert die Basis-DRG (zweite und dritte Stelle des G-DRG-Codes) hinsichtlich des Ressourcenverbrauchs. Der Ressourcenverbrauch wird durch Diagnosen, Prozeduren, den Entlassungsgrund, das Alter und den patientenbezogenen Gesamtschweregrad (engl. Patient Clinical Complexity Level, PCCL) bestimmt. Der PCCL wird durch die Schweregrade der einzelnen Diagnosen beeinflusst und kann dabei selbst vier Schweregrade annehmen. Falls die pAKI als Nebendiagnose nach ICD-10-GM kodiert ist, kann sie durch den zugewiesenen Schweregrad maßgeblich den PCCL mitbestimmen und als ein Bestandteil den Ressourcenverbrauch und somit die G-DRG beeinflussen. Jedoch muss man bedenken, dass viele Rädchen ineinander greifen, um die G-DRG zu erzeugen und kein direkter Einfluss von Nebendiagnosen abgeleitet werden kann.

Wie bereits im Kapitel 5.4 erwähnt, können der Mehraufwand von Ressourcen und die höheren Kosten nicht allein der pAKI zugeschrieben werden, da die begleitenden CCs nicht erfasst wurden. Die Vergütung anhand der G-DRG-Fallpauschalen soll die tatsächlichen Kosten und Leistungen eines Patientenfalles decken, spiegelt aber nicht den realen Ressourcenverbrauch wieder. Für die Untersuchung einer kostendeckenden

Arbeitsweise des Hauses wäre es notwendig, die Erlöse und die tatsächlichen Kosten gegenüberzustellen.

5.5.2 Kodierung der pAKI

Definitionsgemäß konnte nach ICD-10-GM bis einschließlich 2014 nur das manifeste akute Nierenversagen, diagnostiziert mit Hilfe eines positiven Histologiebefundes, kodiert werden [39]. Weil in der klinischen Routine jedoch selten Gewebeproben zur Diagnostik vorliegen, verweisen die Kodierempfehlungen auf die Nutzung der international anerkannten Klassifikationssysteme unter Anwendung des dritten Schweregrades [93]. Dazu zählen die RIFLE-Kriterien, die AKIN-Klassifikation und die 2012 publizierte KDIGO-Leitlinie [8; 75; 95]. Das dritte Stadium der jeweiligen Klassifikation konnte somit als *Akutes Nierenversagen* nach ICD-10-GM kodiert werden. Die ersten beiden Schweregrade wurden als drohendes Nierenversagen verstanden und wurden nicht kodiert. Somit haben die ersten beiden Schweregrade auch keinen Einfluss auf die G-DRG und somit die Vergütung. Erst seit 2015 findet eine stadiengerechte Kodierung gemäß der KDIGO-Leitlinie im ICD-10-GM-Katalog und den DKR Berücksichtigung [38; 39].

In dieser Studie wurde bei 478 Patienten ein akutes Nierenversagen kodiert. Die kodierten Fälle verteilen sich zu 32,6 % auf die Studiengruppe ohne pAKI, zu 25,5 % auf die Studiengruppe mit pAKI im Stadium 1, zu 6,9 % auf die Studiengruppe mit pAKI im Stadium 2 und zu 34,9 % auf die Studiengruppe mit pAKI im Stadium 3. Nun unterliegt es jedoch den klinisch tätigen Ärzten, welche Kriterien für die Diagnosestellung herangezogen werden. Diesbezüglich herrscht große Heterogenität zwischen Krankenhäusern und zwischen den tätigen Ärzten. Dieser Aspekt wurde 2012 in Spanien untersucht und zeigte eindrücklich, dass auf intensivmedizinischen Stationen in nur 39,1 % der Fälle die Klassifikationen nach RIFLE und AKIN Anwendung fanden [58]. In der vorliegenden Studie fallen 167 kodierte Fälle (34,9 %) auf das durch uns ermittelte Stadium 3 der pAKI, sodass davon auszugehen ist, dass nicht oder zumindest nicht ausschließlich die AKIN-Klassifikation für die Diagnose herangezogen wurde. Welche Kriterien für die Diagnose und Kodierung benutzt worden sind, lässt sich zum einen durch das retrospektive Studiendesign und zum anderen durch die Beteiligung von zahlreichen Ärzten unterschiedlicher Fachabteilungen an der Kodierung nicht

eruierten. Eine Aussage über eine schlechte Dokumentations- und Kodierqualität ist somit nur begrenzt möglich.

Die eingangs gestellte Frage, ob die automatisch detektierte pAKI mit den kodierten Nebendiagnosen korreliert, ist mit nein zu beantworten. Zum einen liegt es an der fehlenden Abbildung der Schweregrade in der ICD-10-GM bis 2014 und zum anderen an der Anwendung unterschiedlicher Kriterien zur Definition der pAKI. Inwieweit das Kriterium der Harnausscheidung bei Patienten, welche nach ICD-10-GM als akut niereninsuffizient kodiert und in dieser Studie den Studiengruppen Stadium 1 und 2 der pAKI zugeordnet wurden, eine Rolle spielt, lässt sich nicht eruieren. Dieser Sachverhalt sollte nach Einführen der Schweregrade in die ICD-10-GM erneut untersucht werden und könnte Rückschlüsse auf die Dokumentationsqualität zulassen.

5.6 Diskussion der Methodik

5.6.1 Können Routinedaten aus der Krankenhaus-IT zum Erkennen einer pAKI genutzt werden?

Die AKIN-Klassifikation sieht eine Einschätzung der Schwere der pAKI durch die Beurteilung von drei klinischen Aspekten vor – die dynamische Veränderung des Serumkreatinins, die verminderte Urinausscheidung und das Stattfinden einer Nierenersatztherapie.

Durch die Anbindung des Laborinformationssystems an das AIMS und PDMS konnten die Laborwerte zugehörig zum Patientenfall ermittelt und mit Hilfe des Zeitstempels die dynamischen Veränderungen detektiert werden.

Durch die einheitliche Dokumentation und Kodierung einer Nierenersatztherapie nach Vorgaben des OPS [40] war es ebenfalls möglich, für das untersuchte Kollektiv dieses Kriterium zu extrahieren.

Die Harnausscheidung wurde jedoch nur zuverlässig bei Patienten auf ICU oder IMC dokumentiert. Obwohl die aktuelle Studienlage und Empfehlungen der europäischen Expertengruppe European Renal Best Practice (ERBP) darauf hinweisen, dass mit Vernachlässigung dieses Kriteriums die AKI unterklassifiziert wird, wurde hier diese Strategie dennoch verfolgt, um ein größeres Kollektiv untersuchen zu können [5; 47; 67]. Sicherlich ist eine stündliche Messung der Urinausscheidung durch den höheren Pflegeschlüssel auf ICU oder IMC oder mit Hilfe eines Harnblasenkatheters besser

umzusetzen. Jedoch demonstrieren Studien, dass es ausreicht, die Urinausscheidung innerhalb eines 6- oder 8-Stunden-Intervalls zu erheben, um nach der AKIN-Klassifikation eine reduzierte Diurese zu detektieren [47; 67; 88]. Die schichtweise Messung wäre somit auch auf Normalstation umsetzbar, jedoch ist dieses Vorgehen in der klinischen Routine nicht verbreitet.

Eine weitere Limitation ist in der fehlenden Einschätzung der klinischen Situation des Patienten durch das retrospektive Studiendesign zu sehen. Ein geringer Anteil der Patienten könnte als falsch positiv klassifiziert worden sein, nämlich dann, wenn ein Kreatininanstieg aus anderweitigen Gründen aufgetreten ist. Die klinische Abgrenzung von einem beispielsweise durch Exsikkose bedingten Anstieg der Retentionsparameter ist nachträglich nicht mehr möglich.

Zusammenfassend ist es durchaus möglich, mit Hilfe von Routinedaten eine pAKI zu detektieren. Die Fehlerquelle einer Unterklassifikation kann durch die Berücksichtigung der Harnausscheidung gesenkt werden. Auch in Anbetracht des schlechteren Outcomes der Patienten mit pAKI und einer effektiveren Ressourcennutzung wäre es sinnvoll, eine Methode zur einfachen schichtweisen Messung der Harnausscheidung auch auf Normalstation im eigenen Haus zu etablieren. Eine Überklassifikation kann durch eine zeitnahe klinische Evaluierung durch einen behandelnden Arzt gewährleistet werden.

5.6.2 Studiendesign

Ein explorativer Ansatz ist vor allem bei großen Datenmengen praktikabel, um unbekannte Strukturen aufzuspüren und zusammenfassend darzustellen. Ziel dabei ist es, datengesteuert neue Hypothesen zu generieren, welche im weiteren Prozess durch die beurteilende Statistik hypothesengesteuert geprüft werden [119]. Diese Schrittfolge fand bereits in der Abteilung Anästhesiologie in Gießen Anwendung und belegt den Nutzen explorativer Studien [10; 55].

Eine retrospektive Analyse bringt immer den Nachteil mit sich, dass unvollständige Datensätze nicht nacherfasst und somit vervollständigt werden können. Es muss somit immer ein strategischer Umgang mit fehlenden oder unplausiblen Daten erfolgen und diese Strategie ist auch bei der Interpretation zu berücksichtigen.

Retrospektive explorative Datenbankauswertungen können natürlich nicht prospektive randomisierte Studien ersetzen. Sie stellen aber ein sinnvolles Mittel dar, neue Hypothesen aufzustellen und Einflussfaktoren zu erfassen, welche anschließend für die

Modellentwicklung und Durchführung von sowohl retrospektiven als auch prospektiven Studien von Nutzen sind.

5.6.3 Datenmanagement und Datenqualität

Die verwendeten Parameter zur Beschreibung der Fragestellung repräsentieren nur eine begrenzte Auswahl der zur Verfügung stehenden Daten aus dem Datenpool. Mit Hilfe von Methoden des Data Mining wurde nach der Datenextraktion und Aufbereitung ein Modell entwickelt, wie die Daten einzuordnen und zu behandeln sind, um auf mögliche Zusammenhänge und Muster zu schließen, ohne das Datenmodell unüberschaubar zu machen. Gerade in Zeiten, in denen ökonomische Aspekte im Krankenhaus einen immer größeren Stellenwert einnehmen, ist es nicht sinnvoll, Datensammlungen nur aus der Dokumentationspflicht heraus zu generieren. Diese sollten auch für administrative, statistische und wissenschaftliche Zwecke genutzt werden. Data Mining und Data Warehousing gewinnen als methodische Instrumente immer mehr an Bedeutung und sollten nicht als Konkurrenz, sondern als Baustein des wissenschaftlichen Arbeitens im Zusammenhang mit prospektiven Untersuchungen und Meta-Analysen gesehen werden. Es ist vielfach beschrieben, dass sich mit Hilfe dieser Technik wiederholbare Analysemethoden entwickelt haben und diese erfolgreich im Gesundheitswesen zur Verbesserung von klinischen und administrativen Entscheidungen eingesetzt werden. Zukünftig könnte auch die computergestützte Detektion von gefährdeten Patienten oder von einer bereits manifesten pAKI für das behandelnde Team eine Hilfe sein. [29; 78; 103; 118; 127; 141]

Der Großteil der extrahierten Daten ist Bestandteil des KDSA Version 3.0 und des Kerndatensatzes Intensivmedizin Stand 2010 [57; 123]. Der überwiegende Teil der betrachteten Parameter zeigt keine Missings und folglich kann eine gute Dokumentationsqualität angenommen werden. Unvollständige Datensätze sind dennoch vorhanden und durch die Parameter *BMI* (Missings: 35, 0,1 %), *Mortalität* (Missings: 1.556, 4,8 %), *Schnitt-Naht-Zeit* (Missings: 448, 1,4 %), *SAPS II-Score* (Missings: 1.847 von 6.629 Patienten auf ICU/IMC, 27,9 %) und *Erlös* (Missings: 3.567, 11,1 %) begründet. Die Missings verteilen sich jedoch gleichmäßig auf die Studiengruppen, sodass auch in Anbetracht der Kollektivgröße verzerrende Effekte nicht angenommen werden. Die Dokumentation des SAPS II-Scores während einer intensivmedizinischen Betreuung zählt zwar auch zu den Pflichteingaben, jedoch ist hier zu berücksichtigen,

dass dieser erst bei Patienten mit einer Verweildauer über 24 Stunden auf ICU erhoben wird.

Durch regelmäßige standardisierte Qualitätskontrollen im Zentrallabor des Klinikums ist von einer Analytik mit ausreichender Analysequalität auszugehen. Darauf stützt sich unter anderem die Ermittlung der Patienten mit pAKI nach der AKIN-Klassifikation [95].

Die durch die Angaben über Episodenbeginn und -ende errechnete *Krankenhausverweildauer* könnte von der Verweildauer, welche für die Übermittlung der Leistungsdaten an die Datenstelle nach §21 des KHEntgG ermittelt wurde, abweichen. Dieser Problematik sollte in anschließenden Studien durch eine Gegenüberstellung beider Parameter Abhilfe geschaffen werden. Ebenso verhält es sich mit dem Parameter *Verweildauer auf ICU oder IMC*.

6 Schlussfolgerung

Die Nutzung eines Berechnungsprogramms zur Detektion und Klassifikation der pAKI sollte nicht nur ein Verfahren für retrospektive Analysen sein. Vielmehr ist das Potential darin zu sehen, ein Programmmodul in das vorliegende PDMS zu integrieren, welches zeitnah dem behandelnden Team vermittelt, dass sich die Nierenfunktion verschlechtert. Ein Krankenhaus in England hat dies bereits etabliert und sogar mit einem krankenhausinternen Handlungsalgorithmus verknüpft [124]. Dies ermöglicht nicht nur eine frühzeitige Diagnosestellung und Therapie und kann damit das Outcome verbessern, sondern dient auch wissenschaftlichen Zwecken, nämlich den Erkenntnisgewinn über die pAKI voranzutreiben [125].

Nicht nur das dialysepflichtige akute Nierenversagen, sondern bereits das erste Stadium der pAKI ist mit einem schlechteren Outcome und einem höheren Ressourcenverbrauch verbunden. Auch in ökonomischer Hinsicht stellt die pAKI eine Herausforderung für das deutsche Gesundheitssystem dar. Umso wichtiger ist es, gefährdete Patienten zu erkennen und Prävention von chirurgischer und anästhesiologischer Seite zu betreiben.

Die ermittelten Risikofaktoren in dieser Arbeit geben größtenteils die aktuelle Studienlage wieder. Neben patientenspezifischen Konstellationen wie Alter, körperlicher Zustand und präoperativ eingeschränkter Nierenfunktion, stellen sowohl Eingriffe bestimmter Fachabteilungen, als auch die Dauer des operativen Eingriffes und eine postoperative maschinelle Beatmung ein höheres Risiko für die Entwicklung einer pAKI dar. Auffällig ist dabei nur, dass das Risiko von Patienten mit Eingriffen der Fachabteilungen Allgemein- und Gefäßchirurgie, Gynäkologie und Urologie jenes von herz- und thoraxchirurgischen Patienten übersteigt. Es lohnt sich hier, detailliertere Aufschlüsselungen der Eingriffe in zukünftigen Untersuchungen vorzunehmen, um risikobehaftetere Eingriffe innerhalb der Fachabteilungen zu eruieren. An anästhesiologischen Einflussfaktoren, welche die Entwicklung einer pAKI begünstigen, sind unerwartet die thorakale und lumbale EDA aufgefallen. Dieser Aspekt ist bisher nur bei Patienten, welche sich großen Lebereingriffen unterziehen mussten, beschrieben [71]. Aufgrund des Studiendesigns kann nicht auf eine Ursachen-Wirkungsbeziehung geschlossen werden. Es sind auch hier weitere Studien zur Evaluierung eines möglichen kausalen Zusammenhangs notwendig.

Durch die Anpassung der Kodierung der pAKI in der ICD-10-GM bleibt es abzuwarten, ob diese Veränderung die einheitliche Anwendung eines Klassifikationssystems zur Definition der pAKI in deutschen Krankenhäusern vorantreibt. Durch die Berücksichtigung der Schwere der pAKI in der ICD-10-GM ab 2015 ist es in zukünftigen Studien auch möglich die Kodierqualität zu untersuchen.

7 Zusammenfassung

Postoperative Komplikationen stellen ein großes Spektrum an Problemen im klinischen Alltag dar und erhöhen Versorgungsaufwand und -kosten der Patienten. In dieser Dissertation sollen das Outcome, der Ressourcenverbrauch und die Erlöse von Patienten mit einer postoperativen akuten Nierenschädigung betrachtet werden. Um gefährdete Patienten besser zu erkennen, wurde eine Untersuchung von Einflussfaktoren der akuten Nierenschädigung angeschlossen.

Bei 10 % der Patienten des gemischt-chirurgischen Kollektivs wurde eine postoperative akute Nierenschädigung detektiert. Bereits mit Vorliegen des ersten Schweregrades waren ein schlechteres Outcome und ein höherer Ressourcenverbrauch zu verzeichnen. Diese Aspekte spiegelten sich ebenfalls in wirtschaftlicher Hinsicht wieder. Das Auftreten einer postoperativen akuten Nierenschädigung verursachte erheblich mehr Kosten für das deutsche Gesundheitssystem.

Als Risikofaktoren konnten patientenspezifische Parameter (Alter, ASA-Klasse, präoperativ eingeschränkter Nierenfunktion), chirurgische Parameter (Not-/Soforteingriff, Eingriffe der Abteilungen: Herz- und Thoraxchirurgie, Allgemein- und Gefäßchirurgie, Gynäkologie, Urologie, Radiologie und Nuklearmedizin, Schnitt-Naht-Zeit) und anästhesiologische Parameter (Ileuseinleitung, lumbale und thorakale Epiduralanästhesie, Hypothermie, postoperative maschinelle Beatmung) identifiziert werden.

Häufigkeit und Auswirkungen der postoperativen akuten Nierenschädigung sollten auf chirurgischer und anästhesiologischer Seite Anreize bieten, Risikofaktoren zu kennen und präventive Maßnahmen durchzuführen. Eine elektronisch gestützte Detektion der akuten Nierenschädigung bietet Möglichkeiten einer frühen Diagnosestellung im Krankenhaus.

8 Summary

In clinics everyday life postoperative complications cause a broad range of problems in patients care and augment efforts and costs of treatment. This report intent to outline patients outcome, the consumption of resources and the revenue of patients with postoperative acute renal injury. An analysis of influence factors of postoperative acute renal failure was included to detect endangered patients.

About ten per cent of the analyzed surgical patients were affected by a postoperative acute renal failure. Already patients with the first degree of severity of renal failure had a declined outcome and a higher consumption of resources. Economic analyses showed an importantly increased amount of cost for the German Health System by patients with postoperative acute renal failure.

Identified risk factors were patient specific parameters (age, ASA Physical Status Classification, preoperative impaired renal function), surgical parameters (emergency operations, cardiac or thoracic operations, general or vascular surgery, gynecology, urology, radiology and nuclear medicine, duration of operation) and anesthesiological parameters (rapid sequence induction, lumbar and thoracic epidural anesthesia, hypothermia, postoperative mechanic ventilation).

Prevalence and implications of postoperative acute renal failure should give reason to surgeons and anesthesiologists to know about risk factors and to undertake preventive measures. For early diagnosis in clinics an electronic based detection of acute renal failure could be useful.

9 Literaturverzeichnis

1. Abelha F, Botelho M, Fernandes V, Barros H. Determinants of postoperative acute kidney injury. *Critical Care*; 2009; 3: 79 ff.
2. American Society of Anesthesiologists (ASA). New classification of physical status. *Anesthesiology*; 1963; 24: 111–114.
3. Aronson S, Fontes ML, Miao Y, Mangano DT. Risk index for perioperative renal dysfunction/failure: critical dependence on pulse pressure hypertension. *Circulation*; 2007; 6: 733–742.
4. Backhaus K, Erichson B, Plinke W, Weiber R. *Multivariate Analysemethoden*. Springer Verlag, Heidelberg (2011).
5. Bagshaw SM, George C, Dinu I, Bellomo R. A multi-centre evaluation of the RIFLE criteria for early acute kidney injury in critically ill patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*; 2007; 4: 1203–1210.
6. Bagshaw SM, Uchino S, Cruz D, Bellomo R, Morimatsu H, Morgera S, Schetz M, Tan I, Bouman C, Macedo E, Gibney N, Tolwani A, Oudemans-van Straaten HM, Ronco C, Kellum JA. A comparison of observed versus estimated baseline creatinine for determination of RIFLE class in patients with acute kidney injury. *Nephrology Dialysis Transplantation*; 2009; 9: 2739–2744.
7. Bastin AJ, Ostermann M, Slack AJ, Diller G, Finney SJ, Evans TW. Acute kidney injury after cardiac surgery according to Risk/Injury/Failure/Loss/End-stage, Acute Kidney Injury Network, and Kidney Disease: Improving Global Outcomes classifications. *Journal of critical care*; 2013; 4: 389–396.
8. Bellomo R, Ronco C, Kellum J, Mehta R, Palevsky P. Acute renal failure - definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Critical care (London, England)*; 2004; 4: 204–212.
9. Bellomo R, Schneider AG. The real cost of conventional hemodialysis in critically ill patients. *Critical care medicine*; 2014; 4: 990–991.
10. Benson M, Hartmann B, Junger A, Dietrich G, Böttger S, Hempelmann G. Causes of Higher Blood Loss during General Anesthesia Compared to Spinal Anesthesia in Total Hip Replacement – a Retrospective Analysis of Data Collected Online. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*; 2000; 6: 311–316.
11. Benson M, Junger A, Quinzio L, Jost A, Hempelmann G. Statistiken und Auswertungen mit einer grafischen SQL-Oberfläche im Rahmen eines Anästhesie-Informationen-Management-Systems (AIMS). *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*; 1999; 1: 24–32.
12. Benson M, Junger A, Quinzio L, Michel A, Fuchs C, Sciuk G, Marquardt K, Hempelmann G. Online-Dokumentation in der Anästhesie und Intensivmedizin In: Jäckel, A. *Telemedizinführer Deutschland*. Medizin Forum AG, Bad Nauheim 2000.
13. Benson M, Junger A, Quinzio L, Michel A, Sciuk G, Fuchs C, Marquardt K, Hempelmann G. Data processing at the anesthesia workstation: from data entry to data presentation. *Methods of information in medicine*; 2000; 4-5: 319–324.

14. Benson M, Junger A, Quinzio L, Michel A, Sciuk G, Fuchs C, Marquardt K, Hempelmann G. Von der Datenerfassung zur Ergebnispräsentation am klinischen Arbeitsplatz - Erfahrungen mit einem Anästhesie-Informationen-Management-System (AIMS). *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung*; 2000; 8: 613–620.
15. Berisa F, Beaman M, Adu D, McGonigle RJ, Michael J, Downing R, Fielding JW, Dunn J. Prognostic factors in acute renal failure following aortic aneurysm surgery. *The Quarterly journal of medicine*; 1990; 279: 689–698.
16. Bihorac A, Yavas S, Subbiah S, Hobson CE, Schold JD, Gabrielli A, Layon AJ, Segal MS. Long-term risk of mortality and acute kidney injury during hospitalization after major surgery. *Annals of surgery*; 2009; 5: 851–858.
17. Branitzki P, Bleicher W, Junger A, Pollwein B, Prause A, Röhrig R, Specht M. Spezielle Empfehlungen und Anforderungen zur Implementierung eines Anästhesie-Informationen-Management-Systems (AMS). *Anästhesiologie Intensivmedizin*; 2007; 48: Suppl. 282-290.
18. Brienza N, Giglio MT, Marucci M, Fiore T. Does perioperative hemodynamic optimization protect renal function in surgical patients? A meta-analytic study. *Critical care medicine*; 2009; 6: 2079–2090.
19. Broce JC, Price LL, Liangos O, Uhlig K, Jaber BL. Hospital-acquired acute kidney injury: an analysis of nadir-to-peak serum creatinine increments stratified by baseline estimated GFR. *Clin J Am Soc Nephrol (Clinical journal of the American Society of Nephrology, CJASN)*; 2011; 7: 1556–1565.
20. Bühl A. SPSS 22. Pearson Verlag, Hallbergmoos (2014).
21. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz. Gesetz über die Entgelte für voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen. Internet: http://www.gesetze-im-internet.de/khentgg/_21.html.
22. Cabezuelo JB, Ramirez P, Rios A, Acosta F, Torres D, Sansano T, Pons JA, Bru M, Montoya M, Bueno FS, Robles R, Parrilla P. Risk factors of acute renal failure after liver transplantation. *Kidney International*; 2006; 6: 1073–1080.
23. Candrilli S, Bell T, Irish W, Morris E, Goldman S, Cairo MS. A comparison of inpatient length of stay and costs among patients with hematologic malignancies (excluding Hodgkin disease) associated with and without acute renal failure. *Clinical lymphoma & myeloma*; 2008; 1: 44–51.
24. Carmichael P, Carmichael AR. Atherosclerotic renal artery stenosis: from diagnosis to treatment. *Postgraduate medical journal*; 1999; 887: 527–536.
25. Chao C, Hou C, Wu V, Lu H, Wang C, Chen L, Kao T. The impact of dialysis-requiring acute kidney injury on long-term prognosis of patients requiring prolonged mechanical ventilation: nationwide population-based study. *PloS one*; 2012; 12: e50675.
26. Chawla LS, Kimmel PL. Acute kidney injury and chronic kidney disease: an integrated clinical syndrome. *Kidney international*; 2012; 5: 516–524.
27. Chertow G, Burdick E, Honour M, Bonventre J, Bates D. Acute kidney injury, mortality, length of stay, and costs in hospitalized patients. *J Am Soc Nephrol (Journal of the American Society of Nephrology (JASN))*; 2005; 11: 3365–3370.

28. Chertow GM, Lazarus JM, Christiansen CL, Cook EF, Hammermeister KE, Grover F, Daley J. Preoperative renal risk stratification. *Circulation*; 1997; 4: 878–884.
29. Cleve J, Lämmel U. *Data Mining*. De Gruyter Wissenschaftsverlag, München (2014).
30. Coca SG, King JT, JR, Rosenthal RA, Perkal MF, Parikh CR. The duration of postoperative acute kidney injury is an additional parameter predicting long-term survival in diabetic veterans. *Kidney International*; 2010; 9: 926–933.
31. Codd EF. A relational model of data for large shared data banks. 1970. *MD Comput*; 1998; 3: 162–166.
32. Conlon PJ, Stafford-Smith M, White WD, Newman MF, King S, Winn MP, Landolfo K. Acute renal failure following cardiac surgery. *Nephrology Dialysis Transplantation*; 1999; 5: 1158–1162.
33. Costalonga EC, Costa E Silva, Veronica Torres, Caires R, Hung J, Yu L, Burdmann EA. Prostatic surgery associated acute kidney injury. *World journal of nephrology*; 2014; 4: 198–209.
34. Coustasse A. Hospital costs and clinical characteristics of continuous renal replacement therapy patients: a continuous ethical dilemma. *Journal of hospital marketing & public relations*; 2008; 2: 187–195.
35. Dasta JF, Kane-Gill SL, Durtschi AJ, Pathak DS, Kellum JA. Costs and outcomes of acute kidney injury (AKI) following cardiac surgery. *Nephrology Dialysis Transplantation*; 2008; 6: 1970–1974.
36. Dehne MG, Junger A, Hartmann B, Quinzio L, Rohrig R, Benson M, Hempelmann G. Serum creatinine and perioperative outcome--a matched-pairs approach using computerised anaesthesia records. *European journal of anaesthesiology*; 2005; 2: 89–95.
37. DeRiso B, Cantees K, Watkins WD. The operating rooms: cost center management in a managed care environment. *International Anesthesiology Clinics*; 1995; 4: 133–150.
38. Deutsche Krankenhausgesellschaft (DKG), GKV-Spitzenverband, Verband der privaten Krankenversicherung (PKV), Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK GmbH). *Deutsche Kodierrichtlinien -Allgemeine und Spezielle Kodierrichtlinien für die Verschlüsselung von Krankheiten und Prozeduren*. Internet: http://www.g-drg.de/cms/G-DRG-System_2015/Kodierrichtlinien/.
39. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI). *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, German Modification (ICD-10-GM)*. Internet: <https://www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10-gm/>.
40. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI). *Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) 2011-2013*. Internet: <https://www.dimdi.de/static/de/klassi/ops/index.htm>.
41. Dexter F, Traub RD. How to schedule elective surgical cases into specific operating rooms to maximize the efficiency of use of operating room time. *Anesthesia and analgesia*; 2002; 4: 933–942.
42. Elmasri RA, Navathe SB, Shafir A. *Grundlagen von Datenbanksystemen*. Pearson-Studium Verlag, München (2002).

43. Englberger L, Suri RM, Li Z, Casey ET, Daly RC, Dearani JA, Schaff HV. Clinical accuracy of RIFLE and Acute Kidney Injury Network (AKIN) criteria for acute kidney injury in patients undergoing cardiac surgery. *Critical care (London, England)*; 2011; 1: 16 ff.
44. Faubel S, Edelstein CL. Mechanisms and mediators of lung injury after acute kidney injury. *Nature Reviews Nephrology*; 2016; 12: 48–60.
45. Finkenzeller H, Kracke U, Unterstein M. Systematischer Einsatz von SQL-Oracle. Addison-Wesley Verlag, Bonn [u.a.] (1989).
46. Fischer MJ, Brimhall BB, Lezotte DC, Glazner JE, Parikh CR. Uncomplicated acute renal failure and hospital resource utilization: a retrospective multicenter analysis. *American journal of kidney diseases : the official journal of the National Kidney Foundation*; 2005; 6: 1049–1057.
47. Fliser D, Laville M, Covic A, Fouque D, Vanholder R, Juillard L, van Biesen W. A European Renal Best Practice (ERBP) position statement on the Kidney Disease Improving Global Outcomes (KDIGO) clinical practice guidelines on acute kidney injury: part 1: definitions, conservative management and contrast-induced nephropathy. *Nephrology, dialysis, transplantation : official publication of the European Dialysis and Transplant Association - European Renal Association*; 2012; 12: 4263–4272.
48. Fonseca Ruiz NJ, Castro DPC, Guerra AMM, Saldarriaga FM, Hernandez JDM. Renal injury study in critical ill patients in accordance with the new definition given by the Acute Kidney Injury Network. *Journal of critical care*; 2011; 2: 206–212.
49. Garner AE, Lewington AJP, Barth JH. Detection of patients with acute kidney injury by the clinical laboratory using rises in serum creatinine: comparison of proposed definitions and a laboratory delta check. *Annals of clinical biochemistry*; 2012; 49: 59–62.
50. Gillenson M. Datenbank-Konzepte. SYBEX-Verlag, Düsseldorf (1991).
51. Glassman DT, Merriam WG, Trabulsi EJ, Byrne D, Gomella L. Rhabdomyolysis after laparoscopic nephrectomy. *Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons*; 2007; 4: 432–437.
52. Grams ME, Sang Y, Coresh J, Ballew S, Matsushita K, Molnar MZ, Szabo Z, Kalantar-Zadeh K, Kovesdy CP. Acute Kidney Injury After Major Surgery: A Retrospective Analysis of Veterans Health Administration Data. *American Journal of Kidney Diseases*; 2015; 15: 272 ff.
53. Haase M, Bellomo R, Matalanis G, Calzavacca P, Dragun D, Haase-Fielitz A. A comparison of the RIFLE and Acute Kidney Injury Network classifications for cardiac surgery-associated acute kidney injury: a prospective cohort study. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*; 2009; 6: 1370–1376.
54. Harel Z, Wald R, Bargman JM, Mamdani M, Etchells E, Garg AX, Ray JG, Luo J, Li P, Quinn RR, Forster A, Perl J, Bell CM. Nephrologist follow-up improves all-cause mortality of severe acute kidney injury survivors. *Kidney international*; 2013; 5: 901–908.
55. Hartmann B, Junger A, Benson M, Lorson S, Jost A, Klein T, Langefeld T, Hempelmann G. Comparison of Blood Loss using Fluorescein Flow Cytometry during Total Hip Replacement under General or Spinal Anesthesia. *Transfusion Medicine and Hemotherapy*; 2003; 1: 20–26.

56. Hartmann B, Junger A, Roehrig R, Klasen J, Jost A, Benson M, Braun H, Fuchs C, Hempelmann G. Intra-operative tachycardia and peri-operative outcome. *Langenbeck's Archives of Surgery*; 2003; 4: 255–260.
57. Heinrichs W, Blumrich W, Deil S, Freitag M, Kutz N, Lüdtke I, Röhrig R, Streuf R. Kerndatensatz Anästhesie Version 3.0. *Anästhesie und Intensivmedizin*; 2010; 51: 1–24.
58. Herrera-Gutierrez ME, Seller-Perez G, Maynar-Moliner J, Sanchez-Izquierdo Riera JA. Variability in renal dysfunction defining criteria and detection methods in intensive care units: are the international consensus criteria used for diagnosing renal dysfunction? *Medicina intensiva / Sociedad Espanola de Medicina Intensiva*; 2012; 4: 264–269.
59. Hickson LJ, Chaudhary S, Williams AW, Dillon JJ, Norby SM, Gregoire JR, Albright RC, JR, McCarthy JT, Thorsteinsdottir B, Rule AD. Predictors of outpatient kidney function recovery among patients who initiate hemodialysis in the hospital. *American Journal of Kidney Diseases*; 2015; 4: 592–602.
60. Higgins TL, Estafanous FG, Loop FD, Beck GJ, Blum JM, Paranandi L. Stratification of morbidity and mortality outcome by preoperative risk factors in coronary artery bypass patients. A clinical severity score. *The Journal of the American Medical Association*; 1992; 17: 2344–2348.
61. Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus (InEK). G-DRG-System. Internet: <http://www.g-drg.de/cms/>.
62. Ishikawa S, Griesdale DEG, Lohser J. Acute Kidney Injury After Lung Resection Surgery. *Anesthesia & Analgesia*; 2012; 6: 1256–1262.
63. Jähn K, Nagel E. e-Health. Springer-Verlag, Berlin [u. a.] (2004).
64. Jakobsen C. High thoracic epidural in cardiac anesthesia: a review. *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia*; 2015; 1: 38–48.
65. James MT, Tonelli M. Financial aspects of renal replacement therapy in acute kidney injury. *Seminars in dialysis*; 2011; 2: 215–219.
66. Joannidis M, Druml W, Forni LG, Groeneveld ABJ, Honore P, Oudemans-van Straaten HM, Ronco C, Schetz MRC, Woittiez AJ. Prevention of acute kidney injury and protection of renal function in the intensive care unit. Expert opinion of the Working Group for Nephrology, ESICM. *Intensive care medicine*; 2010; 3: 392–411.
67. Joannidis M, Metnitz B, Bauer P, Schusterschitz N, Moreno R, Druml W, Metnitz P. Acute kidney injury in critically ill patients classified by AKIN versus RIFLE using the SAPS 3 database. *Intensive care medicine*; 2009; 10: 1692–1702.
68. Josephs SA, Thakar CV. Perioperative Risk Assessment, Prevention, and Treatment of Acute Kidney Injury. *International Anesthesiology Clinics*; 2009; 4: 89–105.
69. Junger A, Engel J, Benson M, Hartmann B, Röhrig R, Hempelmann G. Risikoindizes, Scoring-Systeme und prognostische Modelle in der Anästhesie und Intensivmedizin. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzth*; 2002; 10: 591–599.
70. Junger A, Michel A, Benson M, Quinzio L, Sciuk G, Fuchs C, Hafer J, Uphus D, Marquardt K, Hempelmann G. Das Patienten-Daten-Management-System (PDMS) einer Intensivstation als Grundlager einer digitalen Krankenakte In: Jäckel, A. *Telemedizinführer Deutschland*. Medizin Forum AG, Bad Nauheim 2001.

71. Kambakamba P, Slankamenac K, Tschuor C, Kron P, Wirsching A, Maurer K, Petrowsky H, Clavien PA, Lesurtel M. Epidural analgesia and perioperative kidney function after major liver resection. *The British journal of surgery*; 2015; 7: 805–812.
72. Kane-Gill SL, Sileanu FE, Murugan R, Trietley GS, Handler SM, Kellum JA. Risk factors for acute kidney injury in older adults with critical illness: a retrospective cohort study. *American Journal of Kidney Diseases*; 2015; 6: 860–869.
73. Kheterpal S, Tremper KK, Englesbe MJ, O'Reilly M, Shanks AM, Fetterman DM, Rosenberg AL, Swartz RD. Predictors of Postoperative Acute Renal Failure after Noncardiac Surgery in Patients with Previously Normal Renal Function. *Anesthesiology*; 2007; 6: 892–902.
74. Kheterpal S, Tremper KK, Heung M, Rosenberg AL, Englesbe M, Shanks AM, Campbell DA, JR. Development and validation of an acute kidney injury risk index for patients undergoing general surgery: results from a national data set. *Anesthesiology*; 2009; 3: 505–515.
75. Khwaja A. KDIGO Clinical Practice Guidelines for Acute Kidney Injury. *Nephron*; 2012; 4: 179–184.
76. Kirwan CJ, Blunden MJ, Dobbie H, James A, Nedungadi A, Prowle JR. Critically ill patients requiring acute renal replacement therapy are at an increased risk of long-term renal dysfunction, but rarely receive specialist nephrology follow-up. *Nephron*; 2015; 3: 164–170.
77. Klaus D. Niemann. Client/Server Architektur. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig/Wiesbaden (1996).
78. Koh HC, Tan G. Data mining applications in healthcare. *Journal of healthcare information management*; 2005; 2: 64–72.
79. Kolhe NV, Eldehni MT, Selby NM, McIntyre CW. The reimbursement and cost of acute kidney injury: a UK hospital perspective. *Nephron Clin Pract*; 2014; 1: 51–56.
80. Kolhe NV, Stevens PE, Crowe AV, Lipkin GW, Harrison DA. Case mix, outcome and activity for patients with severe acute kidney injury during the first 24 hours after admission to an adult, general critical care unit: application of predictive models from a secondary analysis of the ICNARC Case Mix Programme database. *Critical care (London, England)*; 2008; 2 ff.
81. Koulouridis I, Price LL, Madias NE, Jaber BL. Hospital-acquired acute kidney injury and hospital readmission: a cohort study. *American Journal of Kidney Diseases*; 2015; 2: 275–282.
82. Lassnigg A, Schmidlin D, Mouhieddine M, Bachmann LM, Druml W, Bauer P, Hiesmayr M. Minimal changes of serum creatinine predict prognosis in patients after cardiothoracic surgery: a prospective cohort study. *Journal of the American Society of Nephrology*; 2004; 6: 1597–1605.
83. Le Gall J, Lemeshow S, Saulnier F. A new simplified acute physiology score (saps ii) based on a european/north american multicenter study. *The Journal of the American Medical Association*; 1993; 24: 2957–2963.
84. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, Thomas EJ, Polanczyk CA, Cook EF, Sugarbaker DJ, Donaldson MC, Poss R, Ho KKL, Ludwig LE, Pedan A, Goldman L. Derivation and Prospective Validation of a Simple Index for Prediction of Cardiac Risk of Major Noncardiac Surgery. *Circulation*; 1999; 10: 1043–1049.

85. Levi TM, Souza SPd, Magalhães JGd, Carvalho MSd, Cunha ALB, Dantas JGAdO, Cruz MG, Guimarães YLM, Cruz CMS. Comparison of the RIFLE, AKIN and KDIGO criteria to predict mortality in critically ill patients. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*; 2013; 4: 290–296.
86. Liangos O. Epidemiology and Outcomes of Acute Renal Failure in Hospitalized Patients: A National Survey. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*; 2005; 1: 43–51.
87. Lusti M. *Dateien und Datenbanken*. Springer-Verlag, Berlin [u. a.] (2003).
88. Macedo E, Malhotra R, Claire-Del Granado R, Fedullo P, Mehta RL. Defining urine output criterion for acute kidney injury in critically ill patients. *Nephrol Dial Transplant*; 2011; 2: 509–515.
89. Machado MN, Nakazone MA, Maia LN. Prognostic value of acute kidney injury after cardiac surgery according to kidney disease: improving global outcomes definition and staging (KDIGO) criteria. *PLoS one*; 2014; 5: e98028.
90. Mangano CM, Diamondstone LS, Ramsay JG, Aggarwal A, Herskowitz A, Mangano DT. Renal dysfunction after myocardial revascularization: risk factors, adverse outcomes, and hospital resource utilization. The Multicenter Study of Perioperative Ischemia Research Group. *Annals of internal medicine*; 1998; 3: 194–203.
91. Martin J, Neurohr C, Bauer M, Weiß M, Schleppers A. Kosten der intensivmedizinischen Versorgung in einem deutschen Krankenhaus. *Der Anaesthesist*; 2008; 5: 505–512.
92. McCauley J, van Thiel DH, Starzl TE, Puschett JB. Acute and chronic renal failure in liver transplantation. *Nephron*; 1990; 2: 121–128.
93. Medizinischer Dienst der Krankenkassen. DRG-Kodierempfehlungen. Internet: www.drg.mds-testdom.de.
94. Mehta RH, Grab JD, O'Brien SM, Bridges CR, Gammie JS, Haan CK, Ferguson TB, Peterson ED. Bedside tool for predicting the risk of postoperative dialysis in patients undergoing cardiac surgery. *Circulation*; 2006; 21: 2208–2216.
95. Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, Levin A. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Critical Care*; 2007; 2: 31 ff.
96. Michel A, Benson M, Junger A, Sciuk G, Hempelmann G, Dudeck J, Marquardt K. Design principles of a clinical information system for intensive care units (ICUData). *Studies in health technology and informatics*; 2000: 921–924.
97. Michel A, Junger A, Benson M, Brammen DG, Hempelmann G, Dudeck J, Marquardt K. A data model for managing drug therapy within a patient data management system for intensive care units. *Computer methods and programs in biomedicine*; 2003; 1: 71–79.
98. Michel-Backofen A, Demming R, Rohrig R, Benson M, Marquardt K, Hempelmann G. Realizing a Realtime Shared Patient Chart using a Universal Message Forwarding Architecture. *Studies in health technology and informatics*; 2005; 116: 509–514.
99. Moerer O, Plock E, Mgbor U, Schmid A, Schneider H, Wischnewsky M, Burchardi H. A German national prevalence study on the cost of intensive care: an evaluation from 51 intensive care units. *Critical Care*; 2007; 3: 69 ff.

100. Nash DM, Mustafa RA, McArthur E, Wijeyesundera DN, Paterson JM, Sharan S, Vinden C, Wald R, Welk B, Sessler DI, Devereaux PJ, Walsh M, Garg AX. Combined general and neuraxial anesthesia versus general anesthesia: a population-based cohort study. *Canadian journal of anaesthesia*; 2015; 4: 356–368.
101. Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*; 1999; 1: 9–13.
102. Newsome BB, Warnock DG, McClellan WM, Herzog CA, Kiefe CI, Eggers PW, Allison JJ. Long-term risk of mortality and end-stage renal disease among the elderly after small increases in serum creatinine level during hospitalization for acute myocardial infarction. *Archives of internal medicine*; 2008; 6: 609–616.
103. Obenshain MK. Application of data mining techniques to healthcare data. *Infection control and hospital epidemiology*; 2004; 8: 690–695.
104. Odutayo A, Adhikari NKJ, Barton J, Burns KEA, Friedrich JO, Klein D, Lapinsky S, Litwin S, Meret A, Moineddin R, Richardson B, Richardson R, Zaltzman A, Hladunewich M, Wald R. Epidemiology of acute kidney injury in Canadian critical care units: a prospective cohort study. *Canadian journal of anaesthesia*; 2012; 10: 934–942.
105. Ojo AO, Held PJ, Port FK, Wolfe RA, Leichtman AB, Young EW, Arndorfer J, Christensen L, Merion RM. Chronic renal failure after transplantation of a nonrenal organ. *The New England journal of medicine*; 2003; 10: 931–940.
106. O’Riordan A, Wong V, McQuillan R, McCormick PA, Hegarty JE, Watson AJ. Acute renal disease, as defined by the RIFLE criteria, post-liver transplantation. *American journal of transplantation*; 2007; 1: 168–176.
107. Ostermann M, Chang RWS. Acute kidney injury in the intensive care unit according to RIFLE. *Critical care medicine*; 2007; 8: 1837–1843.
108. Ostermann M, Chang RWS. Impact of different types of organ failure on outcome in intensive care unit patients with acute kidney injury. *Journal of critical care*; 2011; 6: 635.e1-635.e10.
109. Overdyk FJ, Harvey SC, Fishman RL, Shippey F. Successful strategies for improving operating room efficiency at academic institutions. *Anesthesia and analgesia*; 1998; 4: 896–906.
110. Palomba H, Castro I de, Neto ALC, Lage S, Yu L. Acute kidney injury prediction following elective cardiac surgery: AKICS Score. *Kidney international*; 2007; 5: 624–631.
111. Raetzell M, Bleicher W, Branitzki P, Junger A, Kristinus B, Pollwein A, Prause B, Röhrig R, Specht M. Allgemeine Empfehlungen und Anforderungen zur Implementierung von DV-Systemen in Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie. *Anästhesie und Intensivmedizin*; 2005; 46: Supplement Nr.2 /2005: 21-31.
112. Rifkin DE, Coca SG, Kalantar-Zadeh K. Does AKI truly lead to CKD? *Journal of the American Society of Nephrology*; 2012; 6: 979–984.
113. Röhrig R, Junger A, Raetzell M, Bleicher W, Branitzki P, Pollwein B, Prause A, Specht M. Spezielle Empfehlungen und Anforderungen zur Implementierung von DV-Systemen in der Intensivmedizin. *Anästhesie und Intensivmedizin*; 2006; 47: Supplement Nr. 1/2006: 1-S8.

114. Röhrig R, Wrede C. Patientendatenmanagementsysteme. *German Interdisciplinary Journal of Intensive Care Medicine*; 2011; 48: 411–416.
115. Roques F, Gabrielle F, Michel P, Vincentiis C de, David M, Baudet E. Quality of care in adult heart surgery: proposal for a self-assessment approach based on a French multicenter study. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*; 1995; 8: 433–439.
116. Roy AK, Mc Gorrian C, Treacy C, Kavanaugh E, Brennan A, Mahon NG, Murray PT. A Comparison of Traditional and Novel Definitions (RIFLE, AKIN, and KDIGO) of Acute Kidney Injury for the Prediction of Outcomes in Acute Decompensated Heart Failure. *Cardiorenal Medicine*; 2013; 1: 26–37.
117. Rueggeberg A, Boehm S, Napieralski F, Mueller AR, Neuhaus P, Falke KJ, Gerlach H. Development of a risk stratification model for predicting acute renal failure in orthotopic liver transplantation recipients. *Anaesthesia*; 2008; 11: 1174–1180.
118. Runkler TA. *Data Mining*. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden (2015).
119. Sachs L, Hedderich J. *Angewandte Statistik*. Springer Verlag, Berlin (2009).
120. Schendera CFG. *Regressionsanalyse mit SPSS*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München (2014).
121. Schimpf A. *Client/Server Konzepte*. Markt und Technik Verlag, Haar bei München (1995).
122. Schubert M. *Datenbanken*. Teubner Verlag, Wiesbaden (2007).
123. Sektion Qualitätssicherung und Ökonomie der DIVI. Kerndatensatz Intensivmedizin 2010 der DIVI und DGAI. Internet: http://www.divi.de/images/Dokumente/Empfehlungen/Strukturempfehlungen/2010_KerndatensatzIntensivmedizin.pdf.
124. Selby NM, Crowley L, Fluck RJ, McIntyre CW, Monaghan J, Lawson N, Kolhe NV. Use of electronic results reporting to diagnose and monitor AKI in hospitalized patients. *Clinical journal of the American Society of Nephrology : CJASN*; 2012; 4: 533–540.
125. Selby NM, Kolhe NV, McIntyre CW, Monaghan J, Lawson N, Elliott D, Packington R, Fluck RJ. Defining the cause of death in hospitalised patients with acute kidney injury. *PloS one*; 2012; 11: e48580.
126. Sharrock NE, Beksac B, Flynn E, Go G, Della Valle AG. Hypotensive epidural anaesthesia in patients with preoperative renal dysfunction undergoing total hip replacement. *British journal of anaesthesia*; 2006; 2: 207–212.
127. Silver M, Sakata T, Su HC, Herman C, Dolins SB, O'Shea MJ. Case study: how to apply data mining techniques in a healthcare data warehouse. *Journal of healthcare information management*; 2001; 2: 155–164.
128. Stenger M, Fabrin A, Schmidt H, Greisen J, Erik Mortensen P, Jakobsen C. High thoracic epidural analgesia as an adjunct to general anesthesia is associated with better outcome in low-to-moderate risk cardiac surgery patients. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*; 2013; 6: 1301–1309.
129. Sun LY, Wijesundera DN, Tait GA, Beattie WS. Association of intraoperative hypotension with acute kidney injury after elective noncardiac surgery. *Anesthesiology*; 2015; 3: 515–523.

130. Susantitaphong P, Cruz DN, Cerda J, Abulfaraj M, Alqahtani F, Koulouridis I, Jaber BL. World incidence of AKI: a meta-analysis. *Clinical journal of the American Society of Nephrology*; 2013; 9: 1482–1493.
131. Taylor AG. *SQL für Dummies*. Wiley-VCH Verlag, Bonn (2004).
132. Thakar CV. A Clinical Score to Predict Acute Renal Failure after Cardiac Surgery. *Journal of the American Society of Nephrology*; 2004; 1: 162–168.
133. Thakar CV. Perioperative acute kidney injury. *Advances in chronic kidney disease*; 2013; 1: 67–75.
134. Thakar CV, Kharat V, Blanck S, Leonard AC. Acute kidney injury after gastric bypass surgery. *Clin J Am Soc Nephrol (Clinical journal of the American Society of Nephrology)*; 2007; 3: 426–430.
135. Thakar CV, Liangos O, Yared J, Nelson D, Piedmonte MR, Hariachar S, Paganini EP. ARF after open-heart surgery: Influence of gender and race. *American Journal of Kidney Diseases*; 2003; 4: 742–751.
136. Toutenburg H, Heumann C. *Induktive Statistik*. Springer Verlag, München (2008).
137. Uchino S, Bellomo R, Goldsmith D, Bates S, Ronco C. An assessment of the RIFLE criteria for acute renal failure in hospitalized patients. *Critical care medicine*; 2006; 7: 1913–1917.
138. Uchino S, Kellum JA, Bellomo R, Doig GS, Morimatsu H, Morgera S, Schetz M, Tan I, Bouman C, Macedo E, Gibney N, Tolwani A, Ronco C. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. *The Journal of the American Medical Association*; 2005; 7: 813–818.
139. van den Akker, J P, Egal M, Groeneveld AB. Invasive mechanical ventilation as a risk factor for acute kidney injury in the critically ill: a systematic review and meta-analysis. *Critical care (London, England)*; 2013; 3: 98 ff.
140. Vandijck DM, Oeyen S, Decruyenaere JM, Annemans L, Hoste EA. Acute kidney injury, length of stay, and costs in patients hospitalized in the intensive care unit. *Acta clinica Belgica*; 2007; 2: 341–345.
141. Wickramasinghe N, Bali RK, Gibbons MC, Schaffer J. Realising the knowledge spiral in healthcare: the role of data mining and knowledge management. *Studies in health technology and informatics*; 2008: 147–162.
142. Wu V, Huang T, Lai C, Shiao C, Lin Y, Chu T, Wu P, Chao C, Wang J, Kao T, Young G, Tsai P, Tsai H, Wang C, Wu M, Chiang W, Tsai I, Hu F, Lin S, Chen Y, Tsai T, Ko W, Wu K. Acute-on-chronic kidney injury at hospital discharge is associated with long-term dialysis and mortality. *Kidney international*; 2011; 11: 1222–1230.
143. Yalavarthy R, Edelstein CL, Teitelbaum I. Acute renal failure and chronic kidney disease following liver transplantation. *Hemodialysis international*; 2007: 7–12.

10 Anhang

10.1 Abkürzungen

AIMS	Anästhesie-Informationen-Management-System
AIN	Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin
ADT	Admission, Discharge and Transfer
ADM	Administration
AKI	Acute Kidney Injury
AKIN	Acute Kidney Injury Network
ANSI	American National Standards Institute
ASA	American Society of Anesthesiologists
AUG	Ophthalmologie
BDA	Berufsverband Deutscher Anästhesisten
BMI	Body-Mass-Index
CCs	Complications or Comorbidities
CMI	Case-Mix-Index
DBMS	Datenbank-Management-System
DBS	Datenbanksystem
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
DDL	Data Definition Language
DML	Data Manipulation Language
DRG	Diagnosis-Related Group
DRM	Dermatologie
EDA	Epiduralanästhesie
ERBP	European Renal Best Practice
G-DRG	German Diagnosis-Related Group
HL-7	Health-Level-7
HNO	Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems

ICD-10-GM	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision - German Modification -
ICU	Intensive Care Unit
IMC	Intermediate Care
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
KDIGO	Kidney Disease Improving Global Outcomes
KDSA	Kerndatensatz Anästhesie
KHEntgG	Krankenhausentgeltgesetz
LAB	Laboratory
MED	Innere Medizin
NEU	Neurologie
OPID	Operations-Identifikationsnummer
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
OR	Odds Ratio
pAKI	postoperative Acute Kidney Injury
PCCL	Patient Clinical Complexity Level
PDMS	Patientendatenmanagementsystem
PED	Pädiatrie
PID	Patientenidentifikationsnummer
RDBM	Relationales Datenbank-Management-System
RIFLE	Risk of Renal Dysfunction, Injury to the Kidney, Failure of Kidney Function, Lost of Kidney Function und End Stage Kidney Disease
RSI	Rapid Sequence Induction
SAPS	Simplified Acute Physiology Score
SDL	Storage Definition Language
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
SQL	Structured Query Language

TIVA	total-intravenöse Anästhesie
UKGM	Universitätsklinikum Gießen und Marburg
VDL	View Definition Language

10.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anwenderoberfläche von NarkoData Version 4.7 (Mit freundlicher Genehmigung der IMESO GmbH)	5
Abbildung 2: Nomenklatur einer Relation nach dem relationalen Datenmodell	9
Abbildung 3: Anwenderoberfläche von ICUData (Mit freundlicher Genehmigung der Firma IMESO GmbH).....	14
Abbildung 4: Schematische Darstellung der Datenbankstruktur der LAB-Datenbank ..	17
Abbildung 5: Verknüpfung von drei Relationen der NarkoData-Datenbank über den gemeinsamen Schlüssel OPID und PID (hier genannt Patientcd und Cd). Das Gleichheitszeichen entspricht dem „=“-Operator der Where-Klausel bei der Verknüpfung von Relationen.	27
Abbildung 6: Verknüpfung von drei Relationen der ICUData-Datenbank über den gemeinsamen Schlüssel <i>PID</i> (hier <i>Pat_id</i>) und die Fallidentifikationsnummer (hier <i>Fall_id</i>) zur Selektion von episodenzugehörigen Daten des Patientenkollektivs. Mit den Häkchen und Zahlen im Vorbau der Relationen kann man eine Auswahl und Reihenfolge der zu betrachtenden Attribute bestimmen.	28
Abbildung 7: Verknüpfung von drei Relationen der ICUData-Datenbank durch den gemeinsamen Schlüssel <i>PID</i> (hier <i>Pat_id</i>) und <i>Fallidentifikationsnummer</i> (hier <i>Fall_id</i>).....	29
Abbildung 8: Verknüpfung von zwei Relationen der LAB-Datenbank von ICUData über das gemeinsame Schlüsselattribut <i>Obr_id</i>	31

10.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Schwereeinteilung der AKI nach der AKIN-Klassifikation	20
Tabelle 2: Statistische Kennwerte kategorialer patientenspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs (N=32.203)	39
Tabelle 3: Statistische Kennwerte metrischer patientenspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs	39
Tabelle 4: Statistische Kennwerte kategorialer eingriffsspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs (N=32.203)	40
Tabelle 5: Statistische Kennwerte metrischer eingriffsspezifischer Parameter des Gesamtkollektivs	40
Tabelle 6: Statistische Kennwerte kategorialer postoperativer Parameter des Gesamtkollektivs und des Kollektivs mit Verweildauer auf ICU/IMC \geq 12h	41
Tabelle 7: Statistische Kennwerte metrischer postoperativer Parameter des Kollektivs mit Verweildauer auf ICU/IMC \geq 12h und des Kollektivs mit der Notwendigkeit einer maschinellen Beatmung	41
Tabelle 8: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters <i>Krankenhausmortalität</i> des Gesamtkollektivs	41
Tabelle 9: Statistische Kennwerte des metrischen Parameters <i>Krankenhausverweildauer</i> des Gesamtkollektivs	41
Tabelle 10: Statistische Kennwerte kategorialer patientenspezifischer Parameter der Studiengruppen	43
Tabelle 11: Statistische Kennwerte metrischer patientenspezifischer Parameter der Studiengruppen	43
Tabelle 12: Statistische Kennwerte kategorialer eingriffsspezifischer Parameter der Studiengruppen	44
Tabelle 13: Statistische Kennwerte metrischer eingriffsspezifischer Parameter der Studiengruppen	45

Tabelle 14: Statistische Kennwerte nominal skaliertes Outcome-Parameter der Studiengruppen.....	47
Tabelle 15: Statistische Kennwerte des metrischen Outcome-Parameters <i>Krankenhausverweildauer</i> der Studiengruppen	47
Tabelle 16: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse kategorialer Einflussfaktoren in Abhängigkeit der Krankenhausmortalität.....	48
Tabelle 17: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse metrischer Einflussfaktoren in Abhängigkeit der Krankenhausmortalität.....	50
Tabelle 18: Ergebnisse der binären logistischen Regression mit der abhängigen Variable <i>Krankenhausmortalität</i>	51
Tabelle 19: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse kategorialer Einflussfaktoren in Abhängigkeit des Auftretens der pAKI	53
Tabelle 20: Statistische Kennwerte und Ergebnisse der univariaten Analyse metrischer Einflussfaktoren in Abhängigkeit des Auftretens der pAKI	55
Tabelle 21: Ergebnisse der binären logistischen Regression mit der abhängigen Variable <i>Auftreten oder Ausbleiben der pAKI</i>	56
Tabelle 22: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters <i>maschinelle Beatmung</i> zur Betrachtung des Ressourcenverbrauchs.....	58
Tabelle 23: Statistische Kennwerte metrischer Parameter der Studiengruppen zur Betrachtung des Ressourcenverbrauchs	58
Tabelle 24: CMI und statistische Kennwerte des metrischen Parameters <i>Erlös</i> der Studiengruppen.....	60
Tabelle 25: Statistische Kennwerte des nominal skalierten Parameters <i>Kodierung Akutes Nierenversagen nach ICD-10-GM</i> der Studiengruppen.....	60

10.4 Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

10.5 Danksagung

Die Planung und Durchführung einer wissenschaftlichen Studie und auch die Verfassung einer schriftlichen Arbeit erfordert immer das Arbeiten im und als Team.

Mein Dank gilt zunächst Herrn Prof. Dr. Markus Weigand für die Überlassung des Themas und der Aufnahme als Doktorandin. Bei der technischen Umsetzung der Arbeit unterstützten mich Lena Niehoff und Prof. Dr. Rainer Röhrig. Ohne ihren tatkräftigen Einsatz wäre die Studie nicht in dieser Art umgesetzt und vorangetrieben worden. Dafür möchte ich mich bedanken. Allen, auch den nicht namentlich erwähnten Mitarbeitern der EDV-Abteilung der Anästhesiologie und Operativen Intensivmedizin in Gießen, sei mein Dank ausgesprochen.

Ein besonderer Dank geht auch an die Abteilung Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Jena unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. med. Konrad Reinhart. Dabei möchte ich Herrn PD Dr. Markus Paxian und Herrn Prof. Dr. Andreas Kortgen erwähnen, welche mir ein weiteres Vorankommen ermöglichten. Außerdem möchte ich Herrn Dr. Thomas Lehmann für seine Unterstützung bei statistischen Fragen danken.

Mindestens genauso wichtig ist die mentale Unterstützung im Prozess der Dissertation. Dazu möchte ich vor allem meiner Familie danken, welche mich immer bestärkt hat, nach Rückschlägen nicht aufzugeben. Vor allem die selbstlose Unterstützung meiner Mama wird mir immer ein Vorbild im Umgang mit den eigenen Kindern sein.

Zum Schluss möchte ich noch meinen Freunden Dr. med. Barbara Rösler, Dana Oßmann und Daniela Sporleder danken, welche mir durch ihre Erfahrungen im wissenschaftlichen Arbeiten einige Steine aus dem Weg geräumt haben.

Danke