Aus der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Ulm

Leitung: Prof. Dr. med. B. Jungwirth

Wovon hängt die Höhe der Versorgungskosten intensivtherapiepflichtiger Patienten ab und ist eine ausgangsrisikobasierte Vorhersage möglich?

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Dominik Alexander Trautmann

Berlin

2022

Amtierender Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Manfred Weiss

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Beate Grüner

Tag der Promotion: 14.07.2023

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS III

1 EINLEITUNG 1

1.1 EINFÜHRUNG 1

1.2 FRAGESTELLUNG 2

2 MATERIAL UND METHODEN 3

2.1 PATIENTENKOLLEKTIV 3

2.2 ETHIKANTRAG 3

2.3 DATENERHEBUNG IN EINER BEOBACHTUNGSSTUDIE AUF EINER INTENSIVSTATION 3

2.4 ERFASSTE PATIENTENDATEN 4

2.5 DEFINITION AUSGANGSRISIKO „PATIENTENBELASTUNG“ 5

2.6 DEFINITION ENDPUNKT „VERSORGUNGSKOSTEN“ 5

2.7 DEFINITIONEN DER ERFASSTEN SCORING-SYSTEME CFS, SAPS-II, TISS-10 6

2.8 KORRELATION DER SURROGATPARAMETER SAPS-II- UND TISS-10-SCORE UND DEN DRG-ERLÖSEN 7

2.9 DEFINITIONEN DER ERHALTENEN THERAPIEN UND KOMPLIKATIONEN 7

2.10 EINTEILUNG DES PATIENTENKOLLEKTIVS IN 3 AUSGANGSRISIKOGRUPPEN „PATIENTENBELASTUNG“ 10

2.11 ENDPUNKTORIENTIERTE AUSWERTUNG NACH AUSGANGSRISIKOGRUPPEN „PATIENTENBELASTUNG“ 11

2.12 AUSWERTUNG NACH DEM PARETOPRINZIP BEZOGEN AUF DEN ENDPUNKT VERSORGUNGSKOSTEN 11

2.13 AUSWERTUNG ALTERNATIVER AUSGANGSRISIKOPARAMETER: SAPS-II UND CFS 12

2.14 VERWENDETES STATISTISCHES TESTVERFAHREN: MANN-WHITNEY-U-TEST 12

3 ERGEBNISSE 14

3.1 ÜBERSICHT DER GESAMTEN VERSORGUNGSKOSTEN 14

3.2 VERGLEICH DER 3 AUSGANGSRISIKOGRUPPEN „PATIENTENBELASTUNG“ 15

3.3 VERGLEICHE DER 3 AUSGANGSRISIKOGRUPPEN „PATIENTENBELASTUNG“ 18
3.3.1 SAPS II-SCORE UND TISS-10-SCORE 18
3.3.2 DAUER DES AUFENTHALTS AUF DER INTENSIVSTATION 23
3.3.3 ANZAHL DER ORGAN-UNTERSTÜTZENDEN UND/ODER -ERSETZENDEN THERAPIEN 25
3.3.4 VERGLEICH AUFGETRETENER KOMPLIKATIONEN IN DEN AUSGANGSRISIKOGRUPPEN 30
3.4 PARETOPRINZIP: „20%“ HÖCHSTE VERSORGUNGSKOSTEN GEGENÜBER „80%“ GERINGERE VERSORGUNGSKOSTEN 32
3.5 VERGLEICHE DER GRUPPEN „20%“ UND „80%“ 33
3.5.1 ANZAHL ERSETZTER ORGANSYSTEME 33
3.5.2 SAPS-II- UND TISS-10-SCORES 36
3.5.3 DAUER DES AUFENTHALTS AUF DER INTENSIVSTATION 38
3.5.4 AUFGETRETENE KOMPLIKATIONEN 39
3.6 ALTERNATIVE AUSGANGSRISIKOPARAMETER: „SAPS II-SCORE“ UND „CLINICAL FRAILTY SCALE“ 41
3.7 KORRELATION ZWISCHEN DEN SCORING-SYSTEMEN SAPS-II, TISS-10 UND DEN DRG-ERLÖSEN 43

4 DISKUSSION 45

4.1 EIGNUNG DER GEWÄHLTEN AUSGANGSRISIKEN ZUR VORHERSAGE DES ENDPUNKTS „VERSORGUNGSKOSTEN“ 45
4.2 VERSORGUNGSKOSTEN: UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DER „20%“- UND „80“-GRUPPE 47
4.3 PRINZIPIELLE MÖGLICHKEITEN DER VORHERSAGE ZU ERWARTENDER VERSORGUNGSKOSTEN VON PATIENTEN AUF INTENSIVSTATIONEN 48
4.4 METHODISCHE ASPEKTE DER STUDIE 50
4.5 SCHLUSSFOLGERUNG 53
4.6 OFFENE FRAGEN UND AUSBLICK 55

5 ZUSAMMENFASSUNG 56

6 LITERATURVERZEICHNIS 58

7 DANKSAGUNG 62

8 LEBENSLAUF 63

Abkürzungsverzeichnis

0M	Gruppe der Patienten mit dem Ausgangsrisiko "null maschinell ersetzte Organsysteme"
1M	Gruppe der Patienten mit dem Ausgangsrisiko " ein maschinell ersetztes Organsystem"
2M	Gruppe der Patienten mit dem Ausgangsrisiko "zwei bis drei maschinell ersetzte Organsysteme"
CFS	Clinical Frailty Scale
DRG	Diagnose-related Groups
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EK	Erythrozytenkonzentrat
FFP	Fresh Frozen Plasma
Grp	Gruppe
HF	High-Flow-Nasenbrille
IABP	Intraaortale Ballonpumpe
ICU	Intensive Care Unit, Intensivstation
IOI	Interdisziplinäre Operative Intensivmedizin
IQR	Interquartilsrange; Interquartilsabstand; Streuungsmaß, dass das Intervall angibt, in dem die mittleren 50% der Elemente der beschriebenen Gruppe liegen
Iso	Isolation
KI	Künstliche Intelligenz
LAE	Lungenarterienembolie
LOS	Length-of-Stay, Dauer des Aufenthalts auf Intensivstation
M	Maschineller Organsystemersatz
MARS	Molecular Adsorbent Recirculating System; Maschineller Organersatz der Leber zur extrakorporalen Detoxikation
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus

NIV	Nicht-invasive Beatmung
o.g.	oben genannte
PPSB	Prothrombinkonzentrat
SAPS	SAPS-II, siehe SAPS-II
SAPS-II	SAPS; Simplified Acute Physiology Score, zweite Version
SAP-System	Digitales Programm des Unternehmens SAP zur Dokumentation von Patientendaten
TISS	TISS-10, siehe TISS-10
TISS-10	TISS, Die 10 aufwendigsten Parameter des Therapeutic Intervention Scoring System
TK	Thrombozytenkonzentrat
U	Organsystemunterstützung
UKU	Universitätsklinikum Ulm
VRE	Vancomycin-resistente Enterokokken
vs	versus

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Behandlung auf der Intensivstation bei kritisch erkrankten Patienten, die nicht nur kurzfristig zur Überwachung aufgenommen werden, ist oft mit hohen Kosten verbunden. (Klepzig & Thattil, 2012) Bisher unbekannt ist, ob Patientenkollektive mit hohen Versorgungskosten direkt bei Aufnahme auf die Intensivstation detektiert werden können. Zur Erforschung einer solchen Möglichkeit können folglich auch nur die Daten genutzt werden, die zum Aufnahmezeitpunkt vorliegen. Die Frage war, ob anhand dieser Daten spezifische Ausgangsrisikogruppen definiert werden können, die sich bezüglich des zu untersuchenden Endpunkts Versorgungskosten unterscheiden. Zusätzlich sollte anhand des Paretoprinzips geklärt werden, in welchen Punkten sich die Patienten mit 20% der höchsten Versorgungskosten von den Patienten mit 80% der restlichen Versorgungskosten unterscheiden.

Um die o.g. Frage zu klären, wurden in der vorliegenden Arbeit in einer prospektiven klinischen Beobachtungsstudie die Daten von Patienten erfasst, die länger als 72 Stunden auf der Intensivstation lagen oder verstarben. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass diese Patienten Gruppen mit einem unterschiedlich hohem Ausgangsrisiko für hohe Versorgungskosten aufweisen. Unklar war, welche Parameter das Ausgangsrisiko bestimmen. Zudem war unbekannt, wie hoch der Anteil der Patienten in einzelnen Risikogruppen mit niedrigem, mittlerem und hohem Ausgangsrisiko ist.

Im ersten Teil dieser Arbeit wurde daher das Patientenkollektiv in drei definierte Ausgangsrisikogruppen unterteilt und untersucht, ob die Klassifikation anhand der Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme bei Aufnahme (kein/ein/zwei oder drei maschinell ersetzte Organersatzsysteme) eine Vorhersage der Höhe der Versorgungskosten am Ende des Aufenthalts ermöglicht und ob sich der Therapieverlauf dieser Gruppen während des Aufenthalts unterscheidet. Zusätzlich sollte geprüft werden, ob die ebenfalls erhobenen, alternativen Ausgangsparameter SAPS-II-Score (Schweregrad der Erkrankung) und Clinical Frailty Scale (Gebrechlichkeit), diese Vorhersage nach einer ebenfalls dreigliedrigen

Klassifikation erlauben. Da es sich um eine Beobachtungsstudie handelt, konnte die adäquate Einteilung in vergleichbare Gruppen mit hohem, mittleren und niedrigem Ausgangsrisiko erst nach Abschluss des Studienzeitraums erfolgen. Hierbei galt es, eine Balance zwischen ähnlichen Gruppengrößen und unterschiedlichen Ausgangsrisiken zu finden.

Im zweiten Teil der Arbeit wurde das Patientenkollektiv erneut aufgeteilt. Hierfür wurden die Patienten mit 20% der höchsten Versorgungskosten den Patienten mit den restlichen 80% der Versorgungskosten nach dem Pareto-Prinzip gegenübergestellt und auf Unterschiede hinsichtlich Dauer, Ausmaß und Komplikationen der intensivmedizinischen Therapie untersucht. Das Ziel war, zu eruieren, ob es bestimmte Faktoren im Verlauf gab, die zu hohen Versorgungskosten am Ende beigetragen haben.

1.2 Fragestellung

Es sollen folgende Fragen in dieser Arbeit beantwortet werden.

- Unterscheiden sich Patienten, die länger als 72 Stunden auf der Intensivstation liegen, hinsichtlich der Höhe ihrer Versorgungskosten, wenn man sie in spezifische, endpunktorientierte Ausgangsrisikogruppen nach Anzahl maschineller Organersatzsysteme einteilt?
- Unterscheidet sich der Therapieverlauf der gewählten Ausgangsrisikogruppen?
- Eignen sich die anderen erfassten Ausgangsrisikoparameter SAPS-II-Score und Clinical Frailty Scale, um Gruppen zu definieren, die sich hinsichtlich der Höhe ihrer Versorgungskosten am Ende des Aufenthalts unterscheiden?
- Wie unterscheiden sich Patienten mit hohen Versorgungskosten von Patienten mit niedrigeren Versorgungskosten?

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Eingeschlossen wurden alle intensivtherapiepflichtigen Patienten, die für länger als 72 Stunden auf der Intensivstation IOI F1 und G1 der Universitätsklinik Ulm aufgenommen wurden oder im erfassten Zeitraum auf der IOI verstarben. Es gab keine Ausschlusskriterien. Im Zeitraum vom 12.11.19 bis zum 12.11.20 wurden die Daten von 411 Patienten erhoben. Davon konnten 401 Datensätze für die anschließende Auswertung verwendet werden. Bei 10 Patienten fehlten die für die Auswertung nötigen Angaben zu den erzielten DRG-Erlösen, die für den Endpunkt „Versorgungskosten“ verwendet wurden. Somit stellten 401 Patienten das Gesamtkollektiv dieser Studie dar.

Bei 62 der 401 Patienten waren die für die SAPS-II- und TISS-10-Scores ermittelten Punktwerte nicht im hausinternen SAP-System hinterlegt. Somit wurden bei den Auswertungen, die diese Scores zur Grundlage hatten, mit einer verringerten Anzahl von 339 Patienten gerechnet.

Aufgrund der Covid-19-Pandemie und seiner Folgen für die ICUs des UKU konnten im Zeitraum vom 17.03.20 bis zum 12.05.20 keine Patientendaten erhoben werden.

2.2 Ethikantrag

Die vorliegende Studie wurde von der Ethikkomission der Universität Ulm genehmigt. (Nummer 148/19: Versorgungsrealität in der Intensivmedizin: Patientenbelastung, Letalität und Versorgungskosten auf der Interdisziplinären Operativen Intensivmedizin-Station F1 und G1.)

2.3 Datenerhebung in einer Beobachtungsstudie auf einer Intensivstation

Es handelt sich um eine prospektive klinische Beobachtungsstudie. Die Datenerhebung auf der Interdisziplinären Operativen Intensivstation (IOI) erfolgte in regelmäßigen Abständen am Patienten. Die Informationsquellen waren dabei: Patientenakten und -kurven im Patientenzimmer, laufende Geräte zur Patientenversorgung, der Patient selbst (falls

möglich) sowie ärztliches und pflegerisches Personal. Des Weiteren wurden im hausinternen SAP-System die täglich erhobenen SAPS-II- und TISS-10-Scores und die abschließenden DRG-Erlöse erfasst. In der Regel wurden Daten drei Mal pro Woche erhoben. Dieser zeitliche Abstand ermöglichte die lückenlose Erfassung aller nötigen Patientendaten.

Die Clinical Frailty Scale wurde im Studienzeitraum nicht durch das aufnehmende Klinikpersonal erfasst (nicht standardmäßig im UKU implementiert). Die Einstufung musste durch nachträgliche Bewertung der Anamnesebögen, durch Befragung von betreuendem Personal oder der Patienten selbst (falls möglich) erfolgen.

Die Daten wurden systematisch mit dem Programm Excel der Firma Microsoft erfasst. Die komplette Maske einer täglichen Erhebung findet sich beispielhaft unter dem Punkt 2.4..

2.4 Erfasste Patientendaten

Am Tag der Aufnahme wurden prinzipiell die allgemeinen Patientendaten Name, Alter, Geburtsdatum und Geschlecht erfasst. Zusätzlich wurde ein Pseudonym zugeteilt, welches nach Bearbeitung anonymisiert wurde. Des Weiteren wurde einmalig erhoben, welche Punktwerte im CFS Patienten bei der Aufnahme erzielten, ob sie über eine Patientenverfügung, eine Versorgungs- oder Betreuungsvollmacht verfügten und welcher Fachdisziplin sie zuzuordnen waren (z.B. kardiochirurgisch, neurochirurgisch, urologisch etc.). Täglich wurde der „Erfassungsbogen“ erhoben, welcher in Abbildung 1 zu sehen ist. Bei Entlassung wurde einmalig erhoben, ob ein Patient verstorben war oder überlebt hatte. Falls er überlebt hatte, wurde erfasst, wohin er entlassen wurde (nach Hause, in eine Reha, in ein anderes Krankenhaus niedrigerer Versorgungsstufe oder ins Pflegeheim). Letztlich komplettierten das Datum der Verlegung von ICU auf Normalstation und das endgültige Entlassdatum die Erhebung.

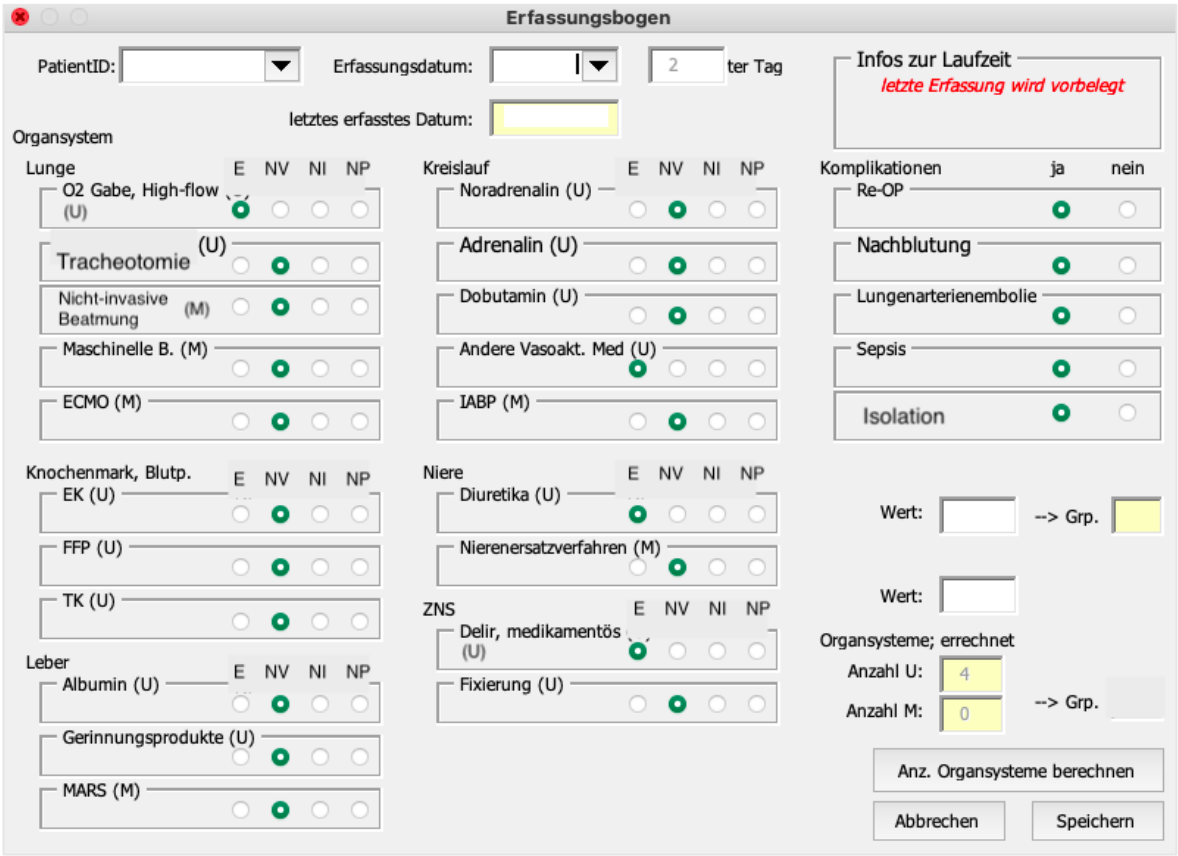

Abbildung 1: Datenerhebungsmaske zur Erfassung der täglich erhaltenen Therapien eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. PatientenID= Pseudonym des Patienten; (U)=Unterstützung eines Organsystems; (M)= Maschineller Ersatz eines Organsystems; E=Erhalten; NV=Nicht erhalten, weil nicht nötig oder verbessert; NI= Nicht erhalten, weil Prognose infaust; NP= Nicht erhalten aufgrund des Patientenwillens; Maschinelle B.= Patient intubiert und maschinell beatmet; ECMO= Extrakorporale Membranoxygenierung; EK= Erythrozytenkonzentrat; FFP= Fresh frozen plasma;TK= Thrombozytenkonzentrat; MARS= Molecular Adsorbent Recirculating System; Andere Vasoakt. Med.= Andere vasoaktive Medikamente; IABP= Intraaortale Ballonpumpe; Delir,medikamentös= antidelirante Medikation; Grp.= Gruppe.

2.5 Definition Ausgangsrisiko „Patientenbelastung“

Die Patientenbelastung wurde als krankheits- und therapiebedingtes Leiden, welches möglicherweise vermeidbar ist, definiert. Sie wurde mittels der Anzahl und Dauer der Unterstützung („U“) und des maschinellen Ersatzes von Organsystemen („M“) dargestellt.

2.6 Definition Endpunkt „Versorgungskosten“

Die Versorgungskosten wurden mittels DRG-Erlösen dargestellt. Der DRG-Erlös ist die Summe, die ein Krankenhaus nach Ende des Gesamtaufenthalts für die Behandlung eines Patienten von der versichernden Krankenkasse erhält. Zur weiteren Beschreibung der

Versorgungskosten wurden die täglichen SAPS II- und TISS-10-Scores für jeden Patienten erfasst (Erläuterung dieser Scores unter Punkt 2.7.). Diese werden auf deutschen Intensivstationen zur Berechnung und Dokumentation von Aufwandspunkten für die „Intensivmedizinische Komplexbehandlung“ genutzt. Diese ist im deutschen DRG-System als Prozedurenschlüssel selbst kodierfähig und stellt eine Möglichkeit dar, die Intensivtherapie für Patienten abzurechnen. Somit können die genannten Scoring-Systeme als Surrogatparameter genutzt werden, um die Versorgungskosten für Patienten auf Intensivstationen abzubilden. (Burchardi et al., 2004)(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, o. J.)

2.7 Definitionen der erfassten Scoring-Systeme CFS, SAPS-II, TISS-10

- Clinical Frailty Scale (CFS): Anhand dieser 9-teiligen Skala kann die Gebrechlichkeit eines Patienten vor oder zu Beginn eines Krankenhausaufenthalts klinisch eingeschätzt werden. Sie reicht von eins (=sehr fit) bis neun (= todkrank) und ist zur Bewertung der Mortalitätswahrscheinlichkeit sowie der Wahrscheinlichkeit zur Vermeidung eines Krankenhausaufenthalts entwickelt worden. (Rockwood et al., 2005)
- SAPS-II-Score (Simplified Acute Physiology Score, zweite Version): Dieses Punktesystem umfasst 17 Variablen. 12 davon sind verschiedene physiologische Laborparameter, dazu kommen Alter, Aufnahmeart (planmäßig chirurgisch, notfallmäßig chirurgisch oder internistisch) und 3 verschiedene schwere Grunderkrankungen (bösartige hämatologische Erkrankung, Immundefizienz, Tumormetastasen). Diese werden am Tag der Aufnahme erfasst. Je höher die dort erzielte Punktzahl ist, desto wahrscheinlicher ist ein Versterben während des Krankenhausaufenthalts. Er ermöglicht unabhängig von der Primärdiagnose eine Prognose der Krankenhausmortalität. Im deutschen DRG-System wird der SAPS-II-Score täglich erhoben und fließt in die Berechnung der DRG-Erlöse ein.(Gall et al., 1993) (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information , o. J.) In dieser Arbeit wird einerseits der einmalige Wert bei Aufnahme im Sinne eines Ausgangsrisikos verwendet. Andererseits wird die Gesamtsumme der SAPS-II-Punktzahlen am Ende des Aufenthalts als Surrogatparameter für den Endpunkt

Versorgungskosten verwendet. Die Limitation dieses Designs wird im Diskussionsteil dieser Arbeit bewertet.

- TISS-10-Score (Therapeutic Intervention Scoring System): Das TISS-Punktesystem wurde ursprünglich dafür entwickelt, verschiedene pflegerische, diagnostische und therapeutische Leistungen auf Intensivstationen zu erfassen. Aus ursprünglich 76 Items werden für die Abrechnung der intensivmedizinischen Komplexbehandlung in Deutschland noch 10 der aufwendigsten Merkmale erfasst, um diese Leistungen darzustellen. Der Score dient wie der SAPS-II-Score der Berechnung der DRG-Erlöse. (Cullen et al., 1974)(Miranda et al., 1996)(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information , o. J.)

2.8 Korrelation der Surrogatparameter SAPS-II- und TISS-10-Score und den DRG-Erlösen

Um zu überprüfen, ob die gewählten Surrogatparameter für die Versorgungskosten auf der Intensivstation mit den DRG-Erlösen als Parameter für die gesamten Versorgungskosten im Krankenhaus korrelieren, wurden mit Hilfe einer Korrelationsanalyse in Excel die beiden Scoring-Systeme in Verbindung mit den DRG-Erlösen gesetzt. Dabei wurden 339 Wertepaare in Verbindung gesetzt. (vom gesamten Kollektiv von 401 Patienten fehlten 62 SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen) Aus den berechneten Korrelationskoeffizienten r, die auch graphisch mit einer linearen Korrelation dargestellt wurden, wurde jeweils noch ein Signifikanzwert p errechnet.

2.9 Definitionen der erhaltenen Therapien und Komplikationen

Die Dokumentation umfasste die täglich erhaltene Therapie von 6 Organsystemen, die im Folgenden erläutert wird. Dabei wurde unterschieden, ob ein Organsystem eine Unterstützung erhielt, was mit „U“ abgekürzt wurde, oder ob es maschinell ersetzt wurde. Maschinelle Ersatzverfahren (= Abkürzung „M“) gibt es derzeit am UKU für die Lunge, den Kreislauf und die Niere. Beim maschinellen Organsystemersatz der Niere (bezeichnet als „Dialyse“) wird in dieser Arbeit nicht zwischen Hämofiltration und Hämodialyse unterschieden. Für Knochenmark und Zentrales Nervensystem gibt es keine bekannten

maschinellen Ersatzsysteme. Für das Organsystem Leber gibt es prinzipiell das „MARS“ (Molecular Adsorbent Recirculating System, zur extrakorporalen Detoxikation), dieses wird am UKU jedoch nicht verwendet. Folglich blieben im Erhebungszeitraum maximal 3 „M“s, die ein Patient am Tag erhalten konnte. Die Anzahl der erhaltenen „M“s am Aufnahmetag entschied über die unter 2.9. erklärte Risikogruppeneinteilung.

Tabelle 1: Übersicht der Therapien, die an einem intensivtherapieflichtigen Patientenkollektiv im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm durchgeführt und erfasst worden sind. In Klammern die für die Erhebung verwendeten Abkürzungen.

Organsystem	Unterstützung („U“)	Maschinelle Ersatzverfahren („M“)
Lunge	High-Flow(=HF), Tracheotomie	Nicht-Invasive Beatmung (=NIV), Intubation und Beatmung(=Tubus), Extrakorporale Membranoxygenierung (=ECMO)
Knochenmark	Erythrozytenkonzentrat(=EK), Thrombozytenkonzentrat(=TK), Fresh Frozen Plasma(=FFP)	-
Leber	Albumin, Gerinnungsprodukte (Fibrinogen, Tranexamsäure, Prothrombinkonzentrat=PPSB)	Molecular Adsorbent Recirculating System (=MARS, am UKU nicht verwendet)
Kreislauf	Noradrenalin, Adrenalin, Dobutamin, vasoaktive Substanzen (Terlipressin, Clonidin, Urapidil)	Intraaortale Ballonpumpe(=IABP)
Niere	Neu angesetzte Schleifendiuretika (Furosemid, Torasemid)	Kontinuierliches Nierenersatzverfahren (=Hämodialyse/Hämofiltration)
Zentrales Nervensystem	Fixierung, Antidelirante Medikation (=Delir) (Haloperidol,Melperon,Risperidon, Dexmedetomidin)	-

Des Weiteren wurde das Auftreten von Komplikationen erfasst. 5 Komplikationen wurden definiert. Diese sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Übersicht über die erfassten Komplikationen eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm und ihre entsprechenden Definitionen in dieser Arbeit. LAE= Lungenarterienembolie, ICU= Intensive Care Unit, MRSA= Methicillin-resistenter Staphylokokkus aureus, VRE= Vancomycin-resistente Enterokokken

Komplikation	Definition
Re-Operation	Jede neu durchgeführte Operation, während der der Patient auf der ICU geführt wurde.
Sepsis	Behandlung bei Verdacht auf Sepsis jeglicher Genese. Bei fortlaufender Therapie wurde jeder Tag als Tag mit Komplikation gewertet.
Nachblutung	Nachblutung in operierter Körperregion.
Lungenarterienembolie (=LAE)	Jede neu diagnostizierte LAE während des ICU-Aufenthalts.
Isolation	Jeder Tag auf ICU, den ein Patient aufgrund eines Keimnachweises (Infektion, Besiedlung mit MRSA, VRE etc.) in Isolation verbringen musste.

2.10 Einteilung des Patientenkollektivs in 3 Ausgangsrisikogruppen „Patientenbelastung“

Das Kollektiv wurde in drei Ausgangsrisikogruppen eingeteilt. Diese Ausgangsrisiken wurden als niedrig (null maschinell ersetzte Organsysteme = „0M“), mittel (ein maschinell ersetztes Organsystem = „1M“) oder hoch (zwei oder drei maschinell ersetzte Organsysteme= „2M“) eingestuft. Die Gruppen wurden mit der Abkürzung „0M“, „1M“ und „2M“ bezeichnet. Die Anzahl der „M“s am Aufnahmetag entschied dabei über die Einteilung in die Ausgangsrisikogruppe. Während des gesamten Aufenthalts verblieben die Patienten in ihrer Ausgangsrisikogruppe, auch wenn sich im Verlauf die Anzahl der „M“s veränderte.

2.11 Endpunktorientierte Auswertung nach Ausgangsrisikogruppen „Patientenbelastung“

Die Versorgungskosten stellten den Endpunkt bei der Auswertung nach Ausgangsrisiken dar. Dabei wurden die Versorgungskosten jeder Gruppe deskriptiv ausgewertet und gegenübergestellt. Dies beinhaltete sowohl die DRG-Erlöse jeder Gruppe als auch die SAPS-II- und TISS-10-Scores in den einzelnen Gruppen. Die Darstellung erfolgte deskriptiv mit Boxplot-Diagrammen. Damit konnte die Verteilung der untersuchten Parameter dargestellt werden. Dies beinhaltete den Median, die Interquartilsrange (25.-75. Perzentile) und mögliche Ausreißer. Bei den Scores SAPS-II und TISS-10 wurden die über den gesamten Aufenthalt auf ICU gesammelten Punktwerte und die pro Tag und pro Patient gesammelten Punkte verglichen.

Neben der endpunktorientierten Auswertung wurden die 3 Gruppen auf weitere Unterschiede verglichen. Dazu gehörte die Dauer des Aufenthalts auf der ICU (=“Length-of-Stay“= „LOS“) , die Dauer der erhaltenen Therapien und die Anzahl der Komplikationen während des Aufenthalts. Auch hier wurde die Verteilung der erfassten Parameter mit Boxplot-Diagrammen dargestellt. Bei der Dauer der erhaltenen Therapien erfolgte die Darstellung in Prozent am Gesamtaufenthalt.

2.12 Auswertung nach dem Paretoprinzip bezogen auf den Endpunkt Versorgungskosten

Im zweiten Teil der Arbeit wurde das gesamte Kollektiv neu aufgeteilt. Das Paretoprinzip beschreibt das statistische Phänomen, dass eine kleine Anzahl hoher Werte mehr zum Gesamtwert einer Menge beiträgt als eine hohe Anzahl kleiner Werte. Es wurde erstmals von Vilfredo Pareto auf französisch veröffentlicht und beschrieb die Grundbesitzverhältnisse in Italien.(Pareto, 1897) Dabei erfolgt die Verteilung klassischerweise auf 20% und 80%. Ein gutes Beispiel, wie dieses Prinzip heute gerne Anwendung findet, sind Prüfungen in der Schule, bei denen mit 20% des Lernaufwands 80% der Ergebnisse erzielt werden können und die weiteren 20% der Ergebnisse die restlichen 80% des Aufwands kosten. Dieses Prinzip kann auch bei wirtschaftlichen oder finanziellen

Fragen befolgt werden. Beim vorliegenden Patientenkollektiv wurde das Paretoprinzip folgendermaßen angewendet: Die 20% der Patienten mit den höchsten Versorgungskosten wurden den weiteren 80% der Patienten mit niedrigeren Versorgungskosten gegenübergestellt und hinsichtlich verschiedener Parameter deskriptiv verglichen. Dazu gehörten die Komplikationen, die Dauer des Aufenthalts, die erhaltenen Therapien und die SAPS-II- und TISS-10-Scores. Auch hier erfolgte die Darstellung mit Boxplot-Diagrammen, wenn die Verteilung der Werte eines Parameters innerhalb seiner Gruppe (d.h. 20% oder 80%) gezeigt werden sollte. Wenn die Verteilung der Gesamtheit der erhobenen Werte auf die zwei Gruppen gezeigt werden sollte, wurden Balkendiagramme verwendet.

2.13 Auswertung alternativer Ausgangsrisikoparameter: SAPS-II und CFS

Abschließend wurde das Patientenkollektiv hinsichtlich alternativer Ausgangsrisikoparameter analysiert. Hierfür wurden analog zur Dreiteilung nach Anzahl maschineller Organersatzsysteme die Scoring-Systeme SAPS-II-Score und Clinical Frailty Scale in drei Gruppen unterteilt. Beim SAPS-II-Score gliederten sich die Gruppen wie folgt: Ein hohes Ausgangsrisiko entsprach einem SAPS-II-Score höher als 70 Punkte bei Aufnahme, ein mittleres Risiko entsprach einem Score zwischen 41 und 70 Punkten und ein niedriges Risiko entsprach einem Score kleiner gleich 40 Punkten. Bei der Clinical Frailty Scale wurde folgende Dreiteilung vorgenommen: Eine Punktzahl zwischen 7 und 9 entsprach einem hohen Ausgangsrisiko, 4 bis 6 Punkte einem mittleren Risiko und 1 bis 3 Punkte einem niedrigen Ausgangsrisiko. Die Patienten wurden gemäß ihrer Punktzahlen den Ausgangsrisikogruppen zugeteilt und hinsichtlich ihrer erzielten DRG-Erlöse, die auch hier den Endpunkt Versorgungskosten darstellten, mittels Boxplot-Diagrammen verglichen.

2.14 Verwendetes statistisches Testverfahren: Mann-Whitney-U-Test

Zusätzlich zur deskriptiven Auswertung wurde in dieser Arbeit der Mann-Whitney-U-Test verwendet um statistisch signifikante Unterschiede zwischen zwei Gruppen zu berechnen. Dieser ist nicht-parametrisch und vergleicht die zentrale Tendenz (Mediane und Verteilungen) zweier unverbundener Stichproben. (Medistat: U-Test nach Mann, Whitney

und Wilcoxon, o. J.) Die Werte der verglichenen Gruppen waren nicht normalverteilt, allerdings war die untersuchte Variable ordinalskaliert. Damit waren die Voraussetzungen für den Mann-Whitney-U-Test gegeben. Zur Durchführung werden zunächst alle Werte beider Stichproben aufsteigend der Größe nach sortiert. Entsprechend dieser Rangfolge wird jedem Wert eine Rangzahl zugeordnet. Anschließend werden die Summen der jeweiligen Rangzahlen pro Stichprobe bestimmt. Aus diesen Rangsummen berechnet man die Prüfgröße U:

$$U = \mathrm{n}_1 \mathrm{n}_2 + \frac{\mathrm{n}_1(\mathrm{n}_1 + 1)}{2} - R_1$$

R_1 ist die größere der beiden Rangsummen und n_1 und n_2 sind die Stichprobenumfänge.

Der kritische Wert U (n_1,n_2,α) wird durch das Signifikanzniveau α und die Stichprobenumfänge n_1 und n_2 bestimmt. (Schwarz, 2022) In dieser Arbeit ist das Signifikanzniveau von α = 0,05. Das verwendete Statistikprogramm „Graph Pad Prism 9“ berechnet bei jeder Analyse die Anzahl der verglichenen Werte, die Mediane beider Gruppen, die Prüfgröße U, die Summe der Ränge in beiden Rängen sowie den p-Wert.(Motulsky, 1995) Bei Vergleichen werden in dieser Arbeit die p-Werte, die Prüfgröße U (= „Mann-Whitney-U-Wert“) zur Vergleichbarkeit der Tests und die Mediane mit den Interquartilsabständen angegeben.

3 Ergebnisse

Im Ergebnisteil dieser Arbeit wird zunächst dargestellt, wie sich die primär festgelegten Ausgangsrisikogruppen bezüglich ihrer Größe, der erzielten DRG-Erlöse und der zentralen Tendenzen unterscheiden. Zuerst werden die Ausgangsrisikogruppen allgemein verglichen. (Gruppengrößen, erzielte Erlöse pro Gruppe, Mittelwerte) In der Folge werden die Verteilungen der Patienten innerhalb der Ausgangsrisikogruppen bezüglich des Endpunkts Versorgungskosten abgebildet. (DRG-Erlöse, SAPS-II- und TISS-10-Scores)

3.1 Übersicht der gesamten Versorgungskosten

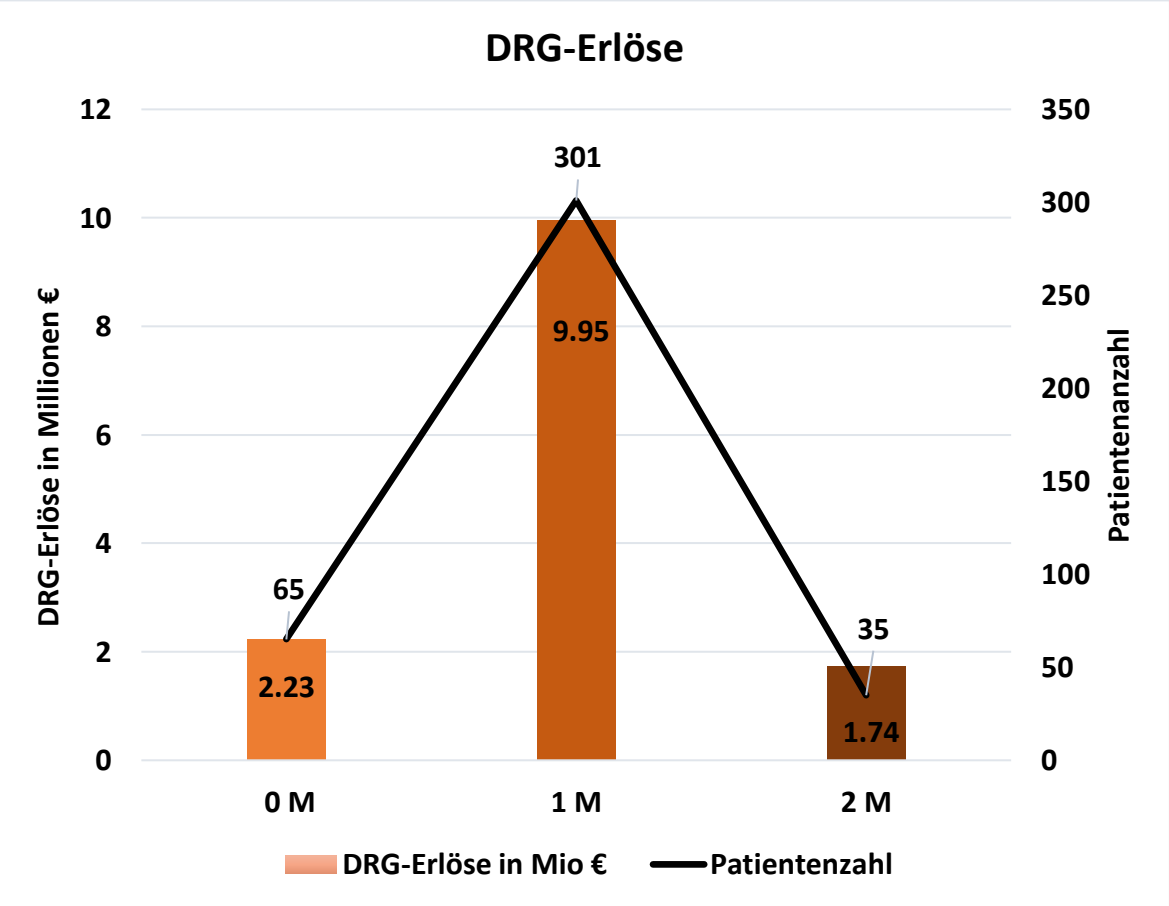

Abbildung 2: Übersicht über die erzielten DRG-Erlöse der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M, 1M und 2M inklusive der jeweiligen Patientenzahlen dieser Gruppen in einem intensivtherapieflichtigen Patientenkollektiv im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. DRG= Diagnose-related-Groups; 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

3.2 Vergleich der 3 Ausgangsrisikogruppen „Patientenbelastung“

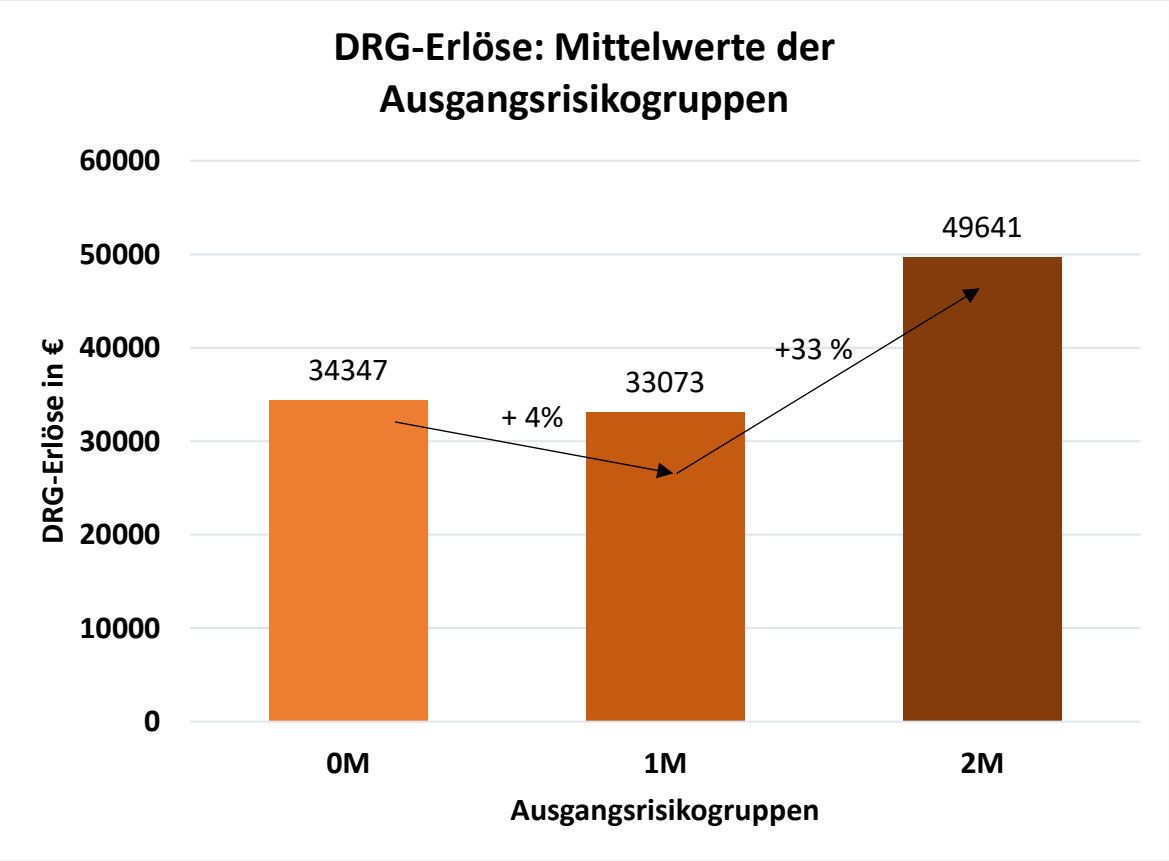

Abbildung 3: Vergleich der Mittelwerte der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M, 1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Die Werte zeigen an, wie hoch die erzielten DRG-Erlöse im Mittel lagen. Die prozentualen Angaben zeigen die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen an. DRG=Diagnose-related Groups. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

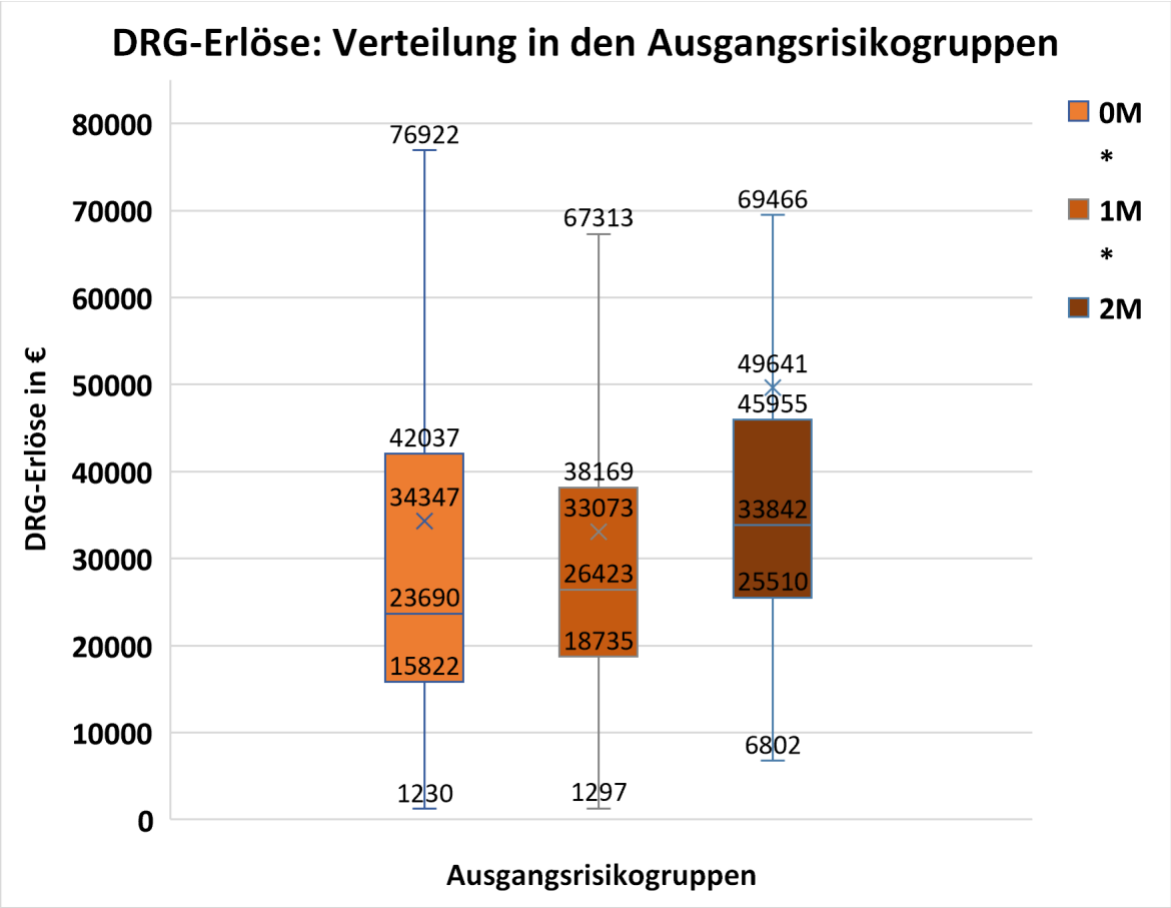

Abbildung 4: Vergleich der DRG-Erlöse pro Patient mittels Boxplots in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. Ausreißer werden aus Übersichtsgründen nicht dargestellt. DRG= Diagnose-related groups. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Tabelle 3: Vergleich der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M, 1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm bezüglich der DRG-Erlöse aus Abbildung 4. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. DRG=Diagnose-related groups. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Mann-Whitney-U-Test	**0M vs 1M**	**0M vs 2M**	**1M vs 2M**
p-Wert	0,1674	0,0184	0,0192
Signifikanzniveau erreicht	nein	ja	ja
Mann-Whitney-U	8714	813	3999

Im Vergleich der drei Ausgangsrisikogruppen „Patientenbelastung“ zeigte sich, dass sich die DRG-Erlöse zwischen 0M, 1M und 2M im Mittel stark unterscheiden. Dieser Unterschied relativiert sich allerdings, wenn man die Verteilung der DRG-Erlöse betrachtet. Die Interquartilsabstände der Gruppen überschneiden sich deutlich, was bedeutet, dass die Erlöse in ähnlichen Bereichen liegen. Trotzdem lässt sich mit dem Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied mit einem jeweiligen p-Wert von <0,02 zwischen der 2M-Gruppe und den beiden weiteren Gruppen zeigen.

3.3 Vergleiche der 3 Ausgangsrisikogruppen „Patientenbelastung“

3.3.1 SAPS II-Score und TISS-10-Score

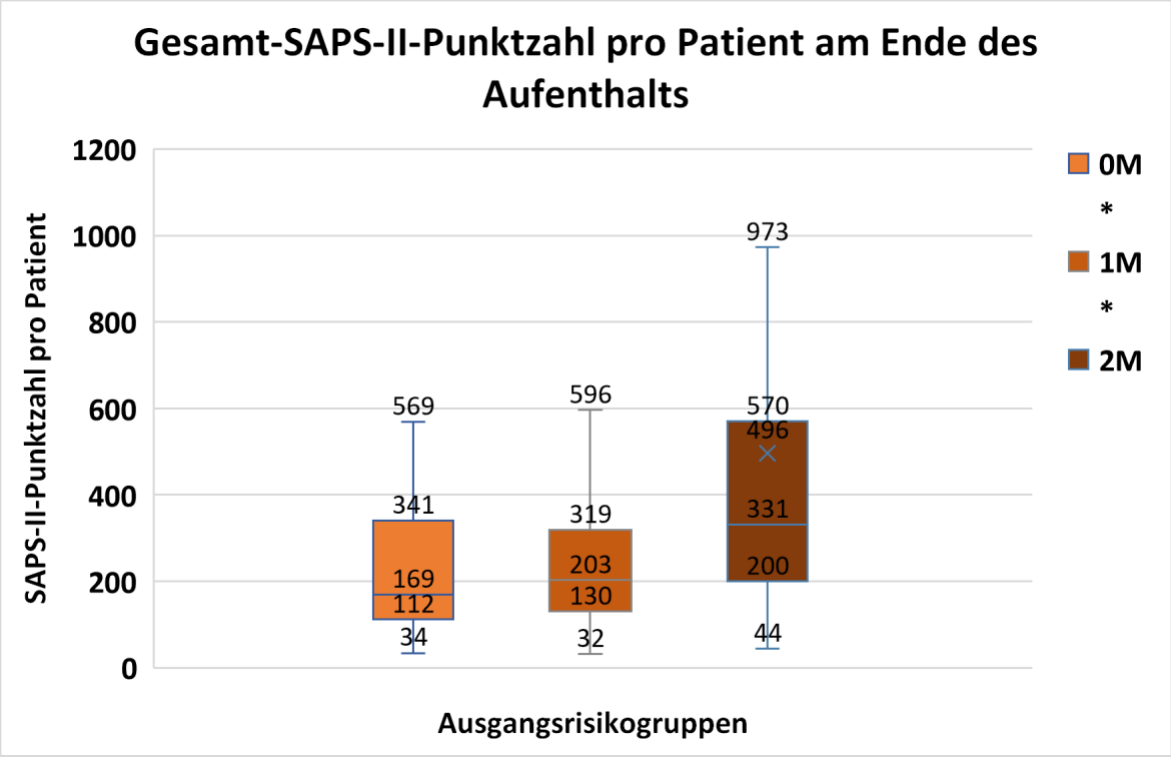

Abbildung 5: Vergleich der erzielten SAPS-II-Punktzahlen pro Patient am Ende des Aufenthalts mittels Boxplots in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm (Summe der SAPS-II-Punktzahlen, die ein Patient während des gesamten Aufenthalts erzielt hat). Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. In der 0M-Gruppe lag der Mittelwert bei 304, in der 1M-Gruppe bei 293. Aus Gründen der Übersicht wurde auf die Darstellung in dieser Graphik verzichtet. Das gleiche gilt für die Ausreißer. SAPS-II=Simplified acute physiology Score, zweite Version; 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Tabelle 4: Vergleich der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm bezüglich der SAPS-II-Punktzahlen aus Abbildung 5. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Mann-Whitney-U-Test	0M vs 1M	0M vs 2M	1M vs 2M
p-Wert	0,2655	0,0032	0,0021
Signifikanzniveau erreicht	nein	ja	ja
Mann-Whitney-U	6130	483	2987

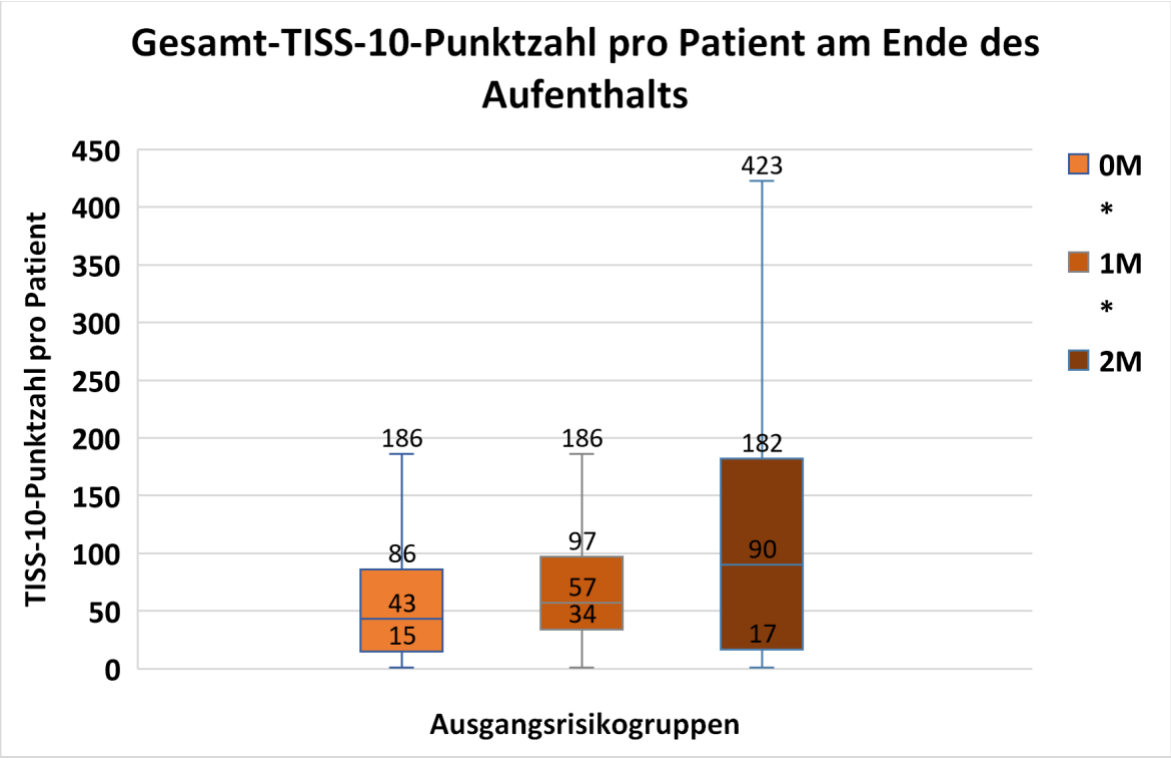

Abbildung 6: Vergleich der erzielten TISS-10-Punktzahlen pro Patient am Ende des Aufenthalts mittels Boxplots in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm (Summe der TISS-10-Punktzahlen, die ein Patient während des gesamten Aufenthalts erzielt hat). Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Aus Gründen der Übersicht wurde auf die Darstellung der Ausreißer, Mittelwerte und untersten Werte jeder Gruppe verzichtet. TISS-10= Therapeutic intervention scoring system, 10 Parameter; 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen

Tabelle 5: Vergleich der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm bezüglich der TISS-10-Punktzahlen aus Abbildung 6. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Mann-Whitney-U-Test	0M vs 1M	0M vs 2M	1M vs 2M
p-Wert	0,0710	0,0637	0,1453
Signifikanzniveau erreicht	nein	nein	nein
Mann-Whitney-U	5710	592	3748

Betrachtet man anschließend die genutzten Surrogatparameter SAPS-II- und TISS-10-Score am Ende des Aufenthalts, so zeigt sich hier, ähnlich zu den DRG-Erlösen, dass sich die Interquartilsabstände stark überschneiden. Die Mehrheit der Punktzahlen liegt also auch hier im gleichen Bereich. Parallel zu den berechneten Signifikanzen bei den DRG-Erlösen zeigt sich auch beim Surrogatparameter „SAPS-II-Punktzahlen am Ende des Aufenthalts“ ein signifikanter Unterschied zwischen der 2M-Ausgangsrisikogruppe und den beiden niedrigeren Risikogruppen. Beim Surrogatparameter „TISS-10-Punktzahlen am Ende des Aufenthalts“ ist der Unterschied jedoch bei keinem Vergleich signifikant.

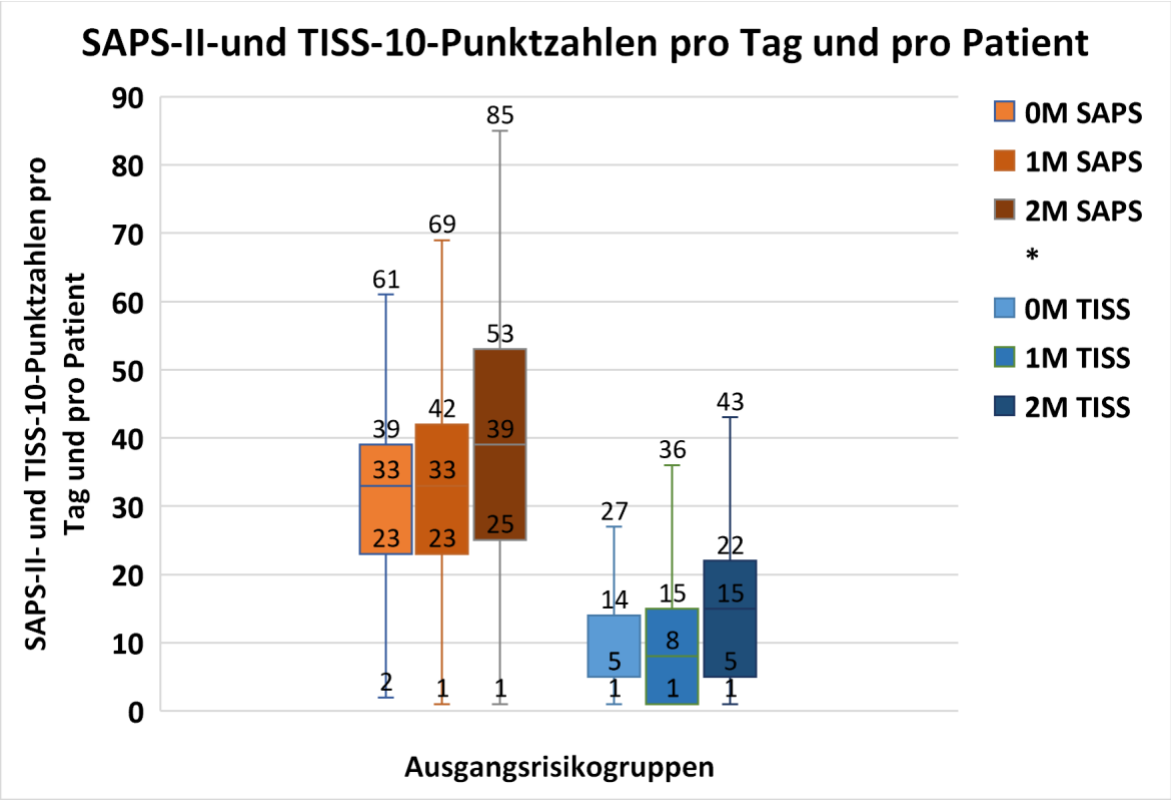

Abbildung 7: Es wird dargestellt, wie sich die Patienten in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm an einzelnen Tagen und unabhängig von der Länge des Aufenthalts in den SAPS-II- und TISS-10-Scores unterscheiden. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Aus Übersichtsgründen wurde auf die Darstellung der Mittelwerte und der Ausreißer in der Abbildung verzichtet. SAPS-II= Simplified acute physiology score, 2.Version; TISS-10= Therapeutic intervention scoring system, 10 Parameter; 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Tabelle 6: Vergleich der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm bezüglich der SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen pro Patient pro Tag aus Abbildung 7. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Mann-Whitney-U-Test	**SAPS-II-Score**			**TISS-10-Score**		
	0M vs 1M	0M vs 2M	1M vs 2M	0M vs 1M	0M vs 2M	1M vs 2M
p-Wert	0,1049	<0,0001	<0,0001	0,5376	<0,0001	<0,0001
Signifikanz-niveau erreicht	nein	ja	ja	nein	Ja	ja
Mann-Whitney-U	484875	60070	352795	471573	52074	302155

Bei der Betrachtung der SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen pro Tag pro Patient zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei den Gesamtpunktzahlen dieser Scores und bei den DRG-Erlösen. Die Interquartilsabstände der Risikogruppen überschneiden sich bei beiden Scores. Jedoch wird bei den berechneten p-Werten ersichtlich, dass sich die Ausgangsrisikogruppe „2M“ signifikant von den beiden niedrigeren Ausgangsrisikogruppen unterscheidet.

3.3.2 Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation

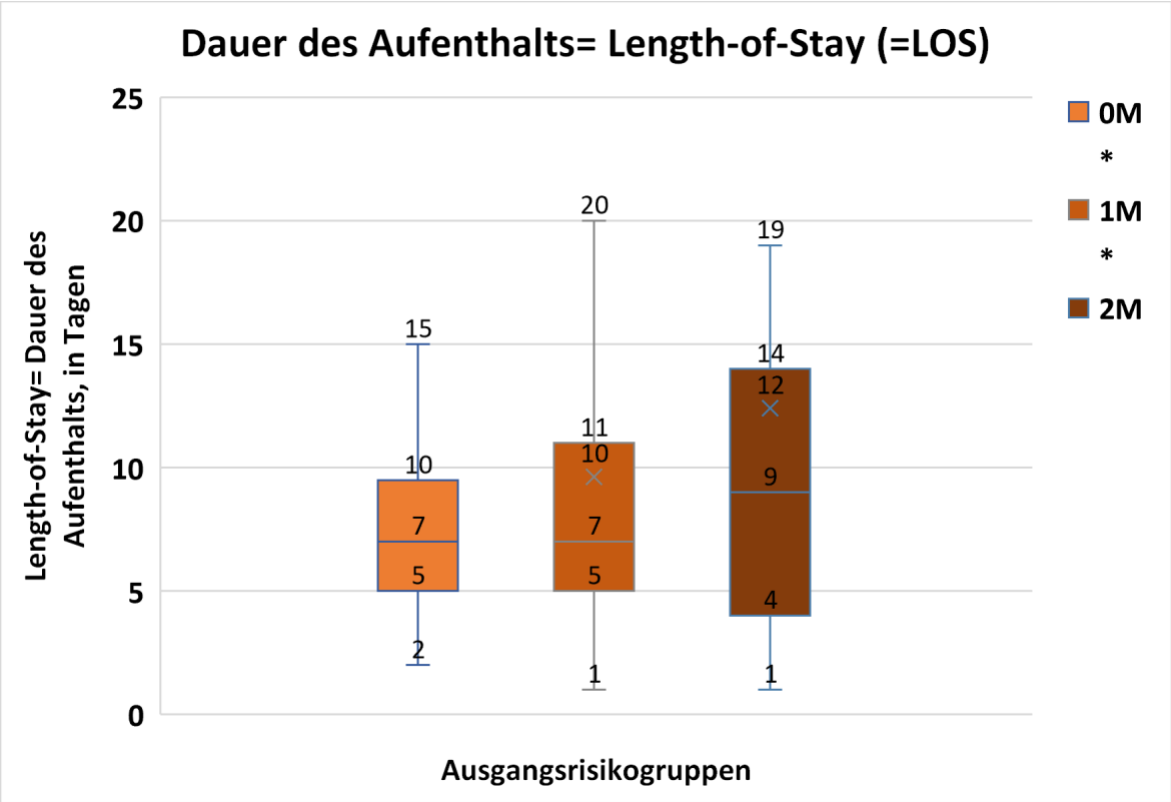

Abbildung 8: Vergleich der Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. Aus Übersichtsgründen wurde der Mittelwert der 0M-Gruppe nicht dargestellt (=10), gleiches gilt für die Ausreißer. LOS= Length-of-Stay; 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Tabelle 7: Vergleich der drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm bezüglich der Length-of-Stay (=LOS) aus Abbildung 8. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Mann-Whitney-U-Test	0M vs 1M	0M vs 2M	1M vs 2M
p-Wert	0,2163	0,4021	0,9821
Signifikanzniveau erreicht	nein	nein	nein
Mann-Whitney-U	2927	226	3452

Bei der Länge des Aufenthalts auf der Intensivstation gleichen sich die Interquartilsabstände beinahe. Während die IQRs der Gruppen M0 und M1 beide zwischen 5 und 10 bzw. 11 liegen und der Median bei 6 bzw. 7 Tagen liegt, so ist es bei der Gruppe M2 ein IQR zwischen 4 und 11 und ein Median von 8 Tagen.

3.3.3 Anzahl der organ-unterstützenden und/oder -ersetzenden Therapien

Um genau aufzeigen zu können, wie sich die Gruppen bezüglich der durchgeführten Therapien unterscheiden, wurde anteilig am Gesamtaufenthalt eines jeden Patienten die Anzahl der Tage einer erhaltenen Therapie prozentual dargestellt. Dies ermöglicht, im Gegensatz zu absoluten Zahlen, unterschiedlich lange Aufenthalte von Patienten verschiedener Ausgangsrisikogruppen besser vergleichen zu können. Daher sind auf den in diesem Kapitel gezeigten Abbildungen die erhaltenen Therapien in Prozent am Gesamtaufenthalt als Boxplot-Diagramme dargestellt. Zum Beispiel: Ein High Flow-Wert von 100% bedeutet, dass der Patient an allen Tagen, die er auf der ICU lag, eine High-Flow-Atemunterstützung erhielt.

3.3.3.1.1 Lunge

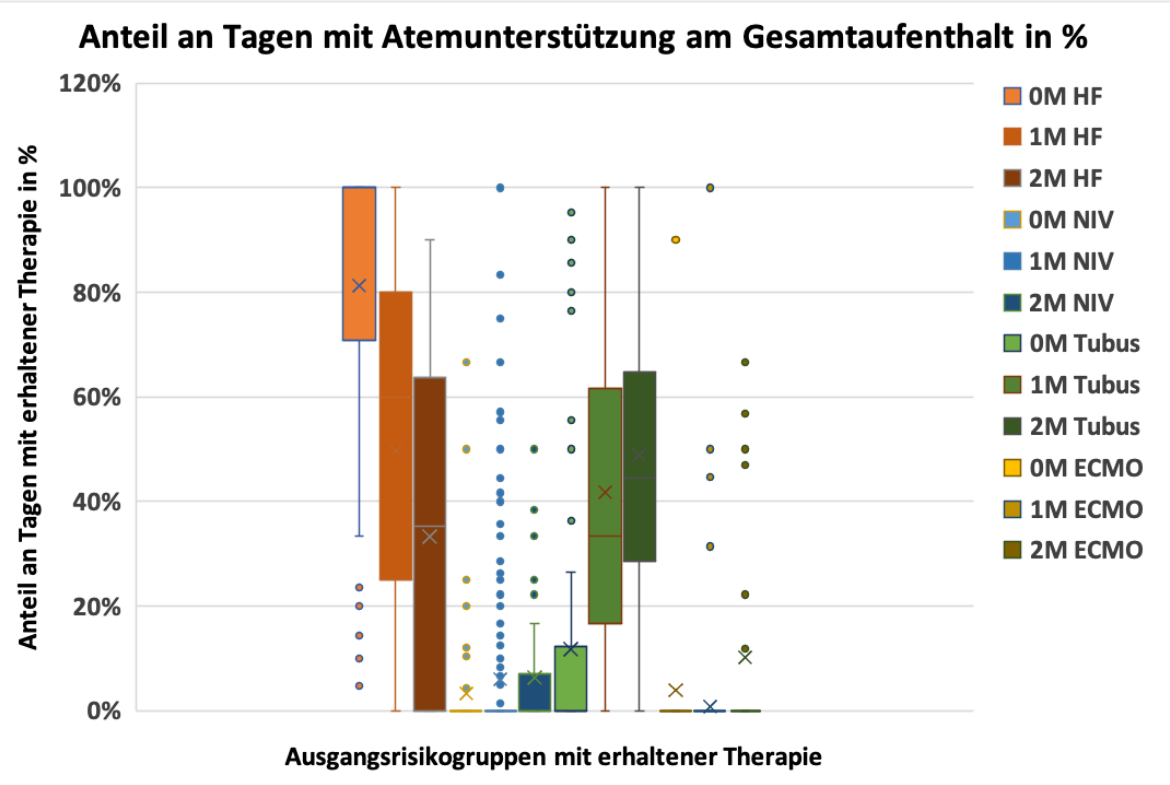

Abbildung 9: Darstellung der Unterstützung und des Ersatzes des Organsystems Lunge in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. HF= High Flow Nasenbrille (rot), NIV=Nicht-Invasive Beatmung (blau), Tubus (grün), ECMO= Extrakorporale Membranoxygenierung (gelb), 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Das Organsystem Lunge wird vor allem mit der High-Flow-Nasenbrille unterstützt. Werden bei Patienten ein oder zwei Organsysteme maschinell ersetzt, so sind diese Patienten an circa 30% bis 60% der Tage auf der ICU intubiert. Der Anteil an Tagen mit einem NIV-Atemersatz oder einer ECMO-Therapie ist so gering, dass diese in der relativen Darstellung hauptsächlich als Ausreißer abgebildet werden.

3.3.3.1.2 Leber und Knochenmark

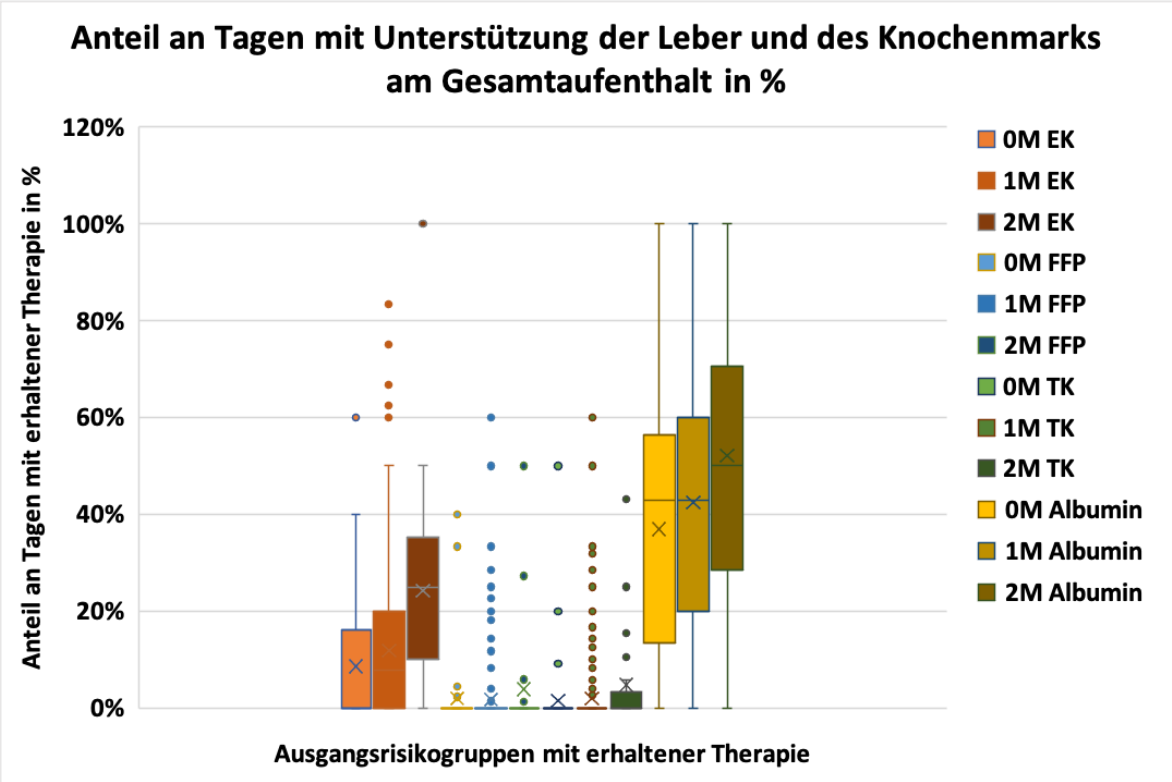

Abbildung 10: Darstellung der Unterstützung des Organsystems Leber und des Organsystems Knochenmark in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. EK= Erythrozytenkonzentrat (rot), FFP= Fresh frozen plasma (blau), TK= Thrombozytenkonzentrat (grün), Albumin (gelb); 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Das Knochenmark wird in seiner Funktion häufig durch die Gabe von Erythrozytenkonzentraten unterstützt. Während bei den Gruppen 0M und 1M der Anteil der Tage meist unter 20% liegt, ist es bei der 2M-Gruppe so, dass diese Patienten im Median an 25% der Tage eine solche Unterstützung erhielten. Fresh Frozen Plasma und

Thrombozytenkonzentrate wurden selten gegeben, sodass auch hier die relative Darstellung nur aus Ausreißerpunkten besteht (Der Boxplot liegt in seiner Gesamtheit bei 0). Albumin hingegen wurde in allen drei Gruppen sehr häufig gegeben. Hier bekamen die Patienten aller drei Gruppen ungefähr an der Hälfte der Tage eine Unterstützung des Organsystems Leber. (Median M0: 43%, M1:43%, M2: 50%)

3.3.3.1.3 Kreislauf

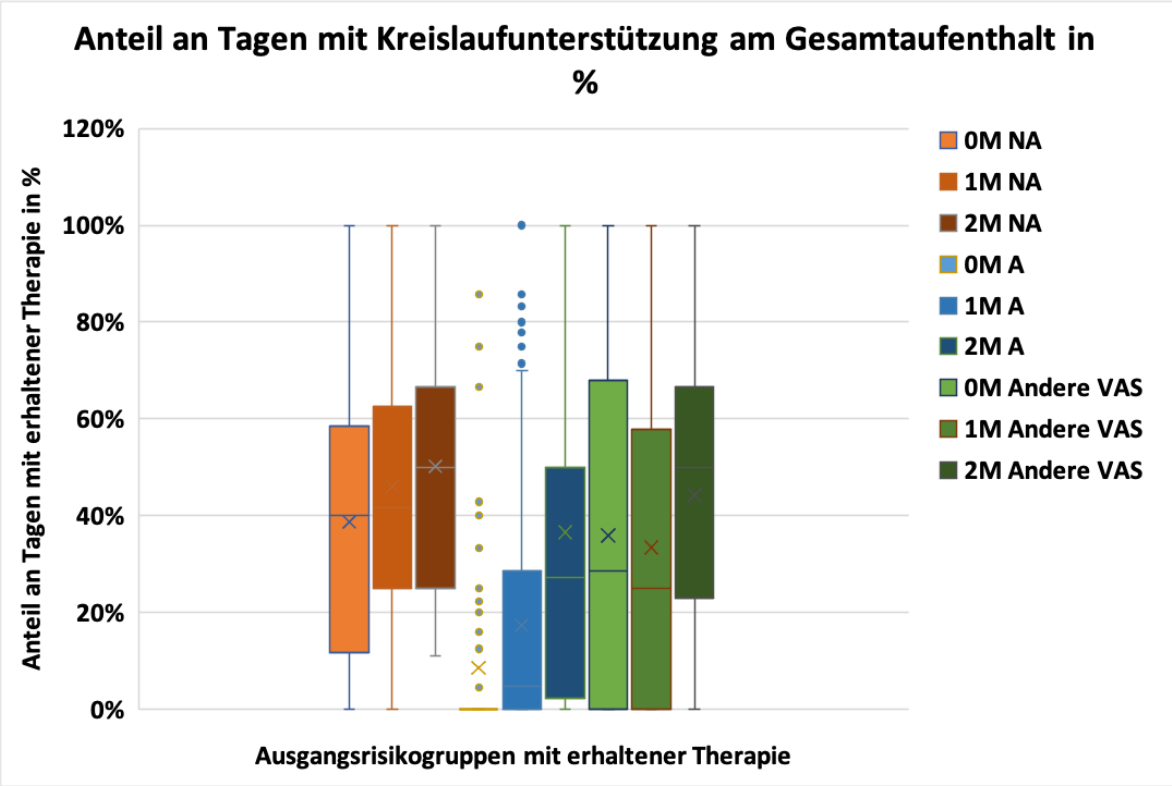

Abbildung 11: Darstellung der Unterstützung des Organsystems Kreislauf in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe. In der 0M-Gruppe wurde Adrenalin so selten gegeben, dass der Boxplot in seiner Gesamtheit bei 0 liegt und nur Ausreißerpunkte dargestellt werden. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. NA= Noradrenalin (rot), A= Adrenalin (blau), VAS= Vasoaktive Substanzen(=Terlipressin, Clonidin, Urapidil)(grün). Dobutamin und der maschinelle Organersatz IABP(=Intraaortale Ballonpumpe) wurden trotz Erfassung der Übersicht halber nicht dargestellt, da der Boxplot bei beiden Parametern in allen 3 Risikogruppen bei 0% lag. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Eine Kreislaufunterstützung wurde bei allen Gruppen ähnlich häufig eingesetzt. Meist wurde Noradrenalin und oder eine andere vasoaktive Substanz (Terlipressin, Clonidin, Urapidil) eingesetzt. Die Verwendung von Adrenalin wurde häufiger, wenn Organsysteme

ersetzt werden mussten. Dobutamin wurde so selten verwendet, dass diese Substanz trotz Erfassung nicht separat aufgelistet wurde.

3.3.3.1.4 Niere

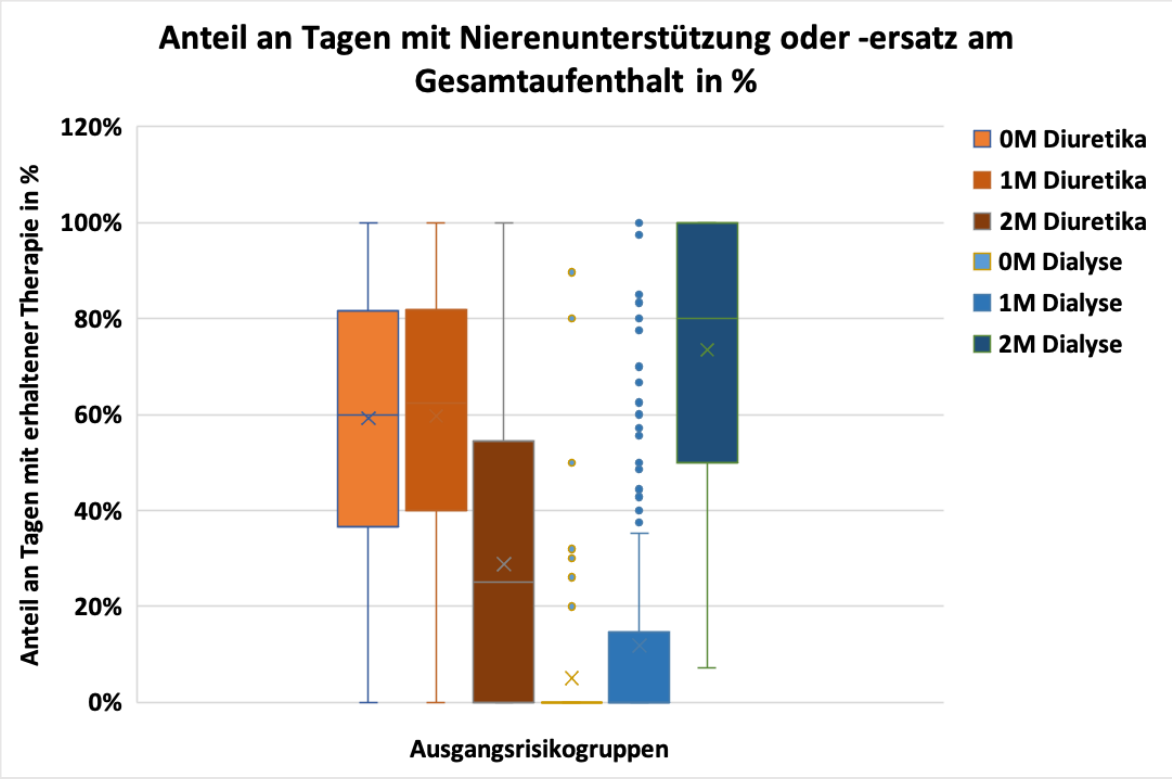

Abbildung 12: Darstellung der Unterstützung und des maschinellen Ersatzes des Organsystems Niere in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange (=gesamte Box) angezeigt. Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe. In der 0M-Gruppe wurde so selten im Verlauf eine Dialyse angewendet, dass nur Ausreißer dargestellt werden und der Boxplot in seiner Gesamtheit bei 0 liegt. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. Diuretika (rot) und Dialyse (blau). 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Diuretika gehörten zu sehr häufig eingesetzten Medikamenten zur Unterstützung der Nierenfunktion. Während bei 0M und 1M im Median an 60% der Tage Diuretika verabreicht wurden, sank diese Zahl bei der 2M-Gruppe auf 25%. Bei Nierenersatzverfahren kann man Umgekehrtes beobachten. Liegt der Median bei 0M und 1M unter 10%, so liegt er bei der 2M-Gruppe bei 80%.

3.3.3.1.5 Zentrales Nervensystem

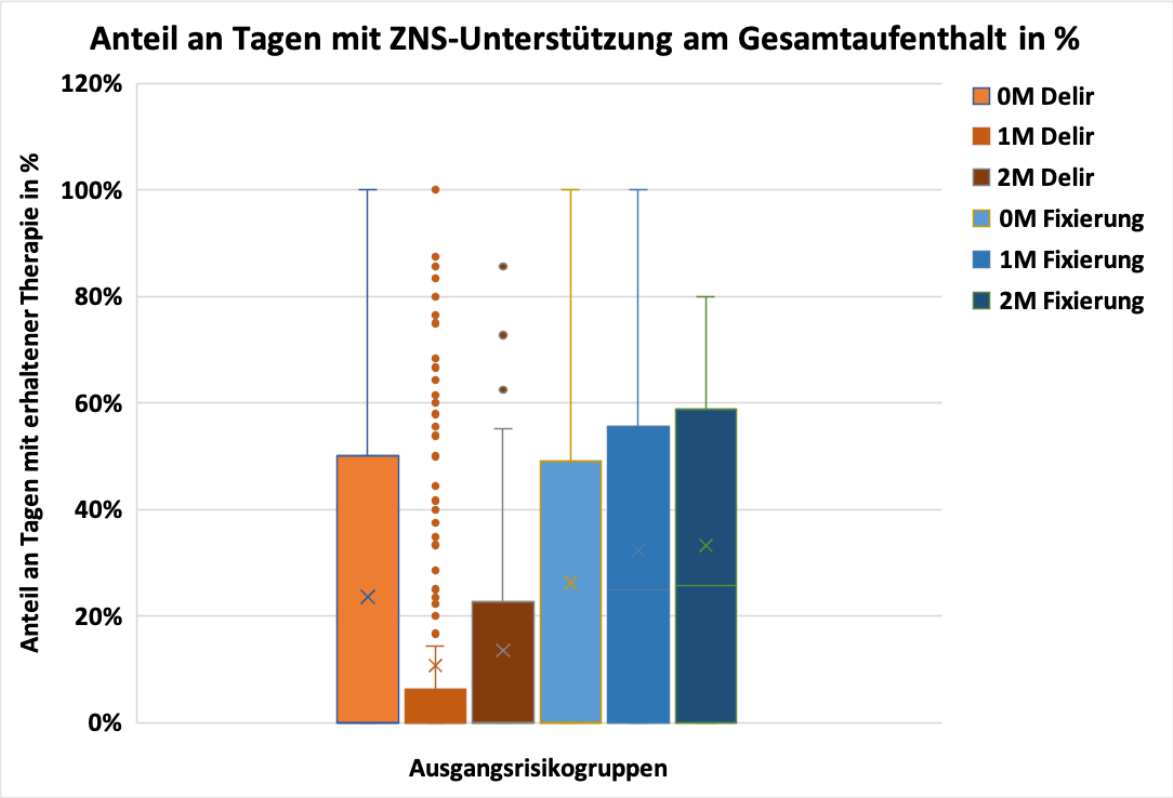

Abbildung 13: Darstellung der Unterstützung des Organsystems ZNS= Zentrales Nervensystem in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange (=gesamte Box) angezeigt. Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe. Die Kreuze markieren die Mittelwerte. Delir= Antidelirante Medikation bei postoperativem Delir (= Melperon, Haloperidol, Risperidon, Dexmedetomidin) (rot) und Fixierung= kurzzeitige 3- oder 5-Punktfixierung bei postoperativem Delir (blau). 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Bei der Unterstützung des zentralen Nervensystems wurden sowohl eine antidelirante Medikation als auch eine Fixierung bei allen drei Gruppen ähnlich häufig eingesetzt.

3.3.4 Vergleich aufgetretener Komplikationen in den Ausgangsrisikogruppen

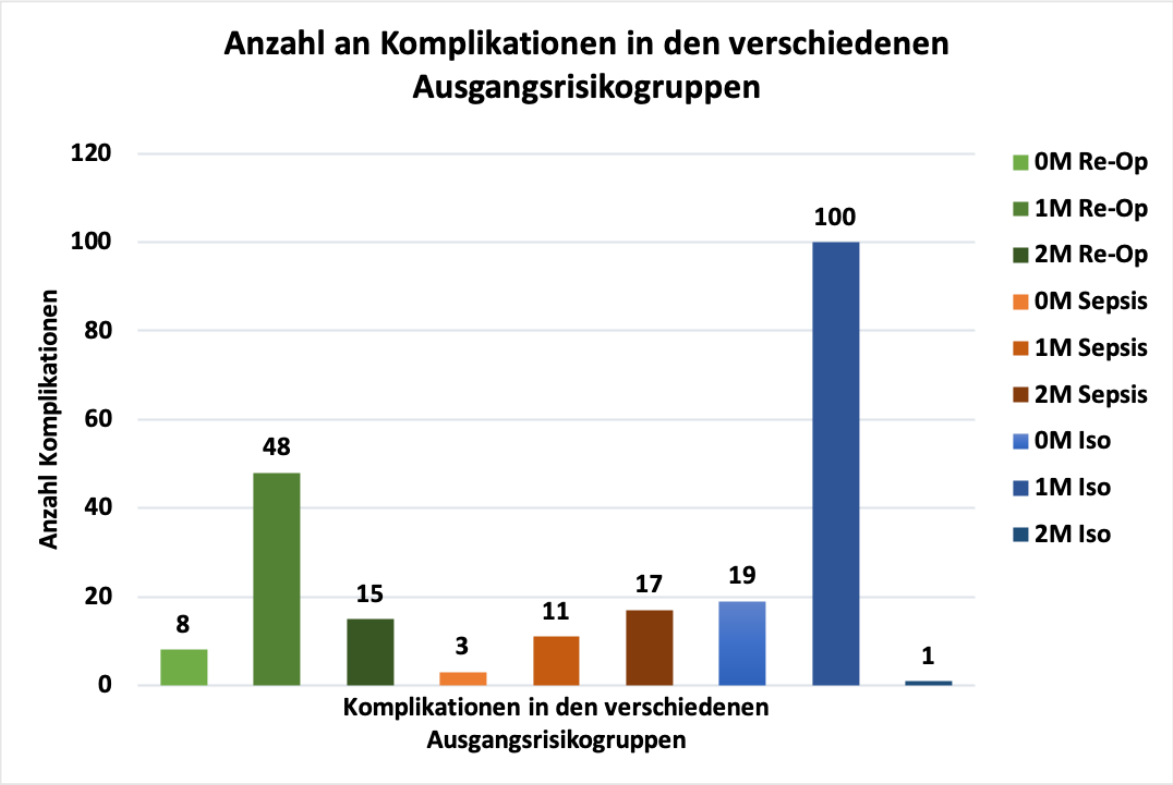

Abbildung 14: Darstellung der aufgetretenen Komplikationen in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation (=IOI) des Universitätsklinikums Ulm in absoluten Zahlen. Re-Op= Jede neue Operation eines Patienten während seines Aufenthalts (grün), Sepsis= Behandlung bei Verdacht auf Sepsis jeglicher Genese. Bei fortlaufender Therapie wurde jeder Tag als Tag mit Komplikation gewertet (rot), Iso= Isolation= Jeder Tag auf IOI, die ein Patient aufgrund einer Infektion oder Besiedlung in Isolation verbringen musste (blau). 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

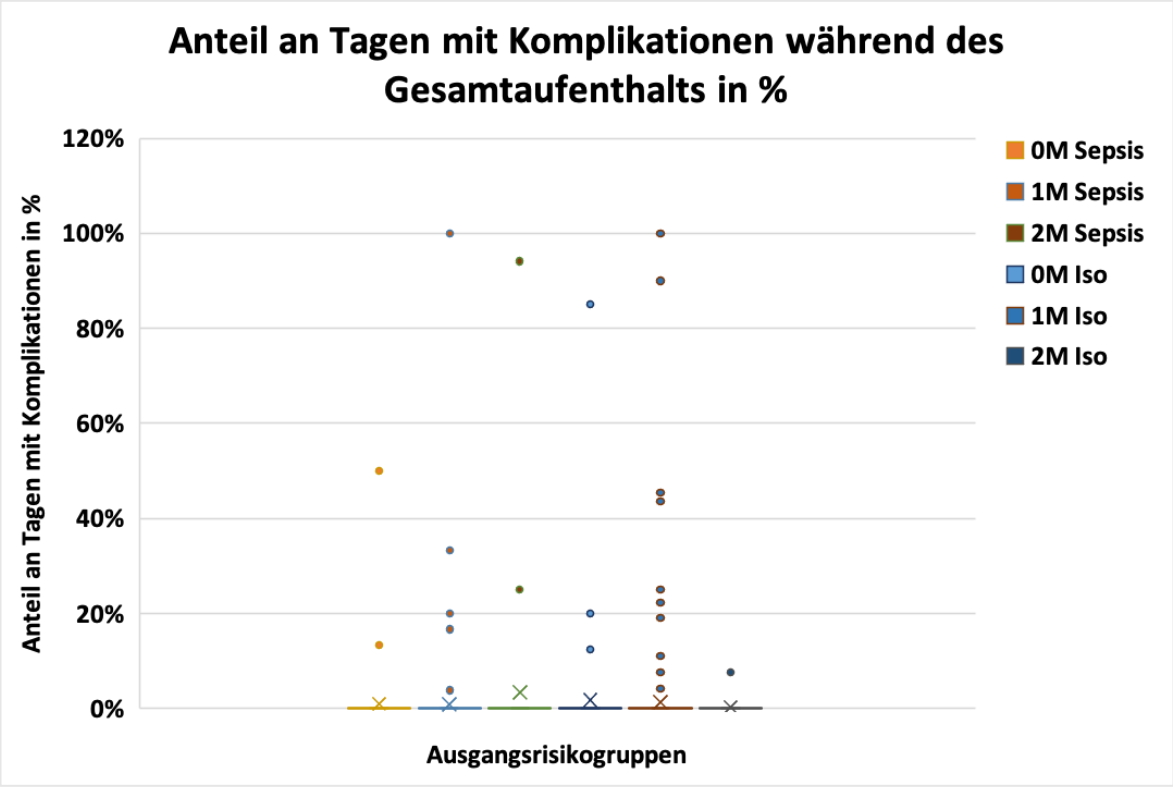

Abbildung 15: Darstellung der aufgetretenen Komplikationen in den drei gewählten Ausgangsrisikogruppen 0M,1M und 2M eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation (=IOI) des Universitätsklinikums Ulm in relativen Zahlen (=% am Gesamtaufenthalt). Die Punkte markieren Ausreißer der jeweiligen Risikogruppe, wohingegen Mittelwerte als Kreuze dargestellt werden und die eigentlichen Boxplots in dieser Graphik allesamt bei 0 liegen. Die abgebildeteten Komplikationen sind hauptsächlich Ausreißer. Sepsis= Behandlung bei Verdacht auf Sepsis jeglicher Genese. Bei fortlaufender Therapie wurde jeder Tag als Tag mit Komplikation gewertet(rot), Iso= Isolation= Jeder Tag auf IOI, die ein Patient aufgrund einer Infektion oder Besiedlung in Isolation verbringen musste (blau). Die Komplikation „Re-Op" wurde im Gegensatz zu Abbildung 14 nicht prozentual dargestellt, da es sich um ein singuläres Ereignis handelt. 0M= niedriges Ausgangsrisiko mit 0 maschinell ersetzten Organsystemen; 1M= mittleres Ausgangsrisiko mit 1 maschinell ersetztem Organsystem; 2M= hohes Ausgangrisiko mit 2-3 maschinell ersetzten Organsystemen.

Komplikationen traten in den drei Ausgangsrisikogruppen recht unterschiedlich gehäuft auf. Bei der 1M-Gruppe fielen zwei Spitzenwerte (48 Re-Operationen, 100 Isolationstage) auf. Diese relativieren sich aber, wenn man zugrunde legt, dass dieser Gruppe 301 der insgesamt 401 erfassten Patienten angehören. So zeigt sich auch in Abbildung 15, dass die absoluten Zahlen aus Abbildung 14, relativ betrachtet, Ausreißer der Gruppen sind. Komplikationen waren während des Erhebungszeitraums seltene Ereignisse und gleichmäßig über die Gruppen verteilt.

3.4 Paretoprinzip: „20%“ höchste Versorgungskosten gegenüber „80%“ geringere Versorgungskosten

Nach Aufteilung des Gesamtkollektivs nach dem Paretoprinzip in zwei Gruppen umfasste die Gruppe mit 20% der höchsten DRG-Erlöse 80 Patienten und die Gruppe mit 80% der niedrigeren DRG-Erlöse 321 Patienten. Der Grenzwert betrug 45955€. Alle Patienten, die gleich viel oder mehr erlösten, befanden sich in der Gruppe der höheren DRG-Erlöse. Patienten, die weniger erlösten, wurden der Gruppe der niedrigeren DRG-Erlöse zugeordnet.

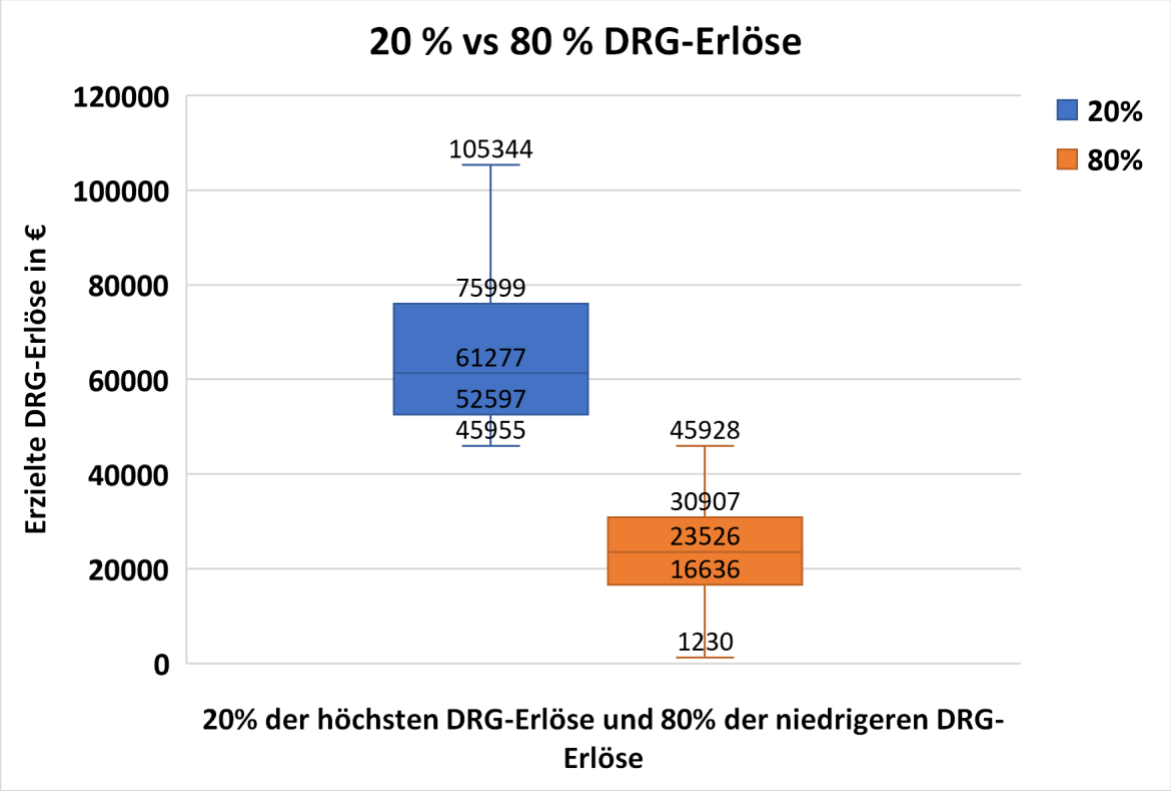

Abbildung 16: Vergleich der DRG-Erlöse mit 20% der höchsten DRG-Erlöse (blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse (orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. DRG=Diagnose-related Groups. Die Mittelwerte wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

3.5 Vergleiche der Gruppen „20%“ und „80%“

3.5.1 Anzahl ersetzter Organsysteme

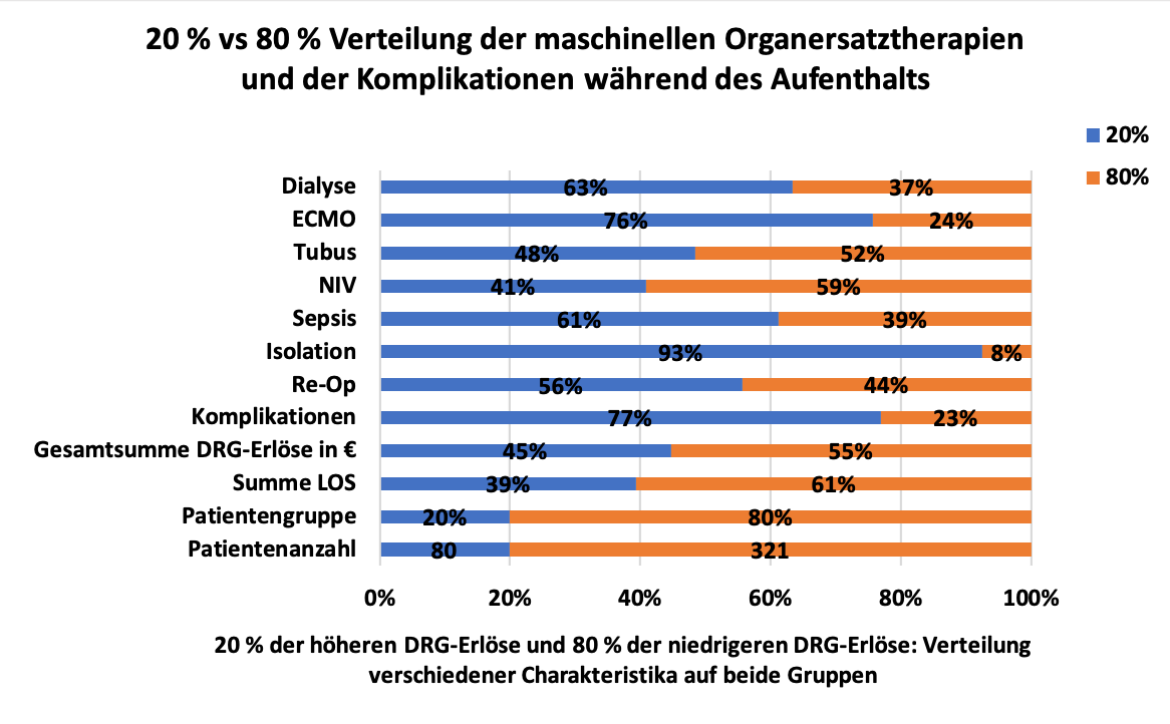

Abbildung 17: Vergleich der DRG-Erlöse mit 20% der höchsten DRG-Erlöse(blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse(orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation (=IOI) des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich der maschinellen Organersatztherapien, der wichtigsten Komplikationen und der DRG-Erlöse im relativen Anteil an 100%(=Gesamtheit aller Therapien, Komplikationen und DRG-Erlösen). ECMO=Extrakorporale Membranoxygenierung, NIV=Nicht-invasive Beatmung, Re-Op= Jede neue Operation des während des Aufenthalts, DRG=Diagnose-related Groups, LOS= Length-of-Stay/Dauer des Aufenthalts auf der IOI

Tabelle 8: Auflistung absoluter Werte des Vergleichs der DRG-Erlöse mit 20% der höchsten DRG-Erlöse und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. ECMO=Extrakorporale Membranoxygenierung, NIV=Nicht-invasive Beatmung; Re-Op.= Re-Operation, Jede neue Operation während des Aufenthalts; Iso.= Tage in Isolation; Kompl.=Alle Tage mit Komplikationen summiert; DRG=Diagnose-related Groups; LOS= Length-of-Stay/Dauer des Aufenthalts.

	Patienten	Summe LOS	Gesamtsumme DRG-Erlöse in €	Kompl.	Re-Op.	Iso.	Sepsis	NIV	Tubus	ECMO	Dialyse
20% höhere DRG-Erlöse	80	1556	6224776	173	39	111	19	77	820	90	526
80% niedrigere DRG-Erlöse	321	2392	7700106	52	31	9	12	111	874	29	304
Gesamtsummen des Kollektivs	401	3948	13924882	225	70	120	31	188	1694	119	830

Im Vergleich der beiden Gruppen zeigten sich einige Auffälligkeiten. Die Patienten mit den höheren DRG-Erlösen erbrachten 63% aller Tage des maschinellen Organersatzes Niere. Das heißt, dass von allen Dialysen, die im gesamten Zeitraum pro Patient und pro Tag durchgeführt wurden, 63% bei der 20%-Gruppe durchgeführt wurden. Bei erhaltener ECMO-Therapie, die die Maximaltherapie des maschinellen Lungenersatzes darstellt, betrug der Anteil sogar 76%. Betrachtet man die Komplikationen im Gesamten betrug der Anteil der 20%-Gruppe 77%. In den Subgruppen stellte sich bei allen Komplikationen heraus, dass die 20%-Gruppe für mehr als die Hälfte der Tage verantwortlich war. Bei der Isolation fielen sogar 93% aller Tage, die in Isolation verbracht wurden, auf die 20%-Gruppe. Bei den Kosten konnte man dagegen feststellen, dass die 20%-Gruppe nur 45% der gesamten DRG-Erlöse einbrachte und auch nur 39% Anteil an allen Aufenthaltstagen (=LOS) hatte.

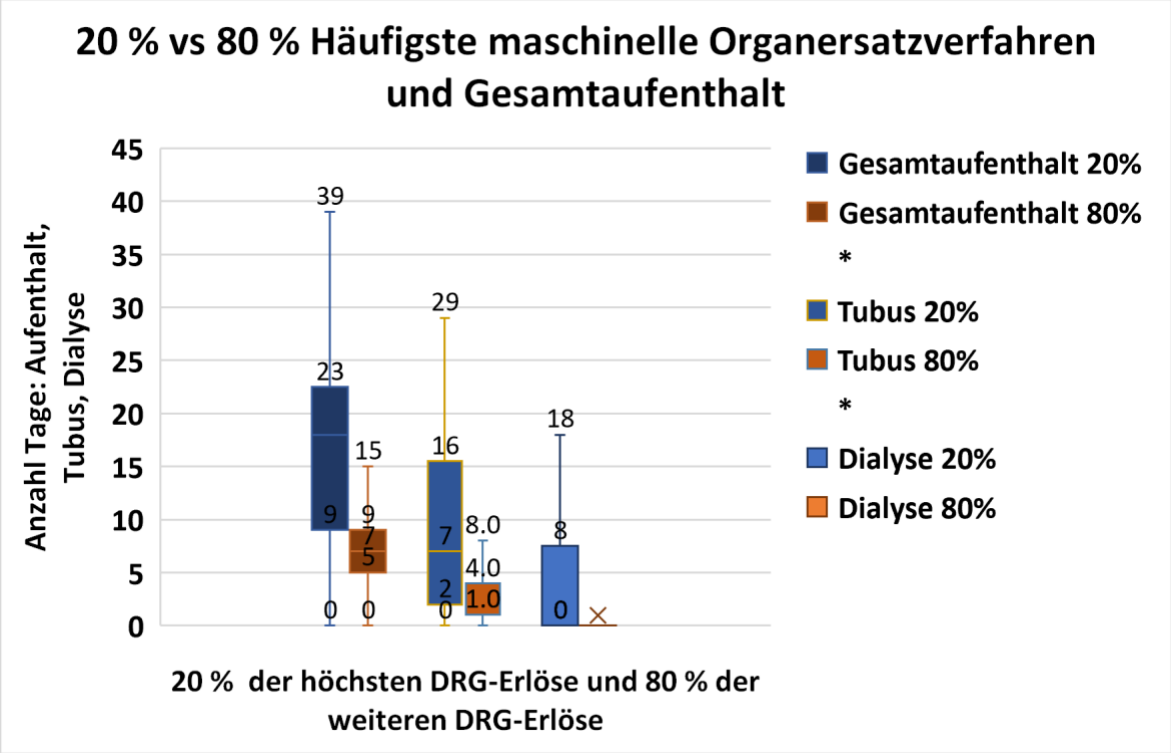

Abbildung 18: Darstellung der am häufigsten erhaltenen maschinellen Organersatzverfahren und des Gesamtaufenthalts auf der ICU in Anzahl Tagen(=LOS) mit 20% der höchsten DRG-Erlöse(blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse(orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Ausreißer, die Mittelwerte, der Median der 20%-Gruppe des Gesamtaufenthalts(=19) und der unterste Wert der Tubus 80 %-Gruppe (=0) nicht dargestellt. Die Dialyse 80%-Gruppe stellt sich hier kaum dar, da der Boxplot in seiner Gesamtheit bei 0 liegt. DRG= Diagnose-related-groups.

Tabelle 9: Wichtige Werte des Vergleichs aus Abbildung 18 mit 20% der höchsten DRG-Erlöse und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation (=IOI) des Universitätsklinikums Ulm. DRG= Diagnose-related-groups. IQR= Interquartilsrange (25-75%); DRG= Diagnose-related Groups; LOS=Length-of-Stay/ Gesamtaufenthalt auf der IOI in Anzahl Tagen, Die Anzahl der Tage mit Tubus oder Dialyse sind relativ dargestellt, d.h. der Anteil der Tage der jeweiligen Therapie am Gesamtaufenthalt. Zusätzlich wurden die Unterschiede der beiden Gruppen mittels p-Werten dargestellt und der Mann-Whitney-U-Wert dargestellt. Werte ohne Einheit.

	Median 20%	**IQR 20%**	**Median 80%**	**IQR 80%**	**p-Wert**	**Signifikanzniveau erreicht**	**Mann-Whitney-U-Wert**
LOS (absolut)	19	9-23	7	5-9	<0,0001	ja	4751
Tubus (relativ)	55%	17-81%	25%	13-50%	0,0008	ja	9764
Dialyse (relativ)	0%	0-50%	0%	0-0%	0,0015	ja	10563

Zusätzlich kann man die häufigsten maschinellen Organersatzverfahren vergleichen. Hier zeigt sich (siehe Abbildung 18 und Tabelle 9), dass der Gesamtaufenthalt auf der ICU im Median bei der 20%-Gruppe hoch signifikant länger war als bei der 80%-Gruppe. In dieser Zeit waren die Patienten der 20% Gruppe im Median auch länger intubiert und wurden länger dialysiert. Die weiteren maschinellen Organersatzverfahren waren in ihrem Umfang gering und wurden deswegen nicht noch einmal gesondert verglichen.

3.5.2 SAPS-II- und TISS-10-Scores

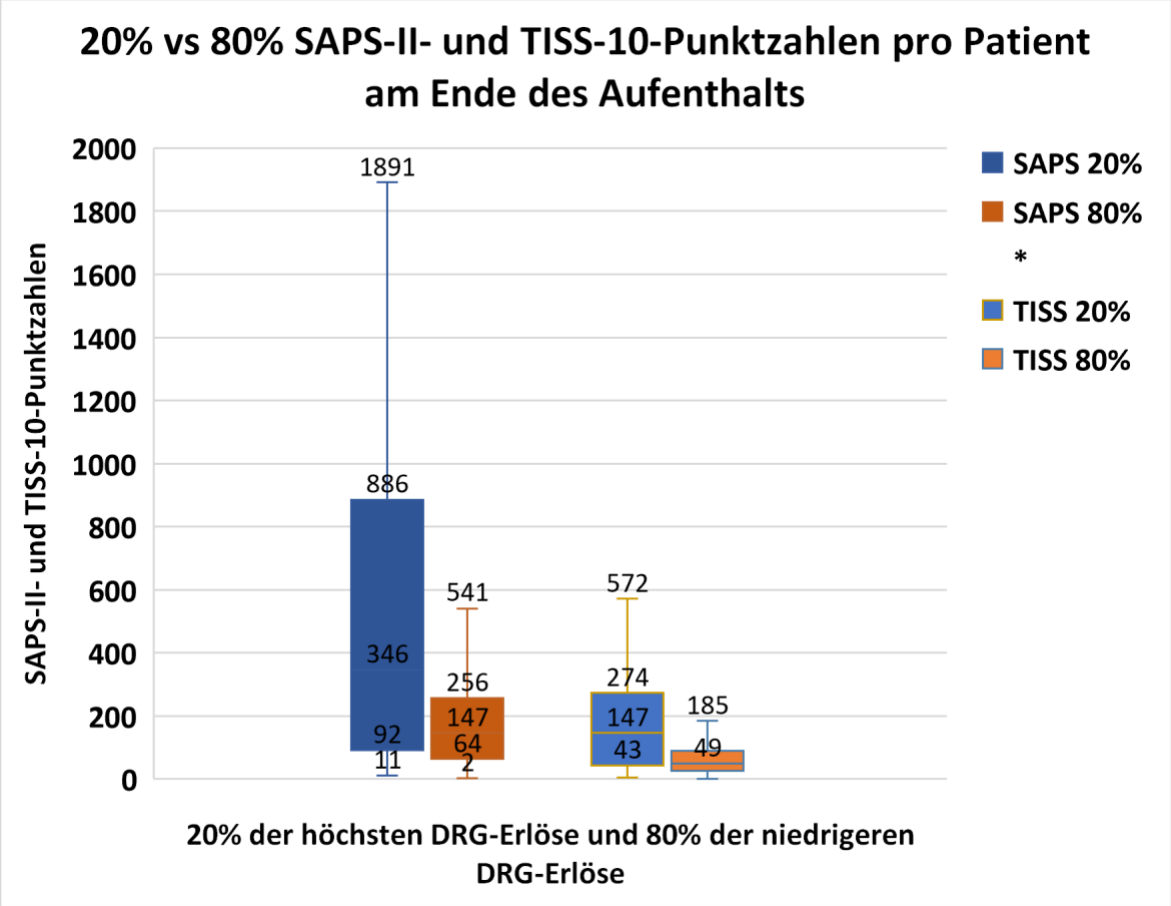

Abbildung 19: : Vergleich der Gruppen 20% der höchsten DRG-Erlöse (blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse (orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich der erzielten SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen pro Patient am Ende des Aufenthalts mittels Boxplots (Summe der SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen, die ein Patient während des gesamten Aufenthalts erzielt hat). Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=gesamte Box) angezeigt. Aus Gründen der Übersicht wurde auf die Darstellung der Mittelwerte, der Ausreißer sowie den untersten Punkt der TISS 20%-Gruppe verzichtet. In der TISS 80%-Gruppe wurde zudem auf die Werte der Interquartilsrange verzichtet. DRG= Diagnose-related-Groups; SAPS=SAPS-II-Score= Simplified acute physiology score, 2.Version; TISS= TISS-10-Score= Therapeutic intervention scoring system, 10 Parameter.

Tabelle 10: Wichtige Werte des Vergleichs aus Abbildung 19 mit 20% der höheren DRG-Erlöse und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. DRG= Diagnose-related-groups, IQR= Interquartilsrange, SAPS=SAPS-II-Score= Simplified acute physiology score, 2.Version; TISS= TISS-10-Score= Therapeutic intervention scoring system, 10 Parameter.. Zusätzlich wurden die Unterschiede der beiden Gruppen mittels p-Werten und der Mann-Whitney-U-Wert dargestellt. Werte ohne Einheit.

	Median 20%	IQR 20%	Median 80%	IQR 80%	p-Wert	Signifikanz-niveau erreicht	Mann-Whitney-U-Wert
SAPS	346	92-885	147	64-256	<0,0001	ja	6063
TISS	147	43-274	49	25-89	<0,0001	Ja	5622

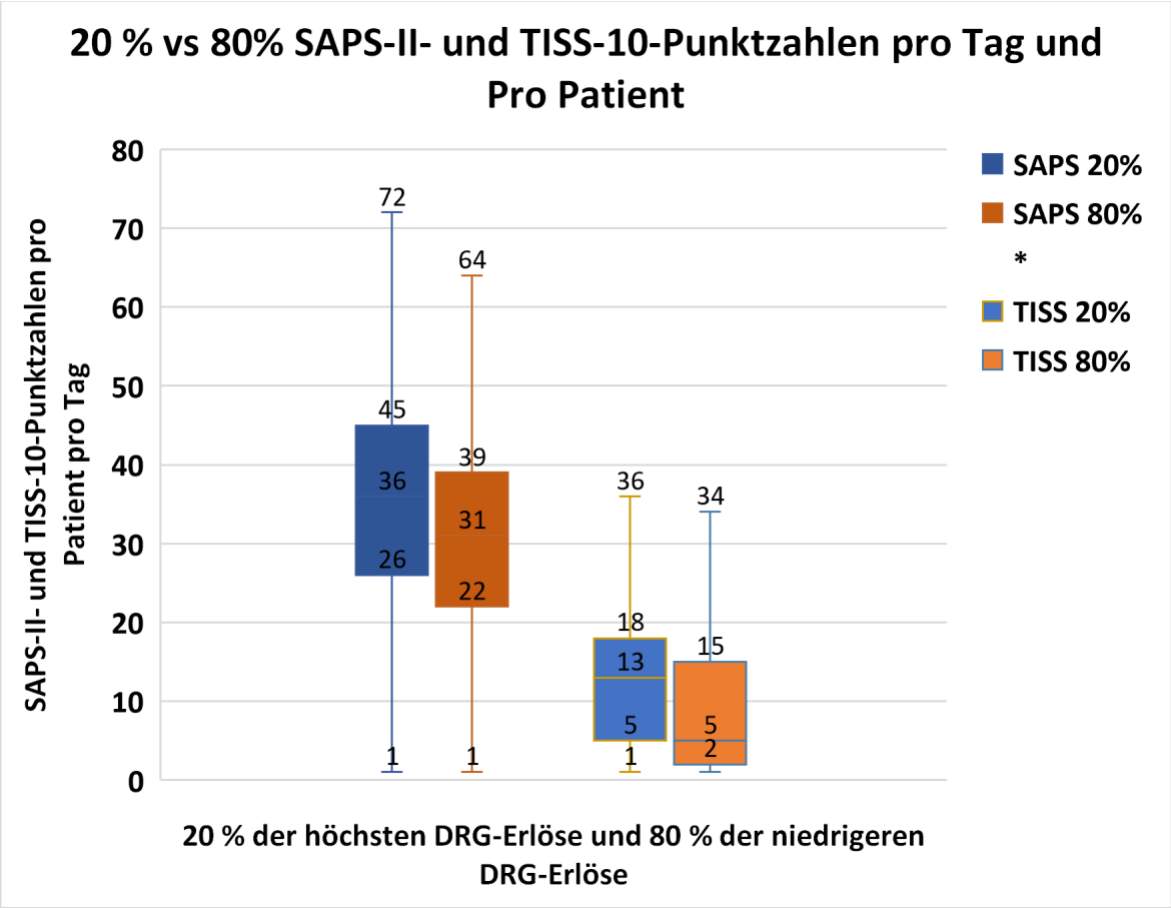

Abbildung 20: Vergleich der 20% (blau)- und 80% (orange)- Gruppe eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich der SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen, die pro Tag pro einzelnem Patienten erzielt wurden. Hier wird dargestellt, wie sich die Patienten der zwei Gruppen an einzelnen Tagen und unabhängig von der Länge des Aufenthalts in diesen zwei Scores unterscheiden. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange (=gesamte Box) angezeigt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die Darstellung der Ausreißer, der Mittelwerte und des untersten Wertes der TISS 80 % -Gruppe (=1) verzichtet. DRG= Diagnose-related-groups; SAPS= SAPS-II= Simplified acute physiology score, 2.Version; TISS= TISS-10= Therapeutic intervention scoring system, 10 Parameter.

Tabelle 11: Wichtige Werte aus Abbildung 20 mit 20% der höchsten DRG-Erlöse und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm. DRG= Diagnose-related-groups, IQR= Interquartilsrange, SAPS=SAPS-II-Score, TISS=TISS-10-Score. Zusätzlich wurden die Unterschiede der beiden Gruppen mittels p-Werten dargestellt und der Mann-Whitney-U-Wert dargestellt. Werte ohne Einheit.

	Median 20%	IQR 20%	Median 80%	IQR 80%	p-Wert	Signifikanz-niveau erreicht	Mann-Whitney-U-Wert
SAPS	36	26-45	31	22-39	<0,0001	ja	1018881
TISS	13	5-18	5	2-15	<0,0001	Ja	975398

Bei den Surrogatparametern SAPS-II-Score und TISS-10-Score zeigte sich im Vergleich ein signifikanter Unterschied zwischen den am Ende des Aufenthalts gesammelten Punkten. Bei der 20%-Gruppe lag beispielsweise die gesammelte SAPS-II-Punktzahl im Median bei 346 (IQR: 92-885) gegenüber 147 (IQR: 64-256) bei der 80%-Gruppe. Tendenziell waren die Surrogatparameter auch höher, wenn man sie pro Tag und pro Patient betrachtete und damit die Länge des Aufenthalts als Störfaktor eliminierte. (siehe Abbildung 20, Tabelle 10)

3.5.3 Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation

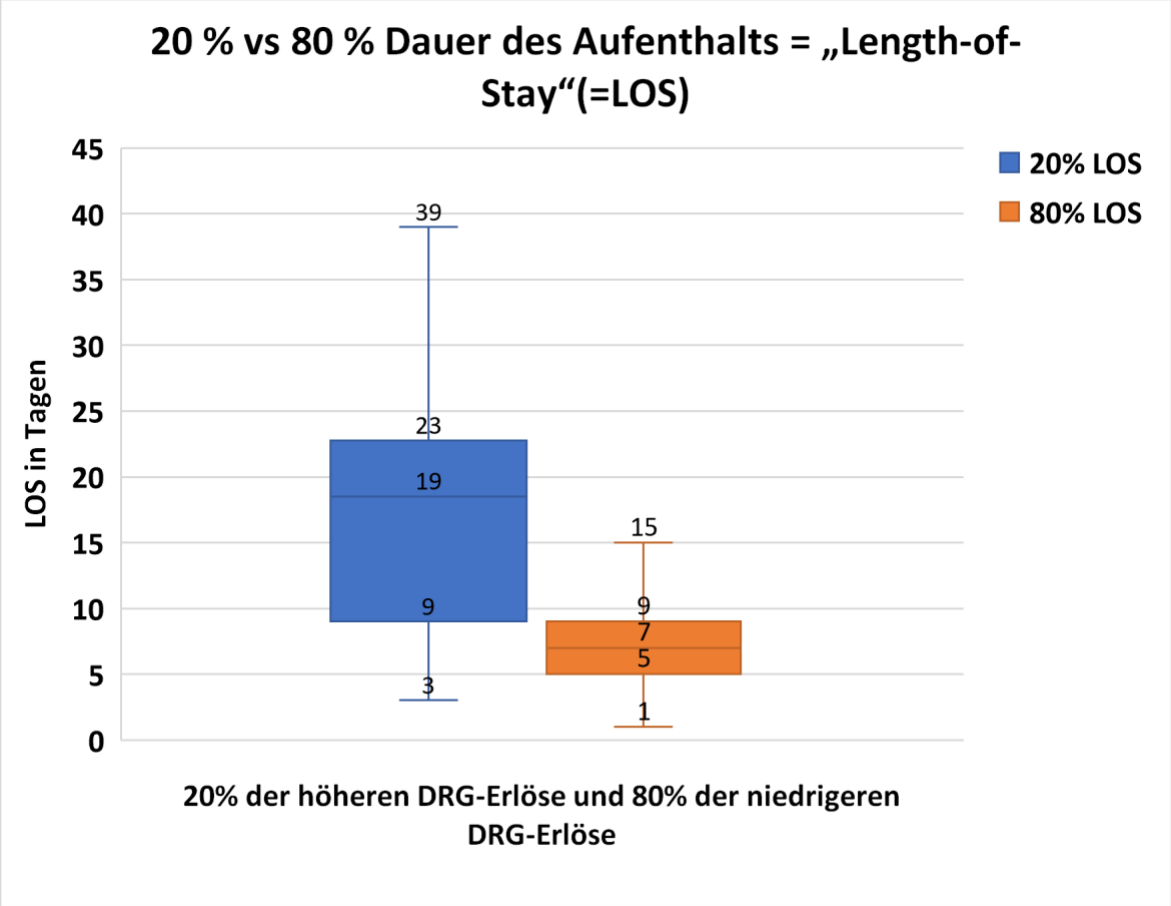

Abbildung 21: Vergleich der Gruppen 20% der höheren DRG-Erlöse(blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse(orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich der Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation. (=LOS, „Length-of-Stay“). Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange (=IQR, =gesamte Box) angezeigt. Ausreißer und Mittelwerte wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. DRG= Diagnose-related-Groups.

Ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen zeigt sich bei der Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation. Die Gruppe der höheren DRG-Erlöse verbrachte im Median deutlich mehr Zeit auf der ICU als die Gruppe mit den niedrigeren DRG-Erlösen. (siehe Abbildung 21) Mit einem p-Wert von <0,0001 zeigte sich dieser Unterschied hoch signifikant.

3.5.4 Aufgetretene Komplikationen

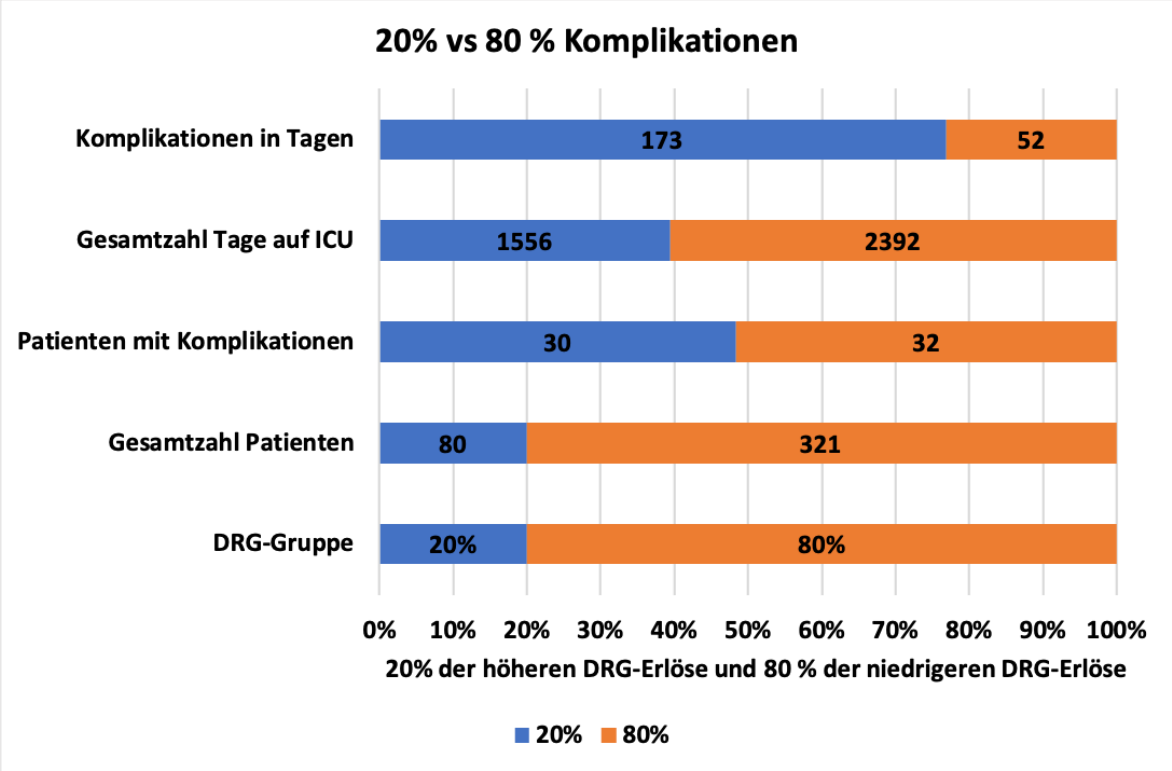

Abbildung 22: Vergleich der Gruppen mit 20% der höchsten DRG-Erlöse (blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse (orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich der aufgetretenen Komplikationen. Komplikationen in Tagen= Jeder Tag, an dem eine oder mehrere Komplikationen bei einem Patienten auftraten. Gesamtanzahl Tage auf ICU= Gesamtsumme der Tage, die die Gruppen auf der ICU verbracht haben; Patienten mit Komplikationen= Alle Patienten, bei denen eine oder mehrere Komplikationen während des Aufenthalts auf der ICU aufgetreten. DRG= Diagnose-related-Groups; ICU= Intensive Care Unit.

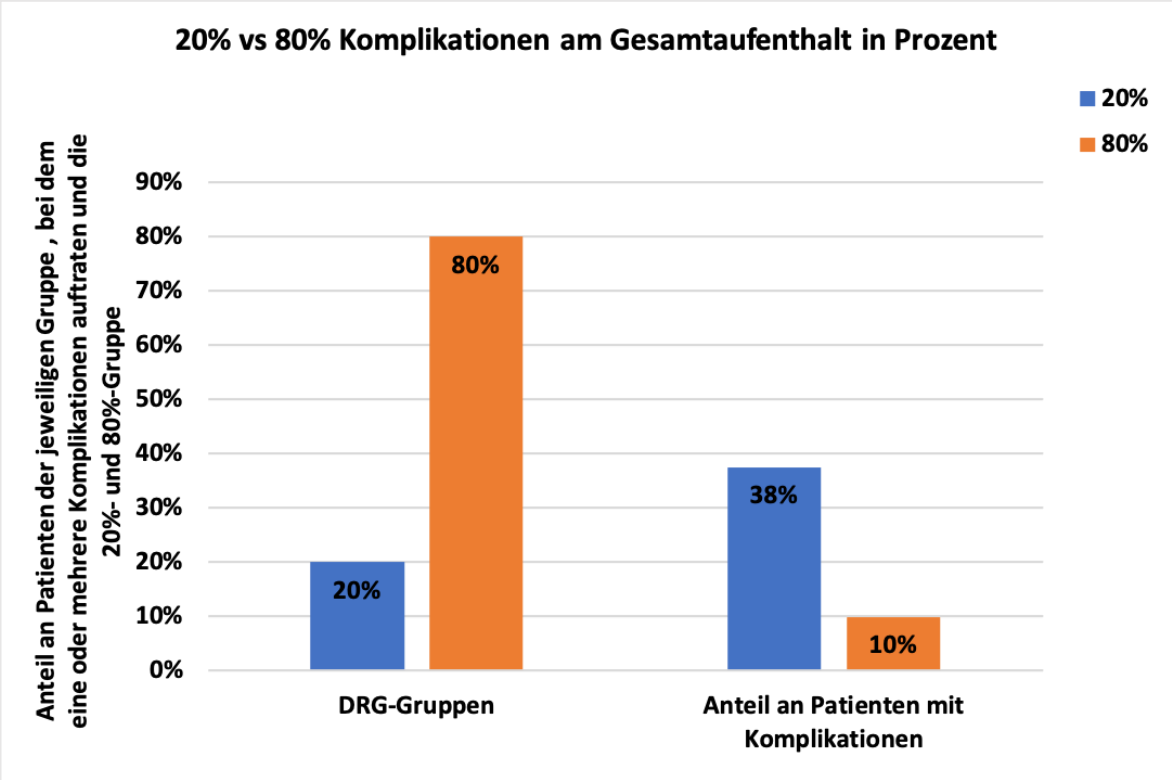

Abbildung 23: Vergleich der Gruppen mit 20% der höheren DRG-Erlöse(blau) und 80% der niedrigeren DRG-Erlöse(orange) eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm hinsichtlich des Anteils an Patienten in der jeweiligen Gruppe, bei denen Komplikationen auftraten. Bei 38% aller Patienten der 20%-Gruppe trat eine oder mehrere Komplikationen auf (30 von 80 Patienten). Bei der 80%-Gruppe war dies nur bei 10 % der Patienten der Fall. (32 von 321 Patienten). DRG= Diagnose-related-Groups

Betrachtet man die aufgetretenen Komplikationen in beiden Gruppen, so fällt im Vergleich Verschiedenes auf. Zum einen sieht man in der absoluten Zahl der Tage mit aufgetretenen Komplikationen einen großen Unterschied von 173 in der 20%-Gruppe gegenüber 52 Tagen in der 80%-Gruppe. Dieser Unterschied verstärkt sich, wenn man die Gesamtanzahl an Tagen zugrunde legt, die die beiden Gruppen auf der ICU verbracht haben. So zeigt sich, dass in der 20%-Gruppe an 11% der Tage eine Komplikation auftrat (173 Komplikationen bei 1556 ICU-Tagen insgesamt), in der 80%-Gruppe hingegen nur an 2% der Tage (52 Komplikationen bei 2392 ICU-Tagen insgesamt). Zum anderen sieht man in der absoluten Zahl der Patienten, bei denen eine Komplikation auftrat, einen weiteren deutlichen Unterschied. Hier sieht man, dass bei 30 von 80 Patienten der 20%-Gruppe eine Komplikation auftrat, während dies in der 80%-Gruppe nur bei 32 von 321 Patienten der Fall war. Somit liegt sowohl die Anzahl an Komplikationen an sich, als auch der Anteil der Patienten, die diese Komplikationen erlitten, in der 20%-Gruppe höher.

3.6 Alternative Ausgangsrisikoparameter: „SAPS II-Score“ und „Clinical Frailty Scale“

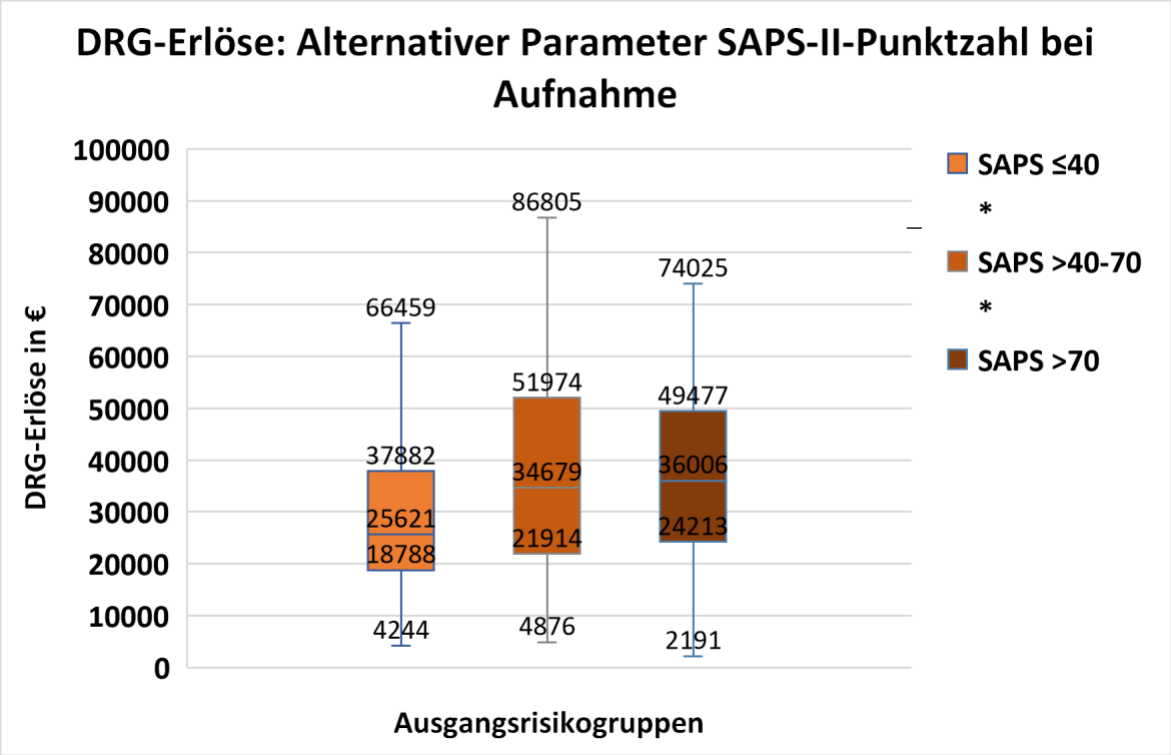

Abbildung 24: Vergleich der DRG-Erlöse von drei Ausgangsrisikogruppen eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm mit dem zugrunde liegenden Risikoparameter SAPS-II-Score am Aufnahmetag. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=IQR, =gesamte Box) angezeigt. Auf die Darstellung der Mittelwerte und der Ausreißer wurde aus Gründen der Übersicht verzichtet. DRG= Diagnose-related-Groups. SAPS= SAPS-II= Simplified acute physiology score, 2.Version.

Tabelle 12: Vergleich der drei Ausgangsrisikogruppen eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm mit dem zugrunde liegenden Risikoparameter SAPS-II-Score am Aufnahmetag hinsichtlich des Endpunkts DRG-Erlöse aus Abbildung 24. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt. SAPS= SAPS-II= Simplified acute physiology score, 2.Version

Mann-Whitney-U-Test	**SAPS-II-Punktzahl bei Aufnahme**		
	≤40 vs >40-70	**≤40 vs >70**	**>40-70 vs >70**
p-Wert	0,0037	0,2326	0,8782
Signifikanzniveau erreicht	ja	nein	nein
Mann-Whitney-U	10157	462	335

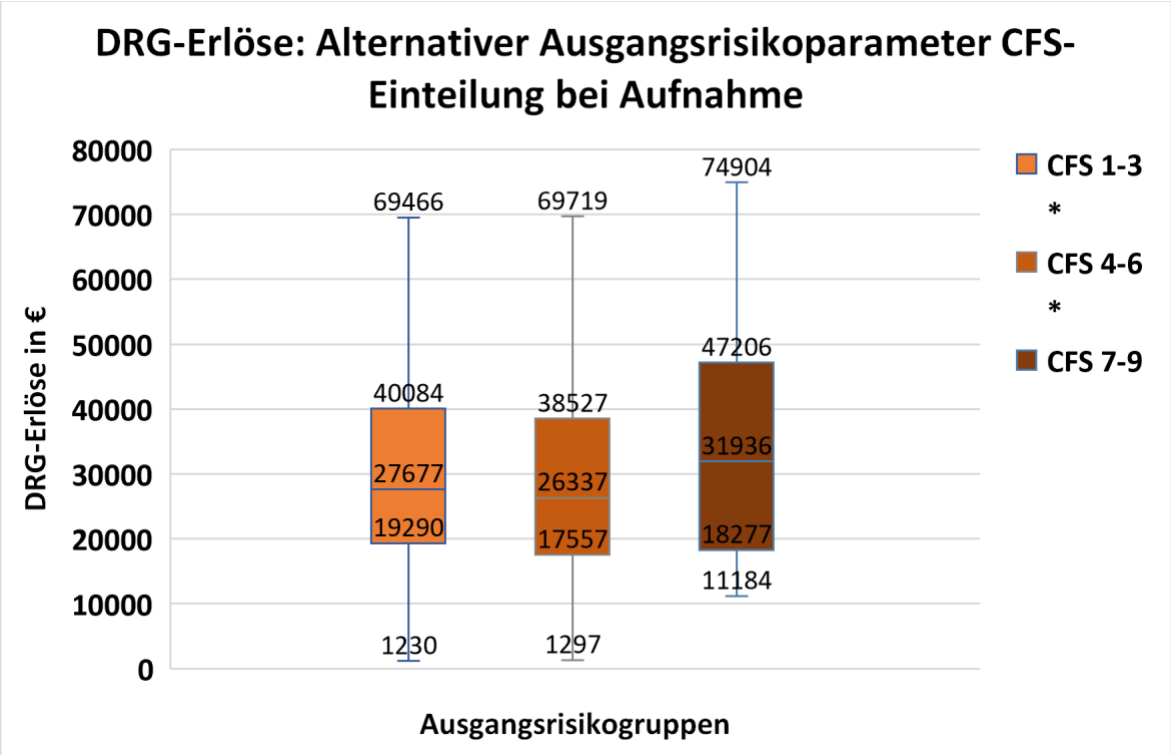

Abbildung 25: Vergleich der DRG-Erlöse von drei Ausgangsrisikogruppen eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm mit dem zugrunde liegenden Risikoparameter Clinical Frailty Scale(=CFS). Die Scale mit erreichbarer Punktzahl zwischen 1 und 9 wurde in drei Teile geteilt, wobei 7-9 ein hohes, 4-6 ein mittleres und 1-3 ein niedriges Risiko darstellt. Neben dem Median jeder Gruppe (= horizontaler Strich in der jeweiligen Box) wird die Interquartilsrange(=IQR, =gesamte Box) angezeigt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden Ausreißer und Mittelwerte nicht dargestellt. DRG= Diagnose-related-Groups; CFS= Clinical Frailty Scale.

Tabelle 13: Vergleich der einzelnen Ausgangsrisikogruppen eines intensivtherapieflichtigen Patientenkollektivs im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm mit alternativen Ausgangsrisikoparameter Clinical Frailty Scale (=CFS) hinsichtlich des Endpunkts DRG-Erlöse aus Abbildung 25. Mittels Mann-Whitney-U-Test wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Ausgangsrisikogruppen berechnet und anhand des p-Werts auf Signifikanz überprüft. Zusätzlich wurde der Mann-Whitney-U-Wert der einzelnen Vergleiche dargestellt.

Mann-Whitney-U-Test	**Clinical Frailty Scale – Einteilung bei Aufnahme**		
	1-3 vs 4-6	**1-3 vs 7-9**	**4-6 vs 7-9**
p-Wert	0,5970	0,3208	0,2031
Signifikanzniveau erreicht	nein	nein	nein
Mann-Whitney-U	12914	2793	2685

Neben der Anzahl der maschinellen Organersatzverfahren bei Aufnahme wurden die Scoring-Systeme SAPS-II-Score und Clinical Frailty Scale erfasst und in drei Ausgangsrisikogruppen eingeteilt. Sie wurden hinsichtlich ihrer Eignung als alternativer Ausgangsrisikoparameter für die Höhe zu erwartender DRG-Erlöse geprüft. Bei beiden Parametern zeigte sich kein Unterschied zwischen den Risikogruppen, der eine entsprechende Klassifikation erlaubt.

3.7 Korrelation zwischen den Scoring-Systemen SAPS-II, TISS-10 und den DRG-Erlösen

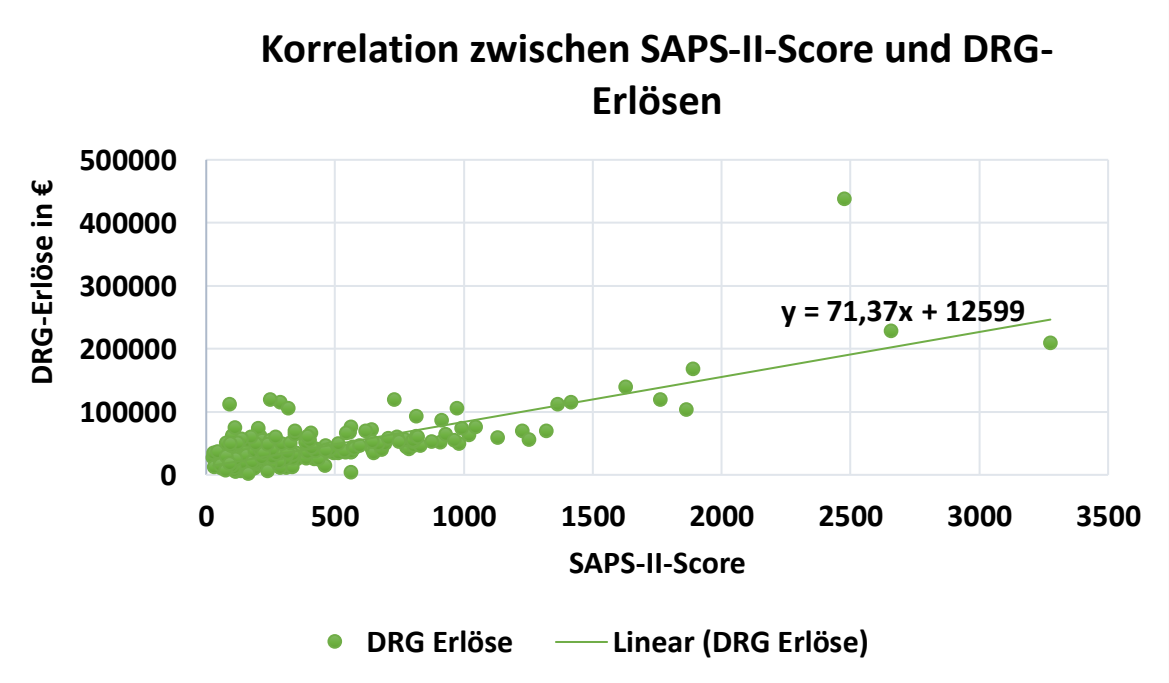

Abbildung 26: Intensivtherapieflichtiges Patientenkollektiv im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm: Korrelation zwischen dem Gesamt-SAPS-II-Score eines Patienten am Ende des ICU-Aufenthalts und dem DRG-Erlös eines Patienten am Ende des Krankenhausaufenthalts. Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. Die Lineare Korrelation folgt der Geraden mit der Gleichung: y=71,37x+12599. Der Korrelationskoeffizient beträgt hier r=0,78 mit einer Signifikanz von p<0,0001. DRG= Diagnose-related-Groups; Simplified acute physiology score, 2. Version;ICU=Intensive Care Unit.

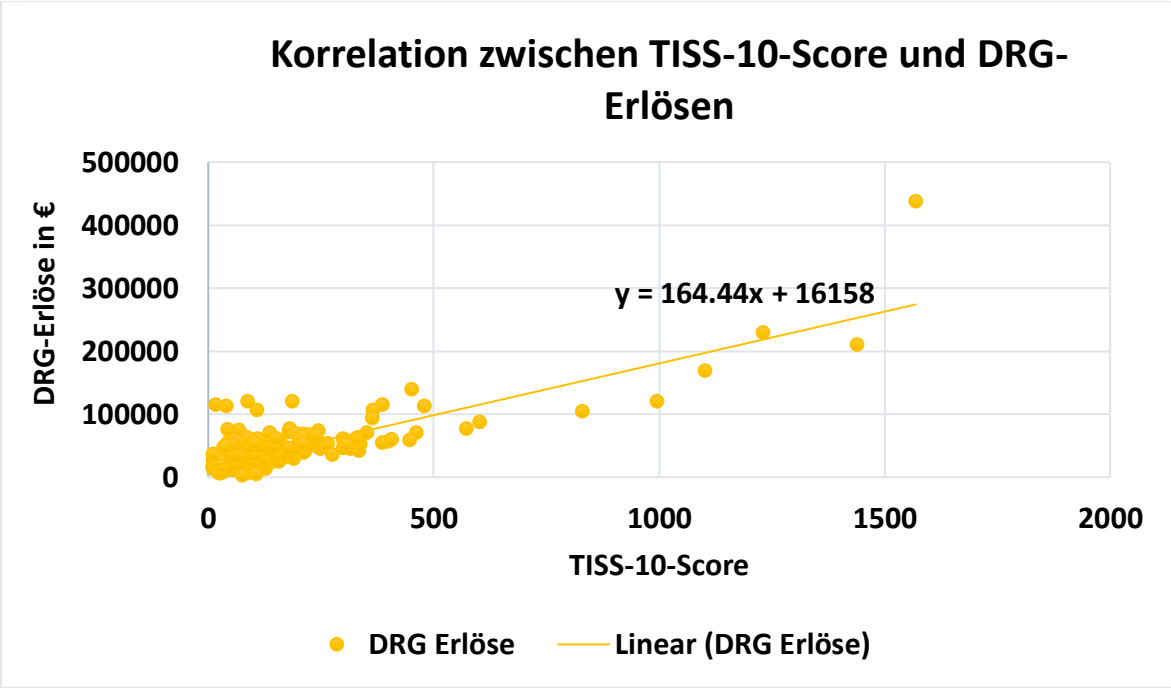

Abbildung 27: Intensivtherapieflichtiges Patientenkollektiv im Zeitraum 11/2019 bis 11/2020 auf der interdisziplinären operativen Intensivstation des Universitätsklinikums Ulm: Korrelation zwischen dem Gesamt-TISS-10-Score eines Patienten am Ende des ICU-Aufenthalts und dem DRG-Erlös eines Patienten am Ende des Krankenhausaufenthalts. Jeder Punkt stellt einen Patienten dar. Die Lineare Korrelation folgt der Geraden mit der Gleichung: y=164,44x+16158. Der Korrelationskoeffizient beträgt hier r=0,83 mit einer Signifikanz von p<0,0001. DRG= Diagnose-related-Groups; TISS-10= Therapeutic Intervention Scoring System, 10 Parameter; ICU=Intensive Care Unit.

Um zu überprüfen, ob die gewählten Surrogatparameter für die Versorgungskosten mit den DRG-Erlösen korrelieren, wurde die jeweils summierten Punktzahlen der Patienten in beiden Scoring-Systemen, die lediglich den ICU-Aufenthalt abbilden, in Verbindung gesetzt mit den DRG-Erlösen, die den gesamten Krankenhausaufenthalt abbilden. Hier ergab sich beim SAPS-II-Score ein Korrelationskoeffizient von r=0,78 und beim TISS-10-Score von r=0,83. Beide Korrelationen erzielten eine Signifikanz von p<0,0001.

4 Diskussion

4.1 Eignung der gewählten Ausgangsrisiken zur Vorhersage des Endpunkts „Versorgungskosten“

Bei dem primär untersuchten Parameter „Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme“ zeigt sich, dass sich die DRG-Erlöse der Gruppen ähneln, allerdings kann beim Median eine steigende Tendenz mit zunehmendem Organersatz festgestellt werden. Die Hochrisikogruppe „2M“ unterscheidet sich in ihren medianen Kosten signifikant von den beiden weiteren Gruppen (p jeweils < 0,02). Dies gilt es in der Zusammenschau zu betrachten: Der Mann-Whitney-U-Test vergleicht Gruppen hinsichtlich ihrer zentralen Tendenzen (primär: Vergleich der mittleren Ränge) und kann bei gleichem Verteilungsmuster der Gruppen auch die Mediane statistisch adäquat vergleichen.(Motulsky, 1995) Da anhand der Boxplot-Diagramme ersichtlich ist, dass die Verteilung der Werte in allen drei Ausgangsrisikogruppen ähnlich ist und sich die Hochrisikogruppe „2M“ signifikant von den beiden niedrigeren Ausgangsrisikogruppen unterscheidet, darf die in dieser Arbeit aufgestellte Hypothese zum Teil angenommen werden, da zumindest die Patienten mit zwei maschinell ersetzten Organsystemen tatsächlich ein erhöhtes Risiko für hohe DRG-Erlöse haben. Allerdings sind sich die Gruppen in der Gesamtheit der Werte ähnlich (Die Boxplots haben deutliche Überschneidungen) und die beiden niedrigeren Ausgangsrisikogruppen unterscheiden sich nicht signifikant. Somit kann mit der hier untersuchten dreiteiligen Klassifikation keine Unterteilung in verschieden hohe Ausgangsrisiken erfolgen. Zudem wird deutlich, dass mit der Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme nicht vorhergesagt werden kann, ob ein Patient am Ende höhere Versorgungskosten erzielen wird. Aufgrund der starken Streuung der DRG-Erlöse eignen sich zudem Mittelwerte nicht, um die Gruppen adäquat zu vergleichen. Die Surrogatparameter SAPS-II- und TISS-10-Score, die einen entscheidenden Beitrag zur Kostenberechnung leisten(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, o. J.), zeigen ebenso wenige Unterschiede zwischen den Gruppen. Trotzdem ist auch hier festzustellen, dass sich die Hochrisikogruppe „2M“ beim Surrogatparameter SAPS-II-Score am Ende des Aufenthalts signifikant von den niedrigeren Ausgangsrisikogruppen unterscheidet (p <0,0032 bzw. <0,0021). Ebenso signifikant unterscheidet sich diese Gruppe bei den SAPS-II- und TISS-10-Punktzahlen pro Patient pro

Tag von den niedrigeren Ausgangsrisikogruppen. Lediglich beim TISS-10-Score am Ende des Aufenthalts ist keine Signifikanz festzustellen. Wie bei den DRG-Erlösen ist allerdings auch hier eine deutliche Überschneidung der Werte der Gruppen zu sehen. Dies unterstützt die oben ausgeführte Interpretation: zwei maschinell ersetzte Organsysteme bei Aufnahme stellen ein signifikant erhöhtes Ausgangsrisiko für einen Patienten im Vergleich zu weniger ersetzten Organsystemen dar, hohe SAPS-II-Punktzahlen sowohl pro Tag als auch insgesamt zu erzielen. Dazu ist auch das Risiko erhöht, höhere TISS-10-Punktzahlen pro Tag zu erzielen. Jedoch kann anhand des Ausgangsrisikos nicht vorhergesagt werden, wie hoch die SAPS-II-Punktzahlen ausfallen werden, da die tatsächlichen Überschneidungen zwischen den Gruppen zu stark sind. Letztendlich ist festzuhalten, dass sich die in dieser Arbeit gewählten Ausgangsparameter nur bedingt eignen, um Risikogruppen zu definieren, die sich in zu erwartenden Versorgungskosten unterscheiden. Mit ihnen gelingt keine Vorhersage der zu erwartenden Versorgungskosten. Allerdings eignet sich das gewählte Ausgangsrisiko „Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme zu Beginn des Aufenthalts“ um ein erhöhtes Risiko für hohe Versorgungskosten festzustellen, falls ein Patient den maschinellen Ersatz zweier Organsysteme benötigt.

Die in der Folge untersuchten Scores „Clinical Frailty Scale“ und „SAPS-II-Score“ bei Aufnahme zeigten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Gruppen. Es zeigte sich nur einmal ein signifikanter Unterschied zwischen dem niedrigen und mittleren Ausgangsrisiko „SAPS-II-Score bei Aufnahme“. Dieser ist allerdings bei einer größeren Streuung der Werte der mittleren Gruppe und damit einem ungleichen Verteilungsmuster der Gruppen praktisch nicht bedeutsam, da eine wichtige Voraussetzung für den Mann-Whitney-U-Test nicht erfüllt ist. Alle weiteren Unterschiede waren nicht signifikant. Da der CFS primär dafür entwickelt worden ist, die allgemeine Mortalitätswahrscheinlichkeit eines Patienten einzuschätzen, lag es im Bereich des Möglichen, dass bei Maximaltherapie hohe CFS-Punktzahlen zu hohen Versorgungskosten führen. Der SAPS-II-Score bei Aufnahme ermöglicht die Vorhersage der Mortalitätswahrscheinlichkeit im Krankenhaus und ist dafür validiert worden.(Gall et al., 1993) Auch hier schien es möglich, dass bei Maximaltherapie hohe SAPS-II-Werte bei Aufnahme hohe Versorgungskosten zur Folge haben. Bei beiden Scores zeigte sich, dass sie keine endpunktorientierte Risikogruppeneinteilung erlauben.

4.2 Versorgungskosten: Unterschiede zwischen der „20%“- und „80“-Gruppe

Aufgrund der nur bei hohem Ausgangsrisiko „2M“ vorhandenen Unterschiede zwischen den Gruppen bei unterschiedlichen Ausgangsrisikoparametern wurde untersucht, welche Faktoren die Patienten mit hohen Versorgungskosten in dieser Arbeit ausgezeichnet haben. Dazu wurden die Patienten mit den höchsten 20% der Versorgungskosten den weiteren 80% gegenübergestellt und auf Unterschiede untersucht.

Von Bedeutung waren mehrere Faktoren: Erstens war die Dauer des Aufenthalts mit im Median 19 Tagen bei der 20%-Gruppe hoch signifikant länger als bei der 80%-Gruppe (Median: 7 Tage, p<0,0001). Dies deckt sich mit früheren Arbeiten, in denen gezeigt werden konnte, dass die Gesamtkosten eines Krankenhausaufenthalts stark mit der LOS korrelieren. (Feyrer et al., 2010)(Büscher, 2011) Zweitens erlitten deutlich mehr Patienten der 20%-Gruppe Komplikationen als die der 80%-Gruppe (38% vs. 10%). Komplikationen haben verständlicherweise einen vermehrten Zeit- und Therapieaufwand zur Folge: Bei einem isolierten Patienten müssen die Hygienevorschriften der Barrierepflege bzw. Kontaktisolation befolgt werden. Das hat zur Folge, dass Personal jeder Art dort länger gebunden ist. Auch Re-Operationen binden vermehrt ICU-Personal, da in der Praxis selbiges für den Transport und weitere postoperative Aufgaben wie z.B. die erneute Wundversorgung nötig ist. Da gerade Personalkosten mit ca. 60% an den Gesamtkosten der größte Kostenpunkt in der Intensivmedizin sind, bedeuten komplikationsbehaftete Patienten einen erhöhten Verbrauch an Ressourcen, die womöglich an anderer Stelle fehlen. (Klepzig & Thattil, 2012)(Moerer et al., 2007) Drittens war der maschinelle Organersatz deutlich umfangreicher in der 20%-Gruppe. Der längere Aufenthalt auf der Intensivstation war bei diesen Patienten auch mit einem längeren Organersatz von Lunge (Tubus im Median 10 vs. 2 Tage, p<0,0008) und Niere (Dialyse im Median 12 vs. 4 Tage, p<0,0015) verbunden. Dies spricht zum einen dafür, dass der klinische Verlauf der Patienten es nicht früher ermöglicht hat, den nötigen maschinellen Organersatz zu beenden. Zum anderen muss jedoch angemerkt werden, dass ein maschineller Organersatz in Form von „apparativer Beatmung“ und „Dialyse“ mit täglichen Punktzahlen im TISS-10-Score abgebildet ist und letztendlich direkten Einfluss auf die DRG-Erlöse hat. Auch die maschinelle Beatmungsdauer ist im DRG-System abgebildet und kann zu Erlössteigerungen

führen. Insofern verwundert es nicht, dass in der Gruppe der hohen Versorgungskosten der maschinelle Organersatz ausgeprägter war.

Zudem ist festzustellen, dass die Surrogatparameter SAPS-II- und TISS-10-Score bei der 20%-Gruppe signifikant höher sind im Vergleich zur 80%-Gruppe. (p jeweils <0,0001, siehe Tabelle 14 und 15) Da die für diese Parameter ermittelten Werte mit den endgültigen DRG-Erlösen stark korrelieren, kann davon ausgegangen werden, dass die intensivmedizinische Therapie, deren Kosten unter anderem mit diesen Scores bemessen wird, tatsächlich maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der DRG-Erlöse des Gesamtaufenthalts hat. Mit den hier erhobenen Daten lässt sich der Anteil der ICU am Gesamtaufenthalt allerdings nicht quantifizieren.

4.3 Prinzipielle Möglichkeiten der Vorhersage zu erwartender Versorgungskosten von Patienten auf Intensivstationen

Die oben genannten Unterschiede der 20%- und 80%-Gruppe sind solche, die sich im klinischen Verlauf des Patienten zeigen. Die Länge des Aufenthalts auf der Intensivstation, das Auftreten von Komplikationen und die nötige Dauer des maschinellen Organersatzes sind allesamt Faktoren, die sich im Verlauf des Aufenthalts ergeben und täglich neu eingeschätzt werden müssen. Sie sind wesentlich abhängig von der Organisation der Intensivstation und der Qualität der Behandlung auf dieser. (Van Der Sluijs et al., 2017) Trotzdem gibt es vermehrt Ansätze für eine Voraussage dieser Faktoren und den zu erwartenden DRG-Erlösen mittels Künstlicher Intelligenz. (Meyer et al., 2018) Die Grundlage einiger dieser Studien ist die MIMIC-Datenbank. Sie enthält die nicht-personalisierten Daten von über 40000 behandelten Patienten, die in einem erfassten Zeitraum von über 13 Jahren im Beth Israel Deaconess Medical Center behandelt wurden. (Johnson et al., 2016) So wurde beispielsweise versucht, mit der MIMIC-Datenbank als Datenquelle ein Vorhersagemodell für die Länge des Aufenthalts und die Mortalitätswahrscheinlichkeit für intensivtherapiepflichtige Patienten zu erstellen. Es wurden verschiedene Algorithmen kombiniert und eine Genauigkeit von 89% für die Mortalität und 65% für die Länge des Aufenthalts erzielt. Die Datengrundlage für die Algorithmen stellten 6 verschiedene Vitalparameter und 4 demographische Parameter dar,

wobei es keine Angaben dazu gab, ob letztendlich die Kombination der Parameter oder nur einzelne Parameter entscheidend für die Genauigkeit der Vorhersagen waren.(Alghatani et al., 2021) Es gibt weitere Algorithmen, die die Eingruppierung der Patienten in die DRG-Gruppen und damit eine Schätzung der Kosten mittels maschinellem Lernen berechnen. Beispielsweise wurde wiederrum auf Basis der MIMIC-III-Datenbank ein Modell entwickelt, das im Krankenhaus befindliche Patienten schon früh in DRGs eingruppiert und damit versucht, den zeit- und personalaufwändigen Prozess des Eingruppierens von Patienten aus deren Daten nach erfolgtem Aufenthalt zu minimieren. Die relative Fehlerrate bei den Vorhersagen lag teils bei unter 8%. Dies resultiert jedoch angesichts der Summen und Patientenzahlen über die Zeit in sehr hohen Summen, die falsch berechnet werden würden. (Liu et al., 2021) In einer ähnlichen Studie wurde versucht, die primäre ICD-10-Diagnose, die zur Haupt-DRG führt, vorherzusagen. Die Algorithmen erreichten eine Präzision von ca. 80%.(Islam et al., 2021) Allerdings ist auch die menschliche Eingruppierung und Abrechnung bisweilen höchst fehlerhaft: In einer retrospektiv kontrollierenden Studie ermittelten die Autoren 16% von 752 chirurgischen, zufällig ausgewählten Fällen eines vergangenen halben Jahres in einem australischen Maximalversorger als falsch eingruppiert, was zu einem finanziellen Verlust in Höhe von ca. 575000 australischen Dollar (umgerechnet etwa 390000 €) in 6 Monaten führte. (Cheng et al., 2009) Das große Manko der KI-Ansätze ist, dass große Datensätze vergleichbarer Patientenkollektive nötig sind, um exakte Vorhersagen zu treffen. Populationen und Patienten in verschiedenen Krankenhäusern unterscheiden sich. Individuelle Verläufe von schwer kranken Patienten und deren Behandlung sowie institutionell unterschiedliche Handlungsabläufe auf Intensivstationen machen es bisher auch Künstlicher Intelligenz schwer, allgemein gültige und vor allem ausreichend präzise Vorhersagen zu treffen. Dazu kommt, dass die Art und Anzahl der Parameter, die nötig sind, damit Algorithmen einer Künstliche Intelligenz zu einer exakten Vorhersage kommen können, bisher unklar ist. Bisherige Praxis ist das Verwenden von Parametern, die im Alltag auf Intensivstationen sowieso erhoben werden, so wie es auch der Ansatz dieser Arbeit war. Die bisherige Praxis der Eingruppierung in die korrekten DRGs ist allerdings ebenfalls sehr anspruchsvoll und benötigt erfahrene und kompetente Mitarbeiter. Für Krankenhäuser und ihre Intensivstationen, die ihre Leistungen adäquat und wirtschaftlich ausreichend vergütet sehen möchten, ist es daher elementar wichtig, korrekte Abrechnungen ihrer Leistungen durchzuführen. Daher ist es

naheliegend, Patienten bei Aufnahme mit einfachen Mitteln einzugruppieren und potentiell hohe DRG-Erlöse zu identifizieren, auf die in der DRG-Eingruppierung ein besonderer Fokus gelegt werden könnte. Für die Ulmer Intensivstationen schienen simple Aufnahmeparameter wie die Anzahl maschineller Organsysteme geeignet. Diese Routineparameter sind alltagstauglich für intensivmedizinisches Personal und können die Aufmerksamkeit auf bestimmte Risikopatienten zu lenken. Da sich mit den hier erhobenen Daten ein erhöhtes Risiko für hohe Versorgungskosten feststellen ließ, kann ein solcher Fokus in der Zukunft sinnvoll sein. Da der klinische Verlauf entscheidenden Einfluss hat und auch KI mit deutlich größeren Kollektiven als Berechnungsbasis Schwierigkeiten hat, den Verlauf und die Länge des Aufenthalts korrekt vorauszusagen, erscheint eine Fokussierung auf bestimmte Patientengruppen zu Abrechnungszwecken oder gar eine tatsächliche Kostenprognose für individuelle ICU-Patienten zum derzeitigen Forschungsstand nicht sinnvoll.

4.4 Methodische Aspekte der Studie

Die Studie weist einige Limitationen auf, die im Folgenden aufgeführt werden sollen.

a. Erfasst wurden Patienten, die verstarben oder länger als 72h auf der Intensivstation lagen, was zur Folge hatte, dass die Gewichtung des Kollektivs vermehrt auf schwer betroffenen Patienten lag. Dies hat womöglich zu höheren Ergebnissen der Endpunktparameter DRG-Erlös, TISS-10- und SAPS-II-Score geführt. Eine Erfassung aller Patienten hätte allerdings eine ständige Präsenz vor Ort verlangt um auch sehr kurze Liegezeiten zu erheben, was für diese Arbeit nicht möglich war. Nichtsdestotrotz sind die gezogenen Vergleiche innerhalb dieses Patientenkollektivs korrekt, lediglich bei einem Vergleich mit Kollektiven aus anderen Studien wäre dies anzupassen.
b. Das hier erfasste Kollektiv beschränkt sich auf die interdisziplinäre operative Intensivmedizin des Uniklinikum Ulms. Bei 401 hauptsächlich chirurgischen Patienten einer ICU ist die Aussagekraft für internistische Intensivstationen und andere Kliniken begrenzt. Um diese zu verstärken, wäre eine multizentrische Studie mit verschiedenen ICUs und verschiedenen Krankenhäusern sinnvoll.

c. Der Endpunkt DRG-Erlös umfasst den gesamten Krankenhausaufenthalt eines Patienten und nicht nur den der Intensivstation. Die Intensivmedizinischen Behandlungskosten tragen bekanntermaßen zwar einen großen Teil zur Versorgung bei, eine alleinige Betrachtung der rein intensivmedizinischen Versorgungskosten ist mit dieser Arbeit aber nicht möglich. Die operative und normalstationäre Versorgung stellt gewissermaßen einen Störfaktor dar. Bei diesen zwei Punkten ist jedoch von recht konstanten Kostenpunkten auszugehen (überwiegend fixe Personal- und Materialkosten, unkomplizierter Aufenthalt auf chirurgischen Normalstationen) Darüber hinaus sind die Endpunkte SAPS-II- und TISS-10-Score rein intensivmedizinische Parameter. Da sie mit den DRG-Erlösen stark korrelieren, kann erstens von einem geringen Störfaktor und zweitens von einem wesentlichen Einfluss der Intensivstation auf diesen Endpunkt ausgegangen werden.
d. Das Ausgangsrisiko „maschineller Organersatz“ hat selbst einen eintägigen Einfluss auf den Endpunkt TISS-10-Gesamtpunktzahl und DRG-Erlös, da apparative Beatmung und Dialyse Punkte in den TISS-10-Score einbringen und im DRG-System verschieden abrechenbar sind. Ziel dieser Studie war es, mit einem einmalig erhobenen Parameter der Patientenversorgung Ausgangsrisikogruppen zu definieren, die sich am Ende in den Versorgungskosten unterscheiden. Dies ist nur mit einem bei Aufnahme bekannten Parameter möglich. Daher wurde in Kauf genommen, dass dieser Ausgangsrisikoparameter an Tag 1 einmalig zum Endpunkt beiträgt und nicht völlig unabhängig davon ist. Gleiches gilt für das Ausgangsrisiko „SAPS-Punktzahl am Aufnahmetag“, das ebenfalls eintägig Einfluss auf die endgültige DRG-Summe hat.
e. Die Verfassung des Patienten vor Aufnahme auf die Intensivstation wurde mit dem CFS erfasst. Der SAPS-II-Score bei Aufnahme und die Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme bilden einen „status quo“ des Patienten bei Aufnahme ab. Im weiterentwickelten SAPS-II-Score, dem SAPS-III, wurde die Aufnahme noch genauer erfasst: Die Lokalisation des Patienten vor Aufnahme auf die ICU, wie lange er sich vorher im Krankenhaus befand, welche größeren Therapien er zuvor schon erhalten hat und welche Komorbiditäten er mitbringt wird in der modifizierten Version in einem Subscore separat erfasst. Auch im weiterentwickelten Score war der Endpunkt die Vorhersage der Mortalität anhand der Aufnahmeparameter. Es zeigte

sich, dass diese Punkte, die im Subscore „Box I“ zusammengefasst wurden, mit 50% den größten Anteil an der prädiktiven Aussagekraft des SAPS-III haben. (Subscore „Box II“: Infektionsstatus bei Aufnahme, Aufnahmeart: geplant, ungeplant, Operationsgebiet u.ä. 27,5% ; Subscore „Box III“: 10 objektive physiologische Parameter wie Blutdruck, Blutwerte, Säure-Basenstatus u.ä. 22,5%) (Moreno et al., 2005) Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass der Krankheitsverlauf und die Verfassung des Patienten vor Aufnahme auf die Intensivstation schon einen entscheidenden Einfluss auf die Mortalität auf der ICU hat. Falls Patienten einen langen Aufenthalt in der Klinik vor Aufnahme auf die Intensivstationen hatten, ist von einem schwerwiegenderen Verlauf auszugehen, da sich diese Patienten offenbar im Krankenhaus verschlechtert hatten. Dieser Voraufenthalt wurde in dieser Arbeit nicht gesondert erfasst. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein längerer Voraufenthalt in der Klinik ähnlich dem Endpunkt Mortalität einen Einfluss auf den Endpunkt Versorgungskosten hat und damit eine Störgröße für die hier vorgestellten Ergebnisse darstellt.

Des Weiteren ist bei solchen Patienten mit Voraufenthalt im Krankenhaus auch die adäquate Einschätzung der Gebrechlichkeit bei Aufnahme durch die Clinical Frailty Scale erschwert.

f. Der erhobene SAPS-II-Score ist schon im Jahr 2005 modifiziert worden. (Moreno et al., 2005) Der SAPS-III-Score veränderte einige erhobene Parameter und erhob drei Subscores, die neu in die Punktzahlen einflossen und weiteren klinischen Faktoren Rechnung tragen sollten. Unter anderem ist dort der unter *d.* angesprochene Voraufenthalt in der Klinik auf Normalstation, auf einer anderen ICU oder Aufnahme über die Notaufnahme separat geführt. Der modifizierte Score könnte möglicherweise den Aufnahmestatus der Patienten adäquater darstellen. In Ulm wird der SAPS-III-Score allerdings nicht erhoben und stellte daher keine Option für diese Arbeit dar.

g. In dieser Arbeit wurde die zur Aufnahme auf die ICU führende Diagnose nicht erfasst. Es wurde eine fachrichtungsunabhängige Risikogruppeneinteilung vorgenommen. Bei der Vielzahl der operierenden Fachrichtungen, die auf die Ulmer ICU verlegen, wären bei der zusätzlichen Unterteilung nach Fachrichtungen bzw. den zugrunde liegenden Diagnosen zu viele kleine Subgruppen entstanden. Diese

hätten keinen adäquaten Vergleich zugelassen. Bei einem größeren Kollektiv ist es denkbar, spezifischer zu unterteilen und so letztlich Risikounterschiede offenzulegen. Zum Beispiel ist eine über die Urologie zugewiesene Urosepsis mit chirurgisch sanierbarem Fokus der klinischen Erfahrung nach zügiger zu therapieren im Vergleich zu einem neurochirurgischen schweren Schädelhirntrauma mit unklarer Hirndruckentwicklung. Denkbar ist eine über die ICD-10/11-Kodierung vorgenommene zusätzliche Unterteilung nach Diagnosen. Denkbar wäre auch eine weitere Kombination der Aufnahmeparameter ähnlich dem SAPS-III-Score: Clinical Frailty Scale, SAPS-II-Parameter, maschinell ersetzte Organsysteme, Aufnahmeart und zugrunde liegende Diagnosen könnten in Zusammenschau eine deutlich genauere Einschätzung erlauben. Um bei Aufnahme dann allerdings zu einer schnellen Risikoeinschätzung zu kommen, müsste die Berechnung der Kombination simpel bzw. automatisiert sein.

4.5 Schlussfolgerung

Für eine effektive Ressourcenallokation auf Intensivstationen ist eine Vorhersage von zu erwartenden Versorgungskosten sinnvoll. Unter gesetzlich vorgegebenen wirtschaftlichen, aber auch moralischen Gesichtspunkten erscheint es wichtig, intensivmedizinisch betreuten Patienten ein angemessenes Maß an Therapie zukommen zu lassen, ohne dabei anderen Patienten Ressourcen vorenthalten zu müssen. (Bundesregierung der Republik Deutschland, 2022) Die Balance zwischen medizinisch Nötigem und wirtschaftlich Möglichen ist gerade in der Intensivmedizin mit ihren zahlreichen Therapieoptionen schwierig zu finden. Sie gilt mit circa 20% der Krankenhauskosten als „teure“ Abteilung und steht daher besonders unter finanziellem Druck. (Martin, 1998) Ein einfaches Werkzeug wie die Einteilung in Ausgangsrisikogruppen zu Beginn des Aufenthalts, das eine Vorhersage von hohen Versorgungskosten aufgenommener Patienten erlaubt, wäre eine Hilfestellung zur mittelfristigen finanziellen Planung im Sinne einer Kostendeckung einer Intensivstation. Letztlich konnte diese Arbeit keine Ausgangsrisikoparameter definieren, die eine solche Hilfestellung adäquat leisten. Vielmehr zeigte sie, dass es am medizinischen Personal und einer hohen Behandlungsqualität liegt, den klinischen Aufenthalt so kurz und komplikationslos wie möglich zu halten. Es sollte hier noch einmal erwähnt werden, dass

der DRG-Erlös die Summe darstellt, die ein Krankenhaus am Ende vom Kostenträger (in der Regel die Krankenkasse) erhält. Die tatsächlichen Kosten, die der Patient verursacht hat, werden damit nicht abgebildet. Im Fall der optimalen Kostendeckung entsprechen sich diese Summen. Gerade im Bereich der Anästhesie und Intensivmedizin ist festzustellen, dass es vom guten Zusammenspiel zwischen operativer Fachrichtung, der behandelnden Anästhesie und der eventuell nachfolgenden Intensivmedizin abhängt, ob kostendeckend gearbeitet werden kann. (Schuster et al., 2006)

Das deutsche DRG-System, das sehr betriebswirtschaftlich ausgerichtet ist, setzt mitunter jedoch Anreize, auf der Intensivstation mit Patienten Gewinne zu erzielen. Während Personal- und Materialkosten in der Regel fixe Ausgaben sind, können die Einnahmen über die DRG-Erlöse erhöht werden, wenn bestimmte Parameter erfüllt werden. Wie schon erwähnt, führen z.B. längere Beatmungszeiten und aufwändigere Prozeduren auf der Intensivstation zu höheren Versorgungskosten, die aus betriebswirtschaftlicher Sicht Einnahmen darstellen. Wie schon von Riessen et al. beschrieben, ist das Spannungsfeld zwischen betriebswirtschaftlicher und medizinischer Seite gerade in Maximalversorgern wie dem UKU sehr stark. Wo sich die betriebswirtschaftliche Seite hohe Belegungsraten über 85% und lange Liegedauern mit dem Prozedurenschlüssel der intensivmedizinischen Komplexbehandlung wünscht, wünscht sich die Intensivmedizin Belegungsraten von maximal 70-75% und kurze Liegedauern.(Riessen et al., 2018)(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, o. J.) Eine mögliche, zukünftige Vorhersage von Versorgungskosten könnte im gegenwärtigen System auch gewinnbringend eingesetzt werden. Dies stünde dem Anspruch einer hohen Versorgungsqualität auf der Intensivstation entgegen, den Aufenthalt dort so kurz und wenig invasiv wie möglich zu halten. Daher soll hier abschließend erwähnt werden, dass eine Vorhersage der Versorgungskosten aus medizinischer und moralischer Sicht immer nur dem Ziel der Kostendeckung dient.

4.6 Offene Fragen und Ausblick

Der Kostendruck im deutschen Gesundheitswesen nimmt weiterhin zu. Im Jahr 2021 wurde ein steuerlicher Zuschuss von 19 Mrd. Euro für die gesamtgesellschaftlichen Aufgaben der Krankenkassen fällig, obwohl diese sich prinzipiell selbst tragen sollten. (Bundesfinanzministerium, 2021) Somit ist zu hinterfragen, wie das deutsche Gesundheitswesen mit seinen Krankenhäusern und deren „teuren“ ICUs finanziert wird. Für intensivmedizinisches Personal wird es folglich wichtig sein, die zur Verfügung stehenden Mittel richtig einzusetzen. Dafür ist eine wirtschaftliche Planung unerlässlich. Für die medizinisch-ökonomische Forschung sind aus intensivmedizinischer Sicht daher weiter Fragen offen:

- Gibt es andere Risikofaktoren, die in dieser Arbeit nicht erfasst wurden, die hohe Versorgungskosten bei Aufnahme auf eine ICU bestimmen?
- Könnte eine andere Klassifikation eine ausreichende Unterteilung der Risikogruppen gewährleisten?
- Können die hier identifizierten Risikofaktoren für hohe Versorgungskosten, die sich ja im Verlauf des Aufenthalts auf der ICU herausbilden, durch bestimmte Maßnahmen (z.B. Weiterbildung des Personals, Adäquater Personalschlüssel, Technische Ausstattung der ICU, Hygienemaßnahmen) minimiert werden um die Versorgungskosten zu reduzieren?
- Ist es möglich, die Versorgungskosten von Patienten auf einer ICU so vorherzusagen, dass eine adäquate Planung der erwartbaren Einnahmen möglich wird?
- Wie kann sichergestellt werden, dass trotz der wirtschaftlichen Grenzen eines Krankenhauses die bestmögliche Versorgung der Patienten auf der ICU ermöglicht wird?

5 Zusammenfassung

In Deutschland steht eine Vielzahl an intensivmedizinischen Verfahren zur Verfügung um lebensverlängernde und -rettende Maßnahmen zu ermöglichen. Dabei sind jedoch die Anzahl der Betten, die Verfügbarkeit des hochqualifizierten Personals und die finanziellen Mittel für den Therapieaufwand im Gesundheitswesen begrenzt. Für Intensivstationen ist daher eine effektive Ressourcenallokation entscheidend, um kostendeckend Intensivtherapien für möglichst viele Menschen anbieten zu können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit einer adäquaten Prognose für verschiedene wirtschaftsrelevante Parameter, u.a. die Belegungsdichte und -dauer, die zu erwartenden Ausgaben und die zu erwartenden Diagnose-related-Groups-Erlöse. (=DRG-Erlöse) In dieser Arbeit sollten einfache Routineaufnahmedaten identifiziert werden, die eine Klassifikation in drei Ausgangsrisikogruppen erlauben, bei der sich die zu erwartenden Versorgungskosten aufgenommener Patienten auf Intensivstationen unterscheiden. Zusätzlich sollten Patienten mit hohen DRG-Erlösen Patienten mit niedrigeren Erlösen nach dem Paretoprinzip gegenübergestellt werden und auf Unterschiede untersucht werden.

Beim primär untersuchten Ausgangsrisikoparameter „Anzahl maschinell ersetzter Organsysteme“ konnte ein signifikanter Unterschied der medianen Versorgungskosten zwischen zwei ersetzten Organsystemen gegenüber einem bzw. keinem Ersatzsystem festgestellt werden. (jeweils $p<0,02$) Aufgrund der sich stark überschneidenden Interquartilsabstände (=IQRs) der absoluten Gesamtkosten der einzelnen Gruppen lässt sich aus den analysierten Daten allerdings nicht ableiten, ob Patienten mit zwei maschinell ersetzten Organsystemen konsequent einen quantifizierbaren, höheren Betrag an DRG-Erlösen einbringen werden als Patienten mit einem oder keinem maschinellen Organersatz. Die sekundär untersuchten Parameter „SAPS-II-Score“ und „Clinical Frailty Scale“ ließen ebenfalls keine dreigliedrige Klassifikation zu. In dieser Arbeit wurde der Ansatz verfolgt, Risikoparameter zu identifizieren um Patientenkollektive mit erhöhtem Risiko für hohe Versorgungskosten zu detektieren. Viele aktuelle Arbeiten, die eine Kostenprognose für Patienten abgeben möchten, versuchen sich möglichst genau mittels Künstlicher Intelligenz den wichtigen Eckdaten intensivmedizinischer Patienten zu nähern. Unter anderem wird versucht, möglichst genau die Dauer des Aufenthalts auf einer Intensivstation, die Eingruppierungen in die DRGs oder direkt die DRG-Erlöse mittels

verschiedenster Parameter vorherzusagen. Neben der Exaktheit fehlt diesen Ansätzen auch die Alltagstauglichkeit für intensivmedizinisch tätiges Personal.

Um mögliche Faktoren zu erkennen, die zu hohen DRG-Erlösen führen, wurde im zweiten Teil dieser Arbeit der Anteil der Patienten mit den 20% der höchsten Versorgungskosten dem Anteil mit den weiteren 80% gegenübergestellt. Hier zeigten sich vor allem die Dauer des Aufenthalts (Median 19 Tage vs. 7 Tage, $p<0,0001$), der Anteil an Komplikationen (38% vs. 10%) und die Dauer des maschinellen Organersatzes (Tubus und Dialyse) deutlich unterschiedlich. Die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation konnte schon in früheren Arbeiten mit hohen Versorgungskosten assoziiert werden. Allerdings ist dies, wie der Anteil an Komplikationen und die Dauer des maschinellen Organersatzes, ein Parameter, der meist vom individuellen Krankheitsverlauf und der Qualität der Versorgung abhängt. Bisher sind diese Faktoren schwierig vorherzusagen und tendenziell eher retrospektiv zu identifizieren.

Somit werden Risikoparameter für hohe Versorgungskosten auf Intensivstationen und die Vorhersage solcher Kosten weiterhin Gegenstand der medizinisch-ökonomischen Forschung bleiben, um eine effektive Ressourcenallokation im Sinne der Patienten zu ermöglichen.

6 Literaturverzeichnis

1. Alghatani, K., Ammar, N., Rezgui, A., & Shaban-Nejad, A. (2021). Predicting intensive care unit length of stay and mortality using patient vital signs: machine learning model development and validation. *JMIR Medical Informatics*, *9*, e21347.

2. Bundesfinanzministerium. (2021). Finanzbericht 2021. In *Finanzbericht*, Abgerufen am 26.04.2022 von https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Oeffentliche_Finanzen/Wirtschafts_und_Finanzdaten/Finanzberichte/Finanzbericht-2021-anl.pdf?__blob=publicationFile&v=5

3. Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland. (2022). *5. Sozialgesetzbuch: Wirtschaftlichkeitsgebot*., §12, 1.

4. Burchardi, K. H., Specht, M., Braun, J., Schleppers, A., Martin, J., Direktor, J., & Reinhart, K. (2004). OPS-Code 8-9 8 0 „ Intensivmedizinische Komplexbehandlung“ der Deutschen interdisziplinären Vereinigung Intensivmedizin und Notfallmedizin, Abgerufen am 17.02.2022 von https://www.bda.de/docman/alle-dokumente-fuer-suchindex/oeffentlich/publikationen/154-ops-code-8-980-qintensivmedizinische-komplexbehandlungq-stellungnahme-inhalte-kodiervorschriften-pdf/file.html

5. Büscher, S. (2011). Direkte, patientenbezogene Kosten der intensivmedizinischen Behandlung in Abhängigkeit des Krankheitsschwerescores SAPS II und des Pflegeaufwandscores TISS – 28*. Med.Dissertation, Universität Göttingen (2011)*.

6. Cheng, P., Gilchrist, A., Robinson, K. M., & Paul, L. (2009). The risk and consequences of clinical miscoding due to inadequate medical documentation: A case study of the impact on health services funding. *Health Information Management Journal*, *38*, 35–46.

7. Cullen, D. J., Civetta, J. M., Briggs, B. A., & Ferrara, L. C. (1974). Therapeutic intervention scoring system. *Critical Care Medicine*, *2*, 57-60.

8. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. Berechnung der Aufwandspunkte für die Intensivmedizinische Komplexbehandlung bei Erwachsenen (SAPS, TISS), Abgerufen am 17. Februar 2022 von https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/ops/kode-suche/opshtml2018/zusatz-06-anh-aufwandspunkte-intensivmedizin-erwachsene.html

9. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. Dokumentationsvorgaben zur Erfassung der Intensivmedizinischen Komplexbehandlung, Abgerufen am 17. Februar 2022, von https://www.dimdi.de/static/.downloads/deutsch/ops-saps-2005-8009.pdf

10. Feyrer, R., Koppert, W., Kirmse, M., Mehl, C., Weyand, M., Schüttler, J., & Kunzmann, U. (2010). Ressourcenverbrauch Intensivstation: Eine Kostenanalyse in der operativen Intensivmedizin. *Anasthesiologie und Intensivmedizin*, *51*, 9–18.

11. Gall, J. R., Lemeshow, S., & Saulnier, F. (1993). A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, *270*, 2957–2963.

12. Islam, M. M., Li, G. H., Poly, T. N., & Li, Y. C. (2021). Deepdrg: Performance of artificial intelligence model for real-time prediction of diagnosis-related groups. *Healthcare*, *9*, 1632.

13. Johnson, A. E. W., Pollard, T. J., Shen, L., Lehman, L. W. H., Feng, M., Ghassemi, M., Moody, B., Szolovits, P., Anthony Celi, L., & Mark, R. G. (2016). MIMIC-III, a freely accessible critical care database. *Scientific Data*, *3*, Online-Datenbank ohne Seitenanzahl.

14. Klepzig, D., & Thattil, R. (2012). Die Kosten der intensivmedizinischen Versorgung in Deutschland. *Anästhesiologie und Intensivmedizin*, *53*, 113–121.

15. Liu, J., Capurro, D., Nguyen, A., & Verspoor, K. (2021). Early prediction of diagnostic-related groups and estimation of hospital cost by processing clinical notes. *npj digital medicine*, *4*, 103.

16. Martin, E. (1998). Sind Fortschritte in der Intensivmedizin noch finanzierbar. *Journal für Anästhesie und Intensivbehandlung*, *2*, 8–11.

17. Medistat: U-Test nach Mann, Whitney und Wilcoxon, Abgerufen am 23. März 2022, von https://www.medistat.de/glossar/zweistichprobenverfahren/u-test-nach-mann-whitney-und-wilcoxon

18. Meyer, A., Zverinski, D., Pfahringer, B., Kempfert, J., Kuehne, T., Sündermann, S. H., Stamm, C., Hofmann, T., Falk, V., & Eickhoff, C. (2018). Machine learning for real-time prediction of complications in critical care: a retrospective study. *The Lancet Respiratory Medicine*, *12*, 905–914.

19. Miranda, D. R., De Rijk, A., & Schaufeli, W. (1996). Simplified therapeutic intervention scoring system: The TISS-28 items - Results from a multicenter study. *Critical Care Medicine*, *24*, 64–73.

20. Moerer, O., Plock, E., Mgbor, U., Schmid, A., Schneider, H., Wischnewsky, M. B., & Burchardi, H. (2007). A German national prevalence study on the cost of intensive care: An evaluation from 51 intensive care units. *Critical Care*, *11*, R69.

21. Moreno, R. P., Metnitz, P. G. H., Almeida, E., Jordan, B., Bauer, P., Campos, R. A., Iapichino, G., Edbrooke, D., Capuzzo, M., & Le Gall, J. R. (2005). SAPS 3 - From evaluation of the patient to evaluation of the intensive care unit. Part 2: Development of a prognostic model for hospital mortality at ICU admission. *Intensive Care Medicine*, *31*, 1345–1355.

22. Motulsky, H. J. (1995). *GraphPad Prism 9 Statistics Guide - Mann-Whitney test*, Abgerufen am 23.03.2022 von https://www.graphpad.com/guides/prism/latest/statistics/stat_checklist_mannwhitney.html

23. Pareto, V. (1897). *Cours d'Economie Politique*, L'Université de Lausanne, 397-424.

24. Riessen, R., Hermes, C., Bodmann, K. F., Janssens, U., & Markewitz, A. (2018). Vergütung intensivmedizinischer Leistungen im DRG-System: Aktuelle Probleme und Lösungsvorschläge. *Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *113*, 13–23.

25. Rockwood, K., Song, X., MacKnight, C., Bergman, H., Hogan, D. B., McDowell, I., & Mitnitski, A. (2005). A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people. *Canadian Medical Association Journal*, *173*, 489–495.

26. Schuster, M., Kuntz, L., Hermening, D., Bauer, M., Abel, K., & Goetz, A. E. (2006). Die Nutzung der Erlösdaten der „DRGs“ für ein externes benchmarking der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Leistungserbringung. *Anaesthesist*, *55*, 26–32.

27. Schwarz, J. (2022). UZH - Methodenberatung - Mann-Whitney-U-Test. Methodenberatung Universität Zürich, Abgerufen am 26.03.2022 von https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/mann.html

28. Van Der Sluijs, A. F., Van Slobbe-Bijlsma, E. R., Chick, S. E., Vroom, M. B., Dongelmans, D. A., & Vlaar, A. P. J. (2017). The impact of changes in intensive care organization on patient outcome and cost-effectiveness-a narrative review. *Journal of Intensive Care*, *5*, 1–8.

7 Danksagung

Die Danksagung wurde aus Datenschutzgründen entfernt.

8 Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Datenschutzgründen entfernt.