

**Diplomarbeit**

**Assoziation der perioperativen Hypothermie mit  
dem Body Mass Index**

eingereicht von

**Sebastian Labenbacher**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor(in) der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin**

Klinischen Abteilung für allgemeine Anästhesiologie, Notfall- und  
Intensivmedizin

unter der Anleitung von Betreuer\*innen

**Ao. Univ. Prof. Dr. Gerhard Prause**

**Priv. Doz. DDr. Paul Zajic**

Graz, 31.03.2022

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 31.03.2022

Sebastian Labenbacher e. h.

## **Danksagungen**

Ich, Sebastian Labenbacher, möchte mich bei Priv. Doz. DDr. Paul Zajic für die ausführlichen Erklärungen und diversen Hilfestellungen, die ich im Rahmen der Diplomarbeit benötigt habe, bedanken. Ohne die schier endlose Geduld in Kombination mit außerordentlichem Fachwissen, wäre diese Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen. Daneben gilt mein Dank genauso Ao. Univ.-Prof. Dr. Gerhard Prause, durch welchen diese Diplomarbeit in dieser Form erst durchführbar wurde.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit möchte ich mich auch bei meinen Eltern bedanken. Durch ihre endlose Geduld mit immensen Unterstützungen in allen Belangen, wurde es mir erst ermöglicht, das Medizinstudium zu absolvieren.

# Inhaltsverzeichnis

<i>Eidesstattliche Erklärung</i> .....	2
<i>Danksagungen</i> .....	i
<i>Inhaltsverzeichnis</i> .....	ii
<i>Abkürzungen und deren Erklärung</i> .....	iii
<i>Abbildungsverzeichnis</i> .....	iv
<i>Tabellenverzeichnis</i> .....	v
<i>Zusammenfassung</i> .....	vi
<i>Abstract</i> .....	vii
<i>Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen</i> .....	viii
<b>1 Einleitung</b> .....	9
1.1 Physiologie der Körpertemperatur.....	9
1.2 Physiologie der Körperzusammenstellung .....	11
1.3 Hypothermie .....	12
1.4 Perioperative Hypothermie .....	14
1.5 Temperaturmessung.....	17
1.6 Studienrelevante Kenngrößen.....	18
1.7 Ziel der Studie .....	20
<b>2 Material und Methoden</b> .....	21
2.1 Studiendesign .....	21
2.2 Ethische Implikationen .....	21
2.3 Datengrundlage .....	21
2.4 Ein- und Ausschlusskriterien .....	22
2.5 Behandlungsprotokoll .....	22
2.6 Datenmanagement.....	24
2.7 Fallselektion.....	24
2.8 Datenmanagement.....	27
2.9 Zielgrößen.....	43
2.10 Statistische Analyse .....	44
<b>3 Ergebnisse – Resultate</b> .....	46
3.1 Hauptzielparameter.....	48
3.2 Nebenzielparameter.....	50
<b>4 Diskussion</b> .....	56
4.1 Ergebnis .....	56
4.2 Vergleich mit bestehender Literatur.....	56
4.3 Limitationen.....	58
4.4 Implikationen für die klinische Praxis.....	59
4.5 Implikationen für weitere Forschung.....	60
<b>5 Literaturverzeichnis</b> .....	62

## Abkürzungen und deren Erklärung

ASA.....	American Society of Anesthesiologists
AWMF .....	Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen medizinischen Fachgesellschaften
BeAT .....	Beige Adipose Tissue
BMI.....	Body Mass Index
cmH <sub>2</sub> O.....	Zentimeter-Wassersäule
DGAI .....	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin
EEG.....	Elektroenzephalogramm
EK .....	Erythrozytenkonzentrat
GI-System .....	Gastrointestinales System
HNO .....	Hals-Nasen-Ohren
ICD-10.....	International Statistical Classification of Diseases and related Health Problems
IQR .....	Interquartillen-Range
kcal.....	Kilokalorie
kg .....	Kilogramm
KKT .....	Körperkerntemperatur
KI.....	Konfidenzintervall
LKH .....	Landeskrankenhaus
m <sup>2</sup> .....	Quadratmeter
MET.....	Metabolic equivalent of task
min .....	Minute
ml.....	Milliliter
OP .....	Operation
OR.....	Odds-Ratio
PEEP .....	positive endexpiratory Pressure/positiver endexpiratorischer Druck
PS.....	Punktschätzer
RCT.....	randomized controlled trial
SAT.....	subcutaneous white adipose tissue
VAT .....	visceral white adipose tissue
WHO .....	World Health Organization
ZNS.....	Zentrales Nervensystem
°C.....	Grad Celsius
µg .....	Mikrogramm

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung ICD-10-Procedure-Codierung.....	18
Abbildung 2: Diagramm der Exklusionskriterien .....	26
Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der BMI-Kategorien als Tortendiagramm.....	27
Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der adaptierten BMI-Kategorien.....	28
Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Anfangstemperatur vor Bereinigung.....	29
Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Anfangstemperatur .....	29
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Endtemperatur vor Datenbereinigung .....	30
Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Endtemperatur .....	30
Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der Minimaltemperatur vor Bereinigung.....	31
Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Minimaltemperatur .....	31
Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung Temperaturabfall vor Datenbereinigung .....	32
Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung Temperaturabfall, datensatzbereinigt.....	32
Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung des Alters in Jahren .....	36
Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung MET-Score.....	37
Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung des vereinfachten MET-Score.....	37
Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung Noradrenalin in logarithmischer Darstellung ...	38
Abbildung 17: Noradrenalinbedarf in binärer Darstellung .....	39
Abbildung 18: logarithmische Häufigkeitsverteilung der verabreichten EK (ml) .....	40
Abbildung 19: logarithmische Häufigkeitsverteilung der EK (zu 250ml) .....	40
Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung der EK-Gabe in binärer Darstellung.....	41
Abbildung 21: logarithmische Häufigkeitsverteilung des minimalen PEEP in cmH <sub>2</sub> O	42
Abbildung 22: logarithmische Häufigkeitsverteilung des medianen PEEP in cmH <sub>2</sub> O..	42
Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung des maximalen PEEP in cmH <sub>2</sub> O .....	43

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Body Mass Index-Kategorien nach WHO .....	12
Tabelle 2: ASA-Score-Kategorien.....	20
Tabelle 3: Adaptierte BMI-Kategorien .....	28
Tabelle 4: ICD-10-Procedure Codierung dreistellig .....	34
Tabelle 5: ICD-10-Procedure-Codierung zweistellig .....	35
Tabelle 6: Alterskategorien inklusive Häufigkeitsverteilung.....	36
Tabelle 7: Noradrenalin-Bedarf in binärer Darstellung .....	39
Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung der EK-Gabe in binärer Darstellung.....	41
Tabelle 9: Gruppenbeschreibung .....	46
Tabelle 10: Chi-Quadrat-Test Körperkerntemperatur < 36°C.....	48
Tabelle 11: Binär logistische Regression Körperkerntemperatur < 36°C .....	49
Tabelle 12: Kruskal-Wallis-Test Nebenzielparameter .....	51
Tabelle 13: Lineare Regression tiefste intraoperative Temperatur .....	52
Tabelle 14: Lineare Regression relativer Temperaturabfall .....	54

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Die Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur ist für den Menschen von essenzieller Bedeutung. Während der Allgemeinanästhesie werden diese auf verschiedenen Wegen gestört oder verhindert. Die Gefahr der intraoperativen Hypothermie sind verlängerter Krankenhausaufenthalt, erhöhte Blutungskomplikationen, postoperatives Muskelzittern oder Wundinfektionen. In dieser Studie soll verglichen werden, ob der Body Mass Index (BMI) mit dem Auftreten der intraoperativen Hypothermie assoziiert ist.

**Methoden:** Hierbei handelte es sich um eine retrospektive Studie in Daten von Patient\*innen, welche sich einer großen abdominalen Operation unterzogen hatten. Im Zeitraum von 2013 bis 2017 unterzogen sich 1058 erwachsene Patient\*innen solchen Operationen, von denen jedoch 150 Datensätze aufgrund unvollständiger oder fehlerhafter Daten ausgeschlossen werden mussten. Der Hauptziel-Parameter war das Auftreten intraoperativer Hypothermie (KKT  $<36^{\circ}\text{C}$ ). Nebenzielparameter waren relative intraoperativer Temperaturabfall, Temperatur bei Operationsende und tiefste intraoperative Temperatur. Univariate Analysen für BMI-Klassen und Zielparameter wurden durchgeführt. Bei Signifikanz wurden eine multivariate logistische Regression für die intraoperativen Hypothermie sowie lineare Regressionen für die Nebenzielparameter angeschlossen.

**Ergebnisse:** In der Adipositas-Gruppe trat bei 45% (108 von 240) der Patient\*Innen eine intraoperative Hypothermie auf. Das Risiko war verglichen mit Normalgewichtigen Patient\*innen im Regressionsmodell statistisch signifikant niedriger (OR 0,45 95% KI 0,31-0,66). Diese signifikanten Unterschiede zwischen adipösen und normalgewichtigen Patient\*innen zeigten sich auch im Risiko für relativen Temperaturabfall (OR 0,92 95% KI 0,87-0,96) sowie für tiefste intraoperative Temperatur (OR 1,32 95%-KI 1,18-1,47).

**Diskussion:** In dieser Analyse zeigt sich, dass bei Patient\*innen mit einem BMI von  $>30\text{kg}/\text{m}^2$  eine intraoperative Hypothermie statistisch signifikant weniger wahrscheinlich ist. Zur Verifizierung dieser Ergebnisse und Überprüfung etwaiger therapeutischer Maßnahmen beruhend auf diesen Erkenntnissen sollte eine prospektive Studie durchgeführt werden.

## Abstract

**Introduction:** Having their body temperature tightly controlled is crucial for human individuals. During general anaesthesia, a lot of the regulating mechanisms are inhibited or disturbed. These changes may result in longer hospital stays, more wound infections, bleeding complications, and postoperative shivering. This study seeks to elucidate, whether body mass index (BMI) is associated with the risk of intraoperative hypothermia.

**Methods:** This was a retrospective study in data of patients undergoing major abdominal operations. During 2013 to 2017, 1058 adult patients underwent a major abdominal operation in the University Medical Centre Graz. Of these, 150 patients were excluded due to missing or incomplete data. The primary endpoint was the incidence of the intraoperative hypothermia (body temperature < 36°C). Secondary endpoints were relative temperature decrease, lowest intraoperative temperature, and temperature at end of surgery. Univariate analyses were performed for all endpoints. In case of significant differences, multivariable logistic regression analysis was used to assess a possible independent association of BMI with the incidence of the intraoperative hypothermia and linear regression analyses for secondary endpoints.

**Results:** In our analyses, we found a hypothermia incidence of 45% (108 out of 204) in obese patients. Compared to normal weight patients, significantly less obese patients were hypothermic (OR 0,45 95%-CI 0,31-0,66). Obese patients had a reduced risk of relative temperature-decreases (OR 0,92 95%-CI 0,87-0,96) and significant higher deepest intraoperative temperatures (OR 1,32 CI-95% 1,18-1,47) compared to normal weight patients.

**Discussion:** In this analysis, we found that patients with a BMI of above 30 kg/m<sup>2</sup> had a significant less rate of intraoperative hypothermia. To verify these results as well as to evaluate therapeutic measures, a prospective trial should be executed.

## **Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen**

Bisher erfolgten keine Veröffentlichungen.

# 1 Einleitung

Die Physiologie der Körpertemperatur ist ein gut erforschter Bereich der Physiologie des Menschen. Um eine optimale Funktionalität des Körpers zu gewährleisten, muss die Temperatur in einem sehr engen Bereich konstant gehalten werden.

## 1.1 Physiologie der Körpertemperatur

Die Physiologie hinter der Körpertemperatur besteht aus der zentralen Regulation, der Wärmeproduktion und auch der Wärme-Abgabe. Es muss zwischen der Körperkerntemperatur und der Hauttemperatur unterschieden werden. Die Körperkerntemperatur bleibt in sehr engen Bereichen konstant, während die Hauttemperatur sehr stark mit den Schwankungen der Umgebungstemperatur variiert.

### 1.1.1 Wärmeproduktion

Die Wärmeproduktion erfolgt durch die Metabolik. Wenn man dazu das Substrat und Produkt der chemischen Reaktion betrachtet, so kommt man beim Menschen in Abhängigkeit von Substrat (Protein, Fett, Kohlenhydrat) zu Produkt (Wasser, CO<sub>2</sub>) zu einer freiwerdenden Energie von 4,1kcal/kg bei Glukose bis zu 9,3 kcal/kg bei Fett.<sup>1</sup>

### 1.1.2 Wärmeabgabe

Der Temperaturverlust erfolgt über drei physikalische Mechanismen. Diese sind Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Verdunstung. Die Wärmestrahlung ist dabei der wichtigste Mechanismus bei Patient\*innen im Operationssaal. Etwa 60% der Verluste sind der Wärmestrahlung zuzurechnen.<sup>2</sup> Die Wärmeleitung, die in Konduktion und Konvektion unterteilt wird, ist für etwa 15% der Gesamtverlust verantwortlich. Die restlichen Verluste, in etwa 22%, sind der Verdunstung zuzurechnen.<sup>2</sup>

Im Rahmen der Wärmeleitung besteht eine Materialabhängigkeit. Diese Materialabhängigkeit findet sich auch für den menschlichen Körper. Durch Messungen von menschlichem Muskel- bzw. Fettgewebe konnte ein klarer Unterschied in der Wärmeleitung gezeigt werden.<sup>3</sup>

Die Wärmeabgabe erfolgt im menschlichen Körper über verschiedene Mechanismen. Ein wichtiger Mechanismus ist dabei die Vasodilatation. Der Blutfluss durch die Haut

kann dabei auf bis zu 6-8l/min gesteigert werden<sup>4</sup>. Es kann dabei zwischen zwei Formen der Haut unterschieden werden. Die akralen, unbehaarten Bereiche (Handflächen, Fußflächen, Nase, Ohren) und die nicht-akralen, behaarten Bereiche (Stamm, Kopf, Extremitäten). Während die akralen Bereiche über eine rein sympathische, noradrenerge Innervierung verfügen, findet sich in den nicht-akralen Bereichen ein komplexeres System bestehend aus einem noradrenergen Vasokonstriktor-System und einem aktiven cholinergen Vasodilator-System. Durch die zahlreichen arteriovenösen Anastomosen im Bereich der Plantarflächen, Palmarflächen, Ohren, Lippen, Backen und Nase, besteht dadurch eine signifikante Regulationsmöglichkeit<sup>5,6</sup>. Oftmals wird jedoch genau dieser wichtige Bereich in Thermoregulationsmodellen nicht miteinberechnet<sup>6</sup>.

Bei einer Umgebungstemperatur, welche die Körpertemperatur übersteigt, ist das Schwitzen der einzige Mechanismus, der den Körper kühlen kann. Deshalb ist es wichtig, dabei auch die Luftfeuchtigkeit in Betracht zu ziehen; je höher die Luftfeuchtigkeit ist, umso weniger Schweiß kann verdunsten und umso ineffektiver ist das Schwitzen. Im gesamten Körper finden sich etwa 2-4 Millionen Schweißdrüsen die unter maximaler Stimulation etwa 10-15l Schweiß pro Tag produzieren können. Um eine so große Schweißproduktion aufrecht zu erhalten muss der Körper mit ausreichend Flüssigkeit versorgt werden. Die Schweißdrüsen werden dabei rein durch das sympathische Nervensystem innerviert und produzieren Schweiß in Abhängigkeit ihrer Erregungsfrequenz. Beeinflussend auf die Schweißproduktion wirken etwa die Anstrengung, mit der die Produktion linear ansteigt. Es konnten dabei Veränderungen in Abhängigkeit des physikalischen Fitnesslevels festgestellt werden<sup>5</sup>.

### **1.1.3 Thermoregulation**

Die normale Körperkerntemperatur des Menschen wird in etwa mit  $36,6 \pm 0,4$  °C angenommen. Die Regulation in diesem sehr engen Bereich erfolgt primär über den Hypothalamus. Es wird bei der Thermoregulation zwischen Verhaltensanpassungen und autonomen Anpassungen unterschieden<sup>7</sup>.

Das Regulationssystem umfasst dabei die Signale der peripheren Rezeptoren, die über das Rückenmark verschaltet in die area preoptica im anterioren Hypothalamus gesendet werden. In Kombination mit dem dorsomedialen Hypothalamus werden die

Signale für das Kältezittern, die kutane Vasokonstriktion und das braune Fettgewebe über den rostralen raphe pallidus an die Effektorbereiche gesendet.<sup>8</sup> Es kann dabei zwischen verschiedenen Stufen der Temperaturregulation unterschieden werden. Die erste Maßnahme ist dabei immer die Vasodilatation/Vasokonstriktion der kutanen Gefäße. Sie ist eine Energie- und Substrat-sparende Maßnahme weshalb durch sie die effizienteste Regulation möglich ist<sup>7</sup>.

## **1.2 Physiologie der Körperzusammenstellung**

### **1.2.1 Body Composition**

Das Fettgewebe wird in braunes Fettgewebe und weißes Fettgewebe unterteilt. Während das braune Fettgewebe nur in geringen Mengen in der supraclaviculären Region im Erwachsenen vorhanden ist, findet sich das weiße Fettgewebe in verhältnismäßig großem Umfang.<sup>9</sup> Das weiße Fettgewebe wird dann weiter in Subkutanes weißes Fettgewebe (subcutaneous white adipose tissue, SAT) und viszerales weißes Fettgewebe (visceral white adipose tissue VAT) unterteilt. Die farbliche Unterscheidung geht auf den molekularen Aufbau zurück. Während im Adipozyten des braunen Fettgewebes sehr viele Zellorganellen (v.a. Mitochondrien) vorhanden sind, besteht das weiße Fettgewebe aus einem großen Fettspeicher, der die Zellorganellen an den Rand verdrängt<sup>10</sup>. Des Weiteren gibt es mit dem beigeen Fettgewebe (beige adipose Tissue; BeAT) noch eine Mischform aus diesen beiden Typen. Dieses findet sich vor allem im abdominellen Kompartiment und ist noch ungenügend erforscht, um eine genaue Aussage über dessen Funktion zu tätigen<sup>10</sup>. VAT macht etwa 6-20% aus, wird vermehrt beim männlichen Geschlecht gefunden und das Blut aus diesem Gewebe fließt in die Portalvene.<sup>9</sup>

Geschlechtsspezifische Unterschiede sind in Bezug auf die Fettverteilung sehr groß. So findet sich die Verteilung beim Mann hauptsächlich am Stamm und Abdomen während die Verteilung bei der Frau primär gluteo-femoral und abdominal ausprägt<sup>9,11</sup>. Diese unterschiedliche Verteilung wird durch unterschiedliche Konzentrationen der Steroid-Hormone bedingt<sup>9,10</sup>.

### 1.2.2 Body Mass Index (BMI)

Der BMI wurde im vorletzten Jahrhundert entwickelt. Zugrundeliegend war das Problem des idealen Gewichts und den damit verbundenen gesundheitlichen Auswirkungen. Entsprechend wurde von der Metropolitan Life Insurance Company 1959 Tabellen zu den durchschnittlichen Verhältnissen von Gewicht zu Größe publiziert. Die Tabellen waren dabei nach Geschlecht und Alter unterteilt.<sup>12</sup>

Der BMI ist definiert als das Körpergewicht in Kilogramm dividiert durch die Körpergröße in m zum Quadrat. Durch die einfache Berechnung ist er ein übliches Tool zur Abschätzung der relativen Fettheit eines Individuums. Für diese Studie wurde die WHO Definition des BMI herangezogen.

BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Kategorie
<18,5	Untergewicht
18,5-24,9	Normalgewicht
25-29,9	Prä-Adipositas
30-34,9	Adipositas I
35-39,9	Adipositas II
>40	Adipositas III

Tabelle 1: Body Mass Index-Kategorien nach WHO

## 1.3 Hypothermie

### 1.3.1 Definition

Es wird von einer Hypothermie gesprochen, wenn die Körperkerntemperatur unter 35°C fällt.<sup>13-15</sup>

### 1.3.2 Ätiologie

Es gibt unterschiedliche Gründe für eine Hypothermie. Diese können in folgende Obergruppen unterteilt werden:

#### ***Beeinträchtigte Thermoregulation***

Hierfür klassische Beispiele sind das Versagen des zentralen Nervensystems (ZNS-Traumata, Parkinson Erkrankung, Multiple Sklerose und weitere), oder peripheren Nervensystems (Diabetes, akute Querschnittlähmung, Neuropathien)<sup>13,15</sup> Zusätzlich ist hier auch die medikamentöse Beeinflussung der Temperatur-Schwellen, besonders im Rahmen der Anästhesie zu erwähnen.<sup>16</sup>

### ***Verminderte Hitzeproduktion***

Darunter zählen unter anderem endokrinologische Erkrankungen wie etwa die Nebennieren-Insuffizienz oder auch die Schilddrüsen-Unterfunktion. Daneben sind auch an Zustände von Energiemangel zu denken wie etwa Unterernährung oder auch im Rahmen einer Hypoglykämie<sup>13,15</sup>

### ***Gesteigerte Temperaturverluste***

Neben dermatologischen Erkrankungen wie beispielsweise der Ichthyosis, kann es auch aufgrund Verbrennungen oder iatrogen durch Infusion großer Mengen an kalter Flüssigkeit oder durch pharmakologisch erzeugte Vasodilatation zu erhöhten Temperaturverlusten kommen.<sup>13,15</sup>

### **1.3.3 Pathophysiologie**

In Abhängigkeit der Körperkerntemperatur kommt es zu unterschiedlichen stereotypen Reaktionen. Grob werden 4 Formen der Hypothermie unterschieden

#### ***Milde Hypothermie***

Die Körperkerntemperatur liegt hier in einem Bereich von 35-32°C. Hier zeigt sich als typische Gegenreaktionen das Kältezittern mit Tachykardie, Tachypnoe und Vasokonstriktion. In weiterer Folge entwickeln sich Amnesie und Dysarthrie bis zur Apathie.<sup>13-15</sup>

#### ***Moderate Hypothermie***

Hier liegt die Körperkerntemperatur in einem Bereich von 32-28°C. Das Kältezittern nimmt zunehmend ab. Herzfrequenz und Cardiac Output nehmen ebenso ab. Zusätzlich steigt hier das Risiko für Herzrhythmusstörungen. Die Bewusstseinsbeeinträchtigung nimmt zu.<sup>13,14</sup>

#### ***Schwere Hypothermie***

Der Temperaturbereich liegt hier zwischen 28-20°C Körperkerntemperatur. Klinisch zeigt sich eine Bewusstseinsintrübung bis zur Bewusstlosigkeit. Daneben nehmen Blutdruck und Herzfrequenz weiter ab und gleichzeitig steigt das Risiko von Kammerflimmern <sup>13,14</sup>

### ***Lebensbedrohliche Hypothermie***

Bei Körperkerntemperaturen von unter 20°C ist das Risiko für eine Asystolie zunehmend erhöht, die Elektroenzephalogramm (EEG) Aktivität ist abnehmend. Die niedrigste überlebte Körperkerntemperatur beim Kind liegt bei 14,2°C, beim Erwachsenen bei 13,7°C. <sup>13</sup>

#### **1.3.4 Konsequenzen der Hypothermie**

Dieser Wärmeverlust ist daher relevant, da er zu einer Reihe von Komplikationen führt. Diese umfassen ein erhöhtes Infektionsrisiko der Wunden <sup>17,18</sup>, einen veränderten Medikamenten-Metabolismus, einen erhöhten Blutverlust<sup>19,20</sup>, eine Veränderung der Granulozyten-Funktion <sup>21</sup>, die über eine auch postoperativ verlängerte Vasokonstriktion zu einer schlechteren Gewebsversorgung mit Sauerstoff und in weiterer Folge auch zu einer verminderten Bildung an Sauerstoffradikalen führt<sup>18</sup>, postoperatives Zittern, einen verlängerten Krankenhaus-Aufenthalt<sup>18</sup>; insbesondere bei Patient\*innen mit schweren traumatischen Verletzungen ist die Hypothermie assoziiert mit einer erhöhten Mortalität sowie erhöhtem Risiko der Aufnahme auf die Intensivstation.<sup>22,23</sup>

Neben all diesen Komplikationen haben all diese Patient\*innen in den nachfolgenden Stunden bis die Normaltemperatur wieder erreicht ist ein erhöhtes Unbehagen<sup>24</sup>

### **1.4 Perioperative Hypothermie**

Im Rahmen von Operationen kommt es auf verschiedenen Wegen zur Störung dieses physiologischen Gleichgewichts.

#### **1.4.1 Definition**

Die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) definiert die perioperative Hypothermie ab einer KKT von <36,0°C.<sup>25</sup>

### **1.4.2 Epidemiologie**

In Abhängigkeit von den Erwärmungsmaßnahmen finden sich unterschiedliche Inzidenzen an perioperativ hypothermen Patient\*innen. In einer chinesischen Studie mit 3132 Patient\*innen hat sich bei einer vier-stündigen OP-Dauer eine Inzidenz von 44% gezeigt. Es wurden dabei jedoch nur ca. 15% der Patient\*innen mit aktiven Maßnahmen erwärmt. In einer japanischen Studie mit etwa 18.000 Patient\*innen hat sich eine Inzidenz von 54,6% gezeigt. In dieser Studie wurden alle Patient\*innen aktiv erwärmt. Einschränkend gilt es zu erwähnen, dass es sich um eine retrospektive monozentrische Studie handelt.

### **1.4.3 Einflussfaktoren**

In einer Studie von DeGroot et al wurden Patient\*innen einer Kühlung ausgesetzt bis es zur autonomen Gegenregulation im Sinne eines Muskelzitterns kam. In beiden Gruppen passierte dies in etwa nach 80 Minuten. Jedoch wurde in der älteren Gruppe ein signifikanter Abfall der Körperkerntemperatur verzeichnet, während die jüngere Gruppe in normothermen Bereichen blieb<sup>26</sup>. Daneben zeigte sich auch in einer Studie bei 255 Patient\*innen mit kolorektalen Operationen, dass das Alter und auch die Temperatur zu Beginn der Operation wichtige Einflussfaktoren für das Auftreten der perioperativen Hypothermie sind.<sup>27</sup>

Weitere Faktoren, die das Ausmaß beeinflussen, sind unter anderem Comorbiditäten<sup>28</sup> oder die intraoperative Flüssigkeitsmenge<sup>29</sup>. Dass das Alter eine signifikante Beeinflussung darstellen kann, ist wenig überraschend. So wurden in der Studie von DeGroot et al wurden 36 junge Patient\*innen (18-30 Jahre) mit 46 älteren Patient\*innen (65-89 Jahre ) verglichen<sup>26</sup>.

Auch der Körperfettanteil macht einen Unterschied. So konnte in Studien gezeigt werden, dass adipöse Patient\*innen statistisch signifikant weniger hypotherm werden. Ursächlich dafür ist nicht nur die schlechte Wärmeleitfähigkeit von Fett, sondern auch durch die frühere Vasokonstriktion mit entsprechend verminderter Umverteilung.<sup>30,31</sup>

### **1.4.4 Narkosebedingte Einflüsse**

Es kommt sowohl bei Vollnarkosen als auch bei neuroaxialen Anästhesieverfahren zu einer Veränderung der Thermoregulation. Die dadurch provozierten Hypothermien

entstehen durch eine Kombination aus Ausschaltung der Verhaltensanpassung und Absenken der Schwelle der autonomen Gegenregulation. Die autonome Gegenregulationsschwelle kann dabei bis zu 4°C betragen. Physiologisch liegt sie bei <math><0,6^{\circ}\text{C}</math><sup>16</sup>.

Bezogen auf die Allgemeinanästhesie zeigt sich bei volatilen Anästhetika (Isofluran, Desfluran) eine nicht-lineare Abnahme der Schwelle der autonomen Hypothermie-Gegenregulationen<sup>32-34</sup>, während intravenöse Anästhetika wie Propofol und Opioiden (Alfentanil, Fentanyl) eine lineare Abnahme zeigen<sup>2,35,36</sup>.

Die Verwendung von Midazolam hat nur einen sehr geringen Einfluss auf die Regulation der Körpertemperatur.<sup>2</sup>

In einer kleinen Studie an insgesamt 40 Patient\*innen die sich einer elektiven HNO-Operation unterzogen haben, zeigte sich dass die Applikation von PEEP zu signifikant höheren Körperkerntemperaturen und geringeren Temperaturdifferenzen zwischen KKT und Temperatur in der Peripherie gemessen am Unterarm.<sup>37</sup> In einer anderen Studie mit 37 Patient\*innen die an der Wirbelsäule operiert wurden, zeigten sich zwar keine signifikant unterschiedlichen Körperkerntemperaturen jedoch hat die periphere Vasokonstriktion früher und bei einer höheren Körperkerntemperatur eingesetzt<sup>38</sup>.

Auch kalte Flüssigkeit hat einen Einfluss auf die Körperkerntemperatur. In einem mathematischen Modell wurde dabei die bei der Infusion von 30ml/kg kristalloider Lösung mit einer Temperatur von 20°C, ein Temperaturabfall von 0,6-0,9°C errechnet.<sup>39</sup> In einer kleinen Studie an jungen, gesunden Erwachsenen wurde der Temperaturabfall bei der Infusion von 30ml/kg kristalloider Lösung mit entweder Raumtemperatur (23°C) oder einer Temperatur von 4°C verglichen. Dabei zeigt sich ein mediane Abkühlung in der Kategorie Raumtemperatur von 0,5°C in der Raumtemperatur-Gruppe, von 1,0°C in der Gruppe mit kalten Infusionen.<sup>40</sup>

Der menschliche Körper verwendet periphere Vasokonstriktion, um vor Auskühlung zu schützen.<sup>41</sup> Es wurde in einer Studie an 40 männlichen Patient\*innen dabei gezeigt, dass es im Verlauf der Operation zu einem Anstieg der endogenen Katecholamin-Konzentration kommt.<sup>42</sup>

### **1.4.5 Operationsbedingte Einflüsse**

Es konnte in einem single center randomized controlled trial (RCT) gezeigt werden, dass Mütter im Rahmen einer Sectio caesarea signifikant hypothermer werden, wenn die OP-Raum-Temperatur von 23°C auf 20°C gesenkt wird. Es gilt zu bedenken, dass hier nur ein sehr geringer Anteil der Patientinnen eine Vollnarkose erhalten hat<sup>43</sup>. Entsprechend wäre eine Erhöhung der OP-Saal-Temperatur eine effektive Maßnahme zur Verhinderung der intraoperativen Hypothermie. Die operierenden Chirurg\*innen gaben in der nachfolgenden Befragung erhöhtes Unbehagen bei höheren Temperaturen an. Es konnte jedoch keine objektive Verschlechterung der OP-Qualität, bestehend aus Operationsdauer und intraoperativem Blutverlust, festgestellt werden<sup>43</sup>.

## **1.5 Temperaturmessung**

Die Temperaturmessung ist zum einen abhängig vom jeweils verwendeten Messgerät, aber auch von der Körperstelle der Messung.

### **1.5.1 Gerätschaft**

Die S3-Leitlinie zur perioperativen Hypothermie gibt in ihrer Empfehlung an, dass bei der Gerätschaft auf die Präzision - darunter versteht sich die Genauigkeit der Messung (Streuung der Messwerte) - zu achten ist.<sup>25</sup>

### **1.5.2 Messort**

Die Hauttemperatur kann bis zu mehreren Grad Celsius von der Körperkerntemperatur abweichen. Dieser Umstand erschwert die Messung der Temperatur. Der Goldstandard der Temperaturmessung wäre die Messung in der Arteria pulmonalis. Da dies jedoch eine sehr invasive Methode ist, ist diese Methode jedoch nicht immer geeignet.<sup>25</sup>

Die entsprechende Leitlinie zur Vermeidung der perioperativen Hypothermie hat folgende Orte zur Temperaturmessung intraoperativ empfohlen:

- sublingual
- oro/nasopharyngeal
- ösophageal
- vesikal

- Tympano-Kontaktsensor
- auf der Stirn mittels Zero-Heat-Flux oder Doppelsensor-Thermometer <sup>25</sup>

Die Genauigkeit nimmt dabei von oro-/nasopharyngealer – ösophagealer - vesikaler Temperaturmessung ab.<sup>25</sup>

## 1.6 Studienrelevante Kenngrößen

### 1.6.1 ICD-10-Procedure Codes

Dieser in den USA entwickelte Score dient zur detaillierten Beschreibung von Operationen.

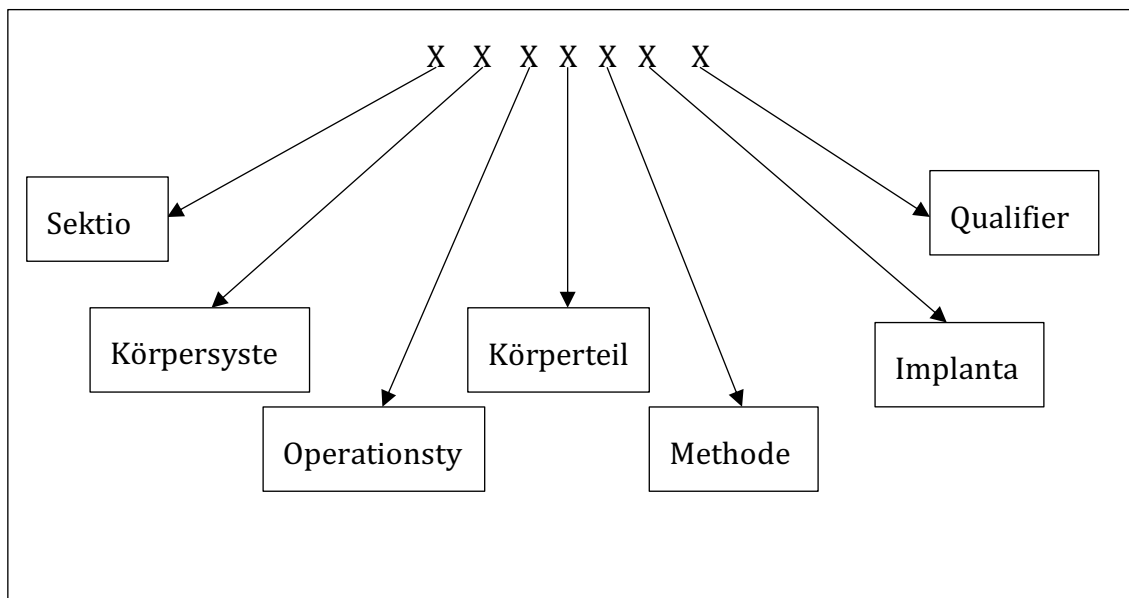


Abbildung 1: Schematische Darstellung ICD-10-Procedure-Codierung

Diese 7-stellige Klassifizierung bietet die Möglichkeit der Vereinheitlichung auf verschiedenen Niveaus. Der Aufbau dieser Klassifizierung sieht folgendermaßen aus:

Die Kodierung erfolgt dabei nach dem alphanumerischen System. Die erste Variable stellt die Sektion dar. Beispiele dafür wären unter anderem 0 „Medizinisch und chirurgisch“, 1 „Geburtshilfe“, aber auch Therapien wie C „Nuklearmedizin“ und andere sind enthalten.

In der Kategorie Körpersystem sind jeweils betroffenen Körperregionen beinhaltet. Im Bereich Medizinisch und Chirurgisch findet sich so beispielsweise 00 „zentrales Nervensystem“ oder 0D „Gastrointestinales System“.

Im Bereich Operationstyp wird die operative Maßnahme genauer beschrieben. Klassische Beispiele dafür wären etwa Bypass, Drainage, Inspektion und eine Reihe anderer.

Unter Methode wird der Zugangsweg verstanden. Beispiele dafür wären „perkutan“ „perkutan endoskopisch“ oder „über natürliche oder künstliche Öffnung“

Die Kategorie 6 Implantat wird beispielsweise bei der Kategorie Bypass benötigt. So kann ein Bypass durch „autologes Gewebe“ oder „synthetischen Ersatz“ erzeugt sein. In Kategorien, die keine Verwendung für diese Variable haben (wie beispielsweise Exzision), gibt es Z für „kein Implantat“

Mit der letzten Kategorie, dem Qualifier, kann ein zusätzliches Attribut, welches in gewissen Operationen zur genaueren Spezifikation benötigt wird, beschrieben werden. In den meisten Operationen wird dies nicht benötigt, dazu gibt es mit Z „Kein Qualifier“ eine eigene Möglichkeit der Codierung.

### **1.6.2 MET-Score**

Unter MET wird das Metabolische Äquivalent verstanden. Der MET wird zur Abschätzung der Belastbarkeit von Patient\*innen verwendet. Dabei entspricht ein MET der metabolischen Anforderung in Ruhe. Vier MET würden dem Steigen steigen von zwei Stockwerken gleichen, intensivste Belastungen wie Schwimmsport entsprechen zumindest 10 MET<sup>44</sup>. Dieser Score wird im Rahmen der anästhesiologischen Voruntersuchung routinemäßig erhoben. Es gibt dabei sehr ausführliche Listen, die eine genaue Einschätzung über die Menge an MET, die eine Aufgabe erfordert, zulassen. Sollte in speziellen Fällen die anamnestische Evaluierung nicht ausreichend sein, kann auch über die Fahrradergometrie der MET-Wert genau bestimmt werden<sup>45</sup>.

### **1.6.3 ASA-Score**

Die ASA-Risikoklassifizierung (American Society of Anesthesiology) ist ein Score zur prä-operativen Beurteilung des Sterblichkeitsrisikos von Patient\*innen<sup>46</sup>. Dieser Score zielt dabei auf die Beurteilung vorbestehender Erkrankungen und Komorbiditäten ab.

<b>ASA Score</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>1</b>	Normale*r, gesunde*r Patient*in
<b>2</b>	Patient*in mit geringen systemischen Erkrankungen
<b>3</b>	Patient*in mit schweren systemischen Erkrankungen
<b>4</b>	Patient*in mit schweren systemischen Erkrankungen, die eine konstante Gefahr für das Leben darstellen
<b>5</b>	Moribunde*r Patient*in, erwarteter Tod ohne Operation
<b>6</b>	Bereits diagnostizierter Hirntod, Organspender*in

Tabelle 2: ASA-Score-Kategorien

### **1.7 Ziel der Studie**

Das Ziel der Studie ist es, eine mögliche Assoziation zwischen Körperfettanteil und dem Auftreten der perioperativen Hypothermie bei Patient\*innen mit großen Oberbauchoperationen zu untersuchen.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign**

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Analyse von im Rahmen der klinischen Routine gesammelten Daten. Daten zu Patient\*innen, die großen Oberbauch-Operationen unterzogen wurden, wurden analysiert.

### **2.2 Ethische Implikationen**

Diese Studie wurde durch die Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz (IRB00002556) geprüft und zugelassen. Die entsprechende Entscheidungsnummer ist 31-122 ex 18/19. Aufgrund der Pseudonymisierung der Daten über die Fallzahl und des retrospektiven Studiendesigns wurde auf eine Einverständniserklärung verzichtet.

### **2.3 Datengrundlage**

Der Datensatz dieser retrospektiven Datenanalyse setzt sich aus klinischen Routinedaten zusammen, welche an der Univ. Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin am LKH Universitätsklinikum Graz mittels der digitalen Dokumentationssystemen für den präoperativen Bereichen (PDU-Programm, eigene Software zur Dokumentation präoperativer Narkoseuntersuchungen) und für den intraoperativen Bereich (Centricity Intra Anaesthesia, GE Healthcare, Chicago, IL, Vereinigte Staaten) erhoben wurden.

Das LKH Universitätsklinikum Graz ist ein tertiäres Behandlungszentrum in Graz. Graz ist die Hauptstadt der Steiermark, welches ein Bundesland innerhalb Österreich ist.

In der Auswertung wurden Daten aller Patient\*innen, die seit Beginn der digitalen anästhesiologischen Dokumentation mittels einer großen Oberbauch-Operation unterzogen wurden, inkludiert. Diese Daten wurden mittels der jeweiligen Exportwerkzeuge aus den Datenbanken der beiden digitalen Dokumentationssysteme in pseudonymisierter Form extrahiert.

## **2.4 Ein- und Ausschlusskriterien**

### **2.4.1 Einschlusskriterien**

Es wurden Daten aller Patient\*innen, die zum Zeitpunkt der präoperativen Narkoseuntersuchung  $\geq 18$  Jahre alt waren, sich einer geplanten, schweren abdominal- oder viszeralchirurgischen Operation am LKH Universitätsklinikum Graz seit Beginn der digitalen anästhesiologischen Dokumentation unterzogen haben, für welche Temperatur-Messwerte verfügbar waren, in diese Studie inkludiert.

Insgesamt 1058 Datensätze in den digitalen anästhesiologischen Datenbanken gefunden und über die Fallzahl pseudonymisiert ausgegeben.

### **2.4.2 Ausschlusskriterien**

Es wurden alle Datensätze von Patient\*innen, die ein Alter unter 18 Jahren hatten oder eine Operation hatten, die nicht einer großen Oberbauch-Operation entsprach, ausgeschlossen.

Da es sich um eine retrospektive Studie handelt, wurden alle Datensätze, die nicht plausible Werte beinhalteten, ausgeschlossen. Da nicht nachträglich sichergestellt werden konnte, ob die gemessenen Werte korrekt sind, wurden logische und physiologische Grenzwerte angenommen:

- Einleittemperatur  $>35^{\circ}\text{C}$
- tiefste intraoperative Temperatur  $>33^{\circ}\text{C}$
- Temperatur bei OP-Ende  $>33^{\circ}\text{C}$
- Dauer im OP-Saal  $>$  Operationsdauer
- Operationsdauer  $> 10\text{min}$

## **2.5 Behandlungsprotokoll**

Da es sich hierbei um eine retrospektive Studie handelt, wurde keinerlei Einfluss auf die anästhesiologische oder operative Behandlung der Patient\*innen genommen. Die Behandlung aller Patient\*innen erfolgte nach den zum jeweiligen Behandlungszeitpunkt gültigen lokalen Richt- und Leitlinien. Diese umfassen hinsichtlich Temperatur und Hypothermie die S3-Leitlinie „Vermeidung von perioperativer Hypothermie - Aktualisierung 2014“.<sup>47</sup>

### **2.5.1 Temperaturmessung**

Die Messung der Temperatur erfolgte primär durch Harnkatheter. War diese Messmöglichkeit nicht möglich, so wurde eine Ösophagussonde verwendet. Gründe für die Verwendung der Ösophagussonde waren entweder medizinische (beispielsweise aufgrund von suprapubischen Kathetern) oder organisations-technische (fehlende Harnkatheter, die über eine Temperaturmessung verfügten).

### **2.5.2 Wärmemaßnahmen**

Zum Erhalt einer physiologischen Körperkerntemperatur wurde ein System der konvektiven Erwärmung verwendet. Das an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin am LKH-Univ. Klinikum Graz hierfür übliche System nennt sich „Bair Hugger“ und wird von der Firma 3M produziert. Die entsprechende AWMF-Leitlinie zur Vermeidung der perioperativen Hypothermie empfiehlt die Erwärmung bis zu 30min vor Beginn der Operation<sup>25</sup>.

Zur Flüssigkeitserwärmung wurde das „HOTLINE“ System der Firma Smith medical verwendet. Es handelt sich dabei um ein um ein Gerät welches mit Flüssigkeit und einem speziellen Schlauchsystem die verabreichten Flüssigkeiten auf eine Temperatur von 37 bis 42 °C erwärmt. Dieses Funktionsprinzip wird als Inline-Erwärmung bezeichnet. Es können dabei Flussraten bis 5 Liter pro Stunde zuverlässig erwärmt werden. Die entsprechenden Empfehlungen der S3-Leitlinie umfassen dass bei der Infusion von mehr als 500ml/h eine Infusionserwärmung durchgeführt werden soll und die Inline-Erwärmung dabei das Funktionsprinzip der Wahl ist.<sup>25</sup>

## 2.6 Datenmanagement

Die Daten wurden dabei mit IBM SPSS Version 26 beziehungsweise Version 27, zur Verfügung gestellt von der Medizinischen Universität Graz, bearbeitet.

Es wurden folgende Parameter aus der digitalen anästhesiologischen Datenbank extrahiert:

<b>Variable</b>	<b>Einheit</b>
<b>Alter</b>	Jahre
<b>Geschlecht</b>	
<b>Größe</b>	Meter
<b>Gewicht</b>	Kilogramm
<b>Vasopressoren intraoperativ</b>	Milliliter
<b>Flüssigkeitsbilanz intraoperativ</b>	Milliliter
<b>OP-Dauer</b>	Minuten
<b>ASA-Klasse</b>	
<b>Verwendung unterschiedlicher PEEP</b>	cmH <sub>2</sub> O
<b>EK-pflichtiger intraoperativer Blutverlust</b>	Milliliter
<b>Temperatur zu Beginn und Ende</b>	°C
<b>tiefste intraoperative Temperatur</b>	°C
<b>Bezeichnung der jeweiligen Operation.</b>	°C

## 2.7 Fallselektion

Da sich diese Arbeit auf schwere abdominal- und viszeralchirurgische Operationen fokussiert, wurden alle extra-abdominellen Eingriffe (Exstirpation lymphatisches System, Resektion lymphatisches System, Exstirpation endokrines System, Inspektion endokrines System, Entfernung endokrines System, Exstirpation Harnsystem, Resektion Harnsystem, Exstirpation weibliches reproduktives System, Revision weibliches reproduktives System, Resektion männliches reproduktives System) aus

dieser Studie ausgeschlossen. Insgesamt handelt es sich dabei um 33 Patient\*innenfälle.

Weitere Datensätze wurden aufgrund der Variable „Temperatur bei Einleit-Beginn“ ausgeschlossen. Es hat hier eine Reihe von Datensätzen gegeben, die bereits zu Beginn eine hypotherme Temperatur hatten. Da es nicht möglich ist, diese Daten auf ihren Wahrheitswert zu überprüfen, wurde eine willkürliche Temperaturgrenze von 35°C genommen, und alle Datensätze die kleinere Werte hatten aus der Studie ausgeschlossen worden. Insgesamt waren davon 9 Datensätze betroffen.

Analog zur Variablen „Temperatur bei Einleit-Beginn“ wurden auch auf Basis der Variable „Mindest-Temperatur“ eine Reihe von Datensätzen ausgeschlossen. Auch hier sind wieder Werte bis zu 0,5°C vorgekommen. Da auch hier der Wahrheitsgehalt der gemessenen Werte nicht nachkontrolliert werden konnte, jedoch Körperkerntemperaturen von unter 33°C in diesem Setting als nicht realistisch angesehen werden, wurden insgesamt 61 Datensätze aus der Studie ausgeschlossen, wovon jedoch bereits 6 Patient\*innenfälle in vorhergehenden Kategorien ausgeschlossen wurden.

Auch bei der End-Temperatur gab es Datensätze, die eine sehr niedrige Temperatur hatten. Genauso wie bei der Mindesttemperatur ist es nicht möglich, den Wahrheitswert dieser Daten zu überprüfen. Da es unrealistisch erscheint, dass die End-Temperaturen unter 33°C liegen, wurden auch hier all diese Patient\*innenfälle ausgeschlossen. In Summe waren es 61 Fälle, wobei jedoch aufgrund der vorherigen Ausschlüsse bereits 16 Patient\*innen ausgeschlossen wurden. Es wurden daher aufgrund dieses Kriteriums weitere 45 Patient\*innen ausgeschlossen.

In der Kategorie OP-Zeit mussten weitere acht Patient\*innenfälle ausgeschlossen werden, da sie entweder eine OP-Dauer von  $\leq 5$ min hatten oder die OP-Dauer die Zeit im Operationssaal überschritten hat. Davon wurden jedoch bereits vier Fälle aufgrund vorheriger Ausschlusskriterien von der Analyse ausgenommen.

Eine entsprechende schematische Darstellung der ausgeschlossenen Patient\*innen findet sich in Abbildung 2.

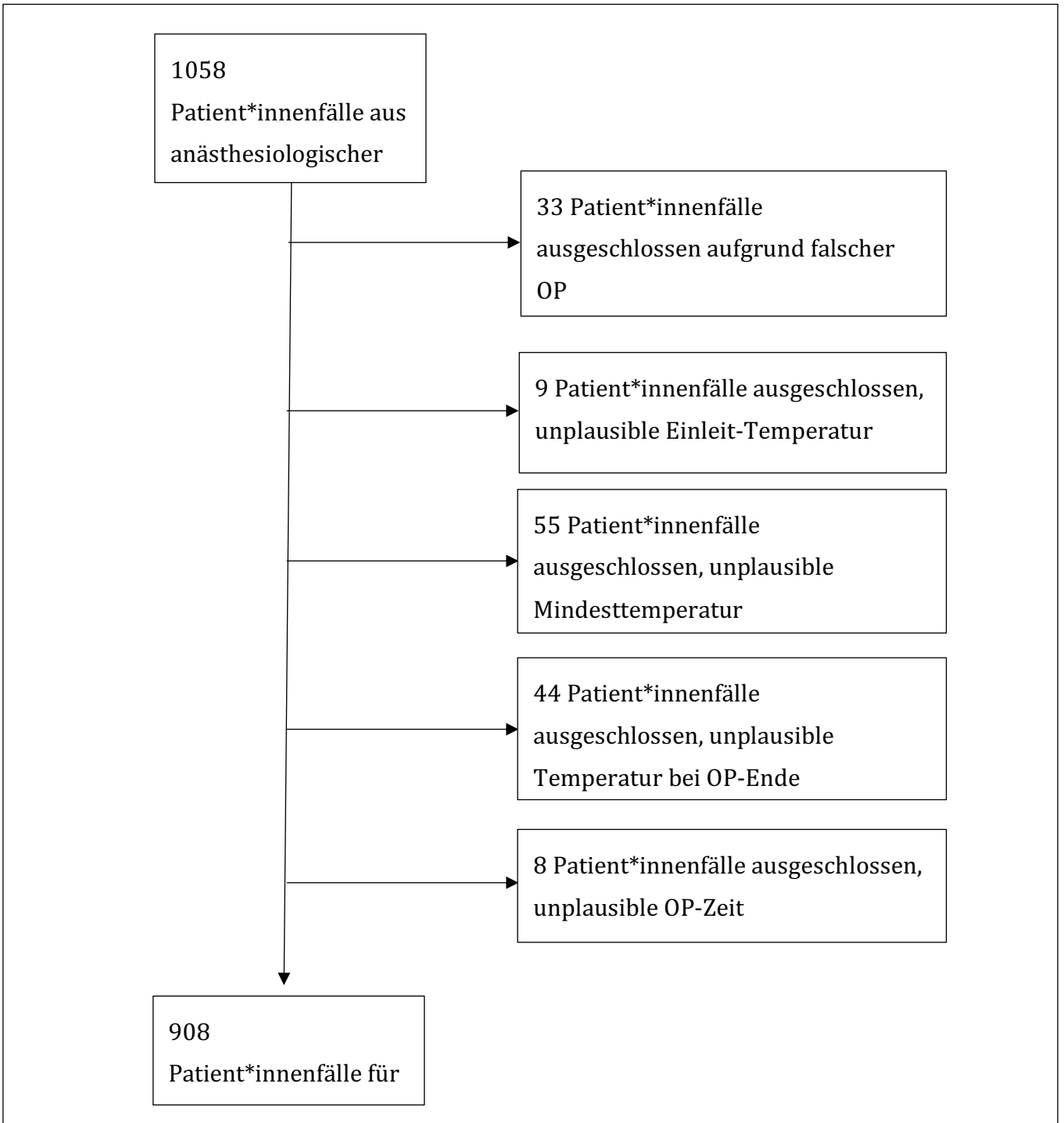


Abbildung 2: Diagramm der Exklusionskriterien

## 2.8 Datenmanagement

Die zur Verfügung gestellten Daten wurden mithilfe von IBM SPSS Version 26 sortiert und die Patient\*innen den einzelnen BMI-Klassen zugeordnet. Die BMI-Klassen wurden der aktuellen Definition der WHO entsprechend eingeteilt: Untergewicht ( $<18,5 \text{ kg/m}^2$ ), Normalgewicht ( $18,5\text{-}24,9 \text{ kg/m}^2$ ), Prä-Adipositas ( $25\text{-}29,9 \text{ kg/m}^2$ ), Adipositas Grad I ( $30\text{-}34,9 \text{ kg/m}^2$ ), Adipositas Grad II ( $35\text{-}39,9 \text{ kg/m}^2$ ) sowie Adipositas Grad III ( $>40 \text{ kg/m}^2$ ).

Nach Einteilung in einzelne Kategorien wurden die Gruppen auf eine Normalverteilung bezüglich Alter, Geschlecht, Vasopressoren intraoperativ, Flüssigkeitsbilanz intraoperativ, OP-Dauer, Comorbiditäten (ASA-Klasse), Anästhesieverfahren, Verwendung unterschiedlicher PEEP, EK-pflichtiger intraoperativer Blutverlust und Lokalisation untersucht.

### 2.8.1 BMI

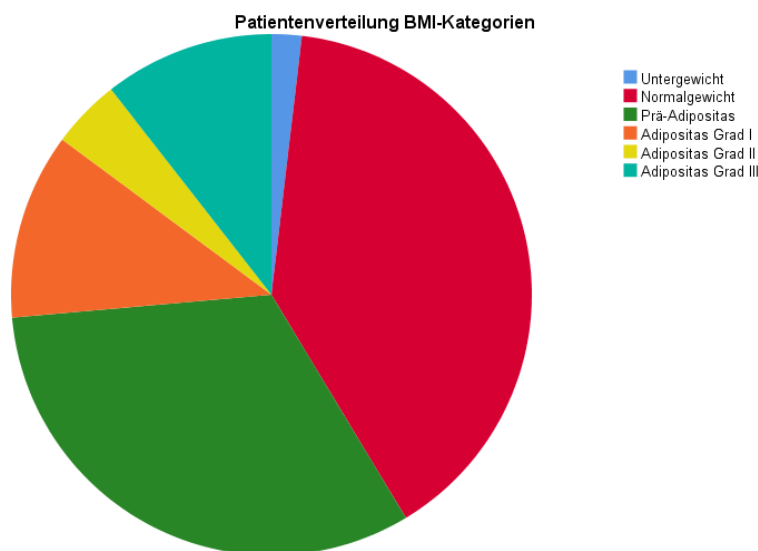


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der BMI-Kategorien als Tortendiagramm

Entsprechend der BMI-Klassifikation der WHO wurden Patient\*innen in 6 Gruppen unterteilt. Es zeigte sich dabei, dass die Gruppen Normalgewicht und Prä-Adipositas annähernd zwei Drittel der Gesamtkohorte ausmachten. Die Gruppen Adipositas Grad II und Untergewicht waren jedoch jeweils sehr kleine Patient\*innen-kohorten. Um diese Missverhältnisse etwas auszugleichen wurden die unterschiedlichen Adipositas-Klassen zu einer Adipositas-Kategorie zusammengefasst.

BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Kategorie
<18,5	Untergewicht
18,5-24,9	Normalgewicht
25-29,9	Prä-Adipositas
>30	Adipositas

Tabelle 3: Adaptierte BMI-Kategorien

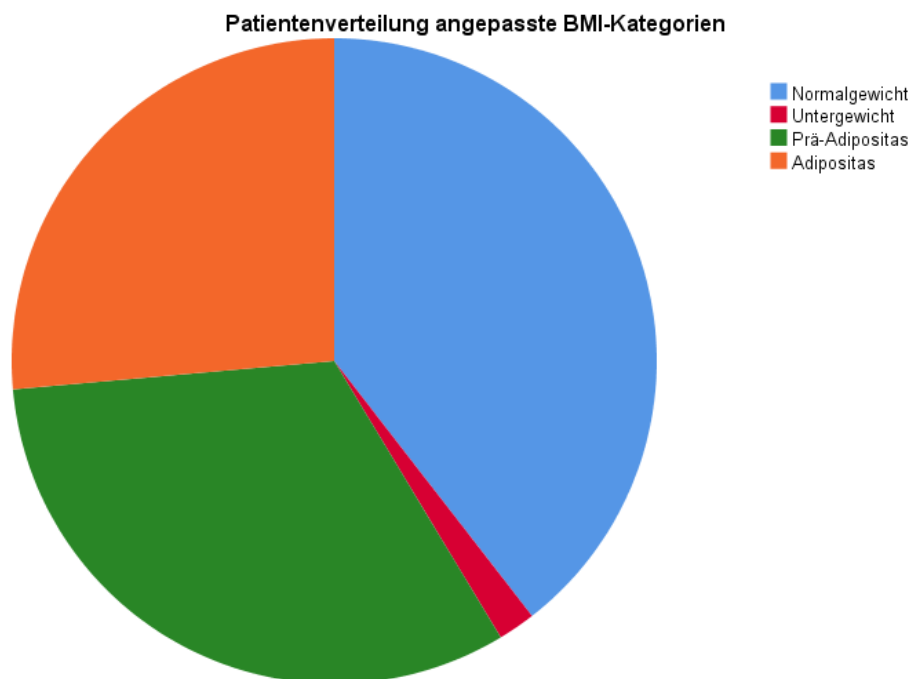


Abbildung 4: Häufigkeitsverteilung der adaptierten BMI-Kategorien

Die Untergewicht-Kohorte konnte leider nicht angepasst werden, ohne nicht eine Vermischung von physiologisch relevanten Kernmerkmalen der Daten in Kauf nehmen zu müssen. Entsprechend wurde darauf verzichtet und diese Kategorie so belassen.

## 2.8.2 Anfangstemperatur

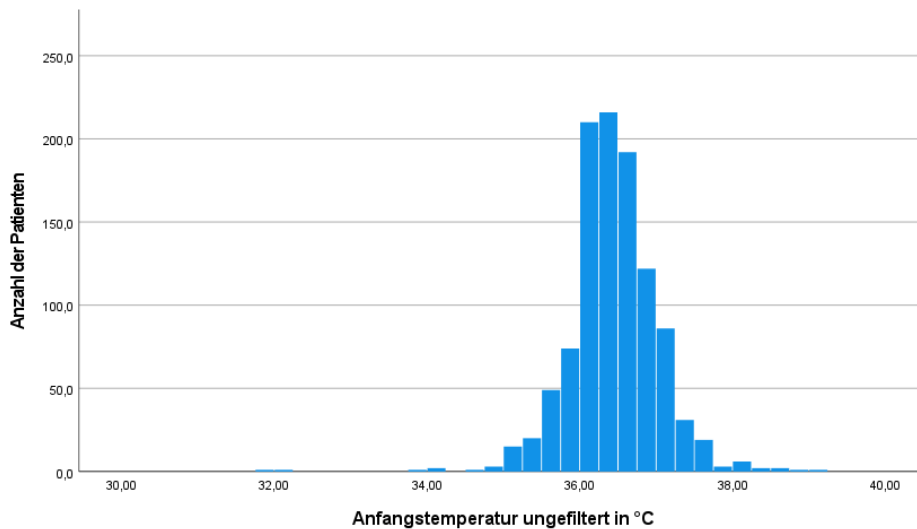


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Anfangstemperatur vor Bereinigung

Die Anfangstemperatur-Werte waren in einem Bereich von 31,8°C bis zu 39,2°C. Wie bei der Datenexklusion beschrieben sind alle Werte die vor der Operation einen Wert unter 35°C hatten, ausgeschlossen worden. Wenn die Abbildungen 5 und 6 verglichen werden, so zeigt sich auch im Bereich der Normtemperatur eine Veränderung der Häufigkeitsverteilung, dies ist aufgrund der anderen Ausschlussgründe. Die entsprechende Auflistung findet sich in Abbildung 2. Die in Abbildung 6 dargestellte Häufigkeitsverteilung, entspricht den für die Auswertung verwendeten Daten.

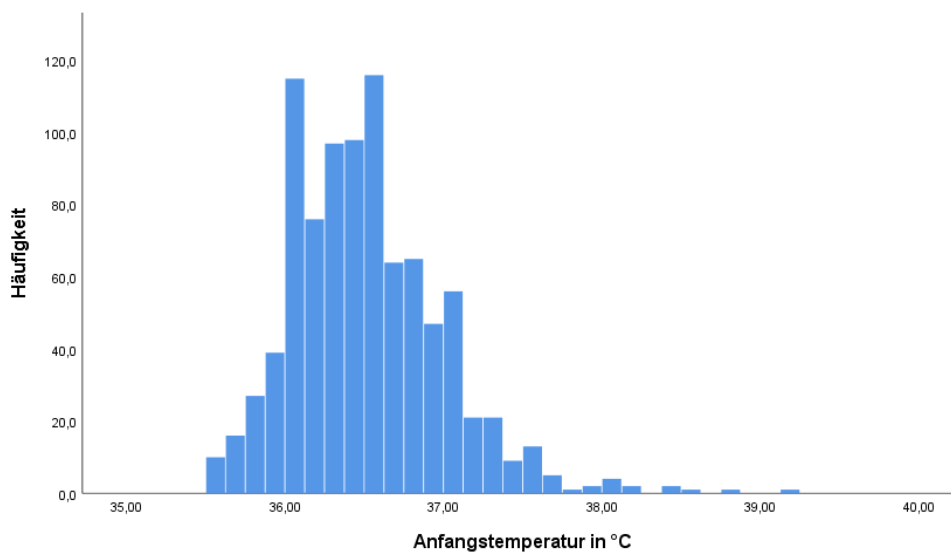


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Anfangstemperatur

### 2.8.3 Endtemperatur

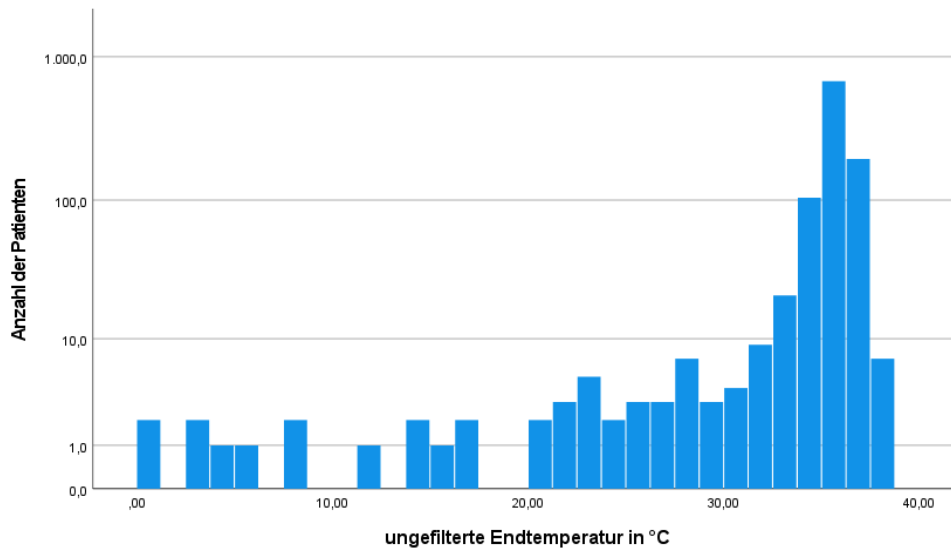


Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung der Endtemperatur vor Datenbereinigung

Die aus der anästhesiologischen Dokumentation ausgewerteten Daten sind in der Abbildung 7 dargestellt. Sie sind in einem Bereich zwischen 0,5°C und 38,2°C. Wie in der Datenexklusion beschrieben wurden alle Daten unter einem Wert von 33°C ausgeschlossen. Es wurde hier absichtlich ein niedrigerer Wert als bei der Anfangstemperatur gewählt, da während der Operation eine gewisse Abkühlung möglich ist. Auch hier zeigt sich eine Veränderung der Häufigkeitsverteilung zwischen Abbildung 7 (vor Datensatzbereinigung) und Abbildung 8 (nach der Datensatzbereinigung)

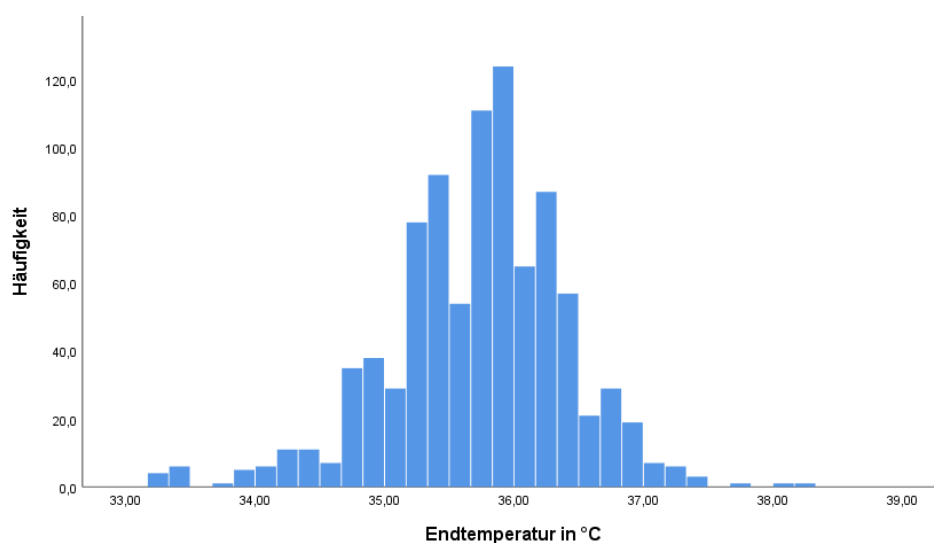


Abbildung 8: Häufigkeitsverteilung der Endtemperatur

## 2.8.4 Mindesttemperatur

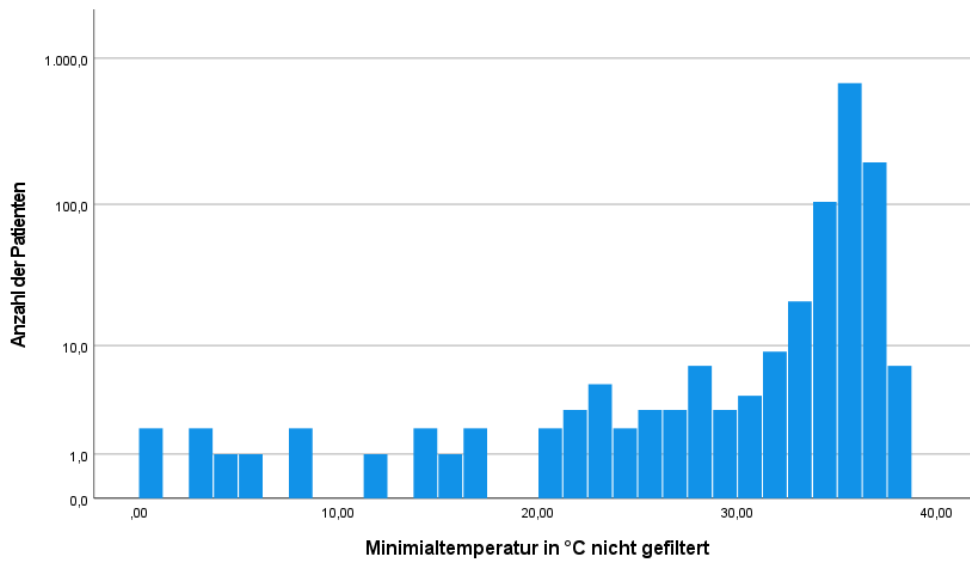


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der Minimaltemperatur vor Bereinigung

Die Mindesttemperatur ist insgesamt der Häufigkeitsverteilung der Endtemperatur sehr ähnlich. Dies entspricht der Erwartung, dass die Patient\*innen über den Operationsverlauf zunehmend auskühlen. Die Grenzwerte vor der Datensatz-Bereinigung für die Mindesttemperatur sind ebenso 0,5°C bis 38,2°C. Entsprechend dem gewählten Grenzwert bei der Temperatur bei OP-Ende wurde auch hier ein Wert von 33°C gewählt. Nach der Exklusion sind die Grenzwerte 33,2°C bis 38,2°C. Die zugehörige Häufigkeitsverteilung ist in Abbildung 10 ersichtlich.

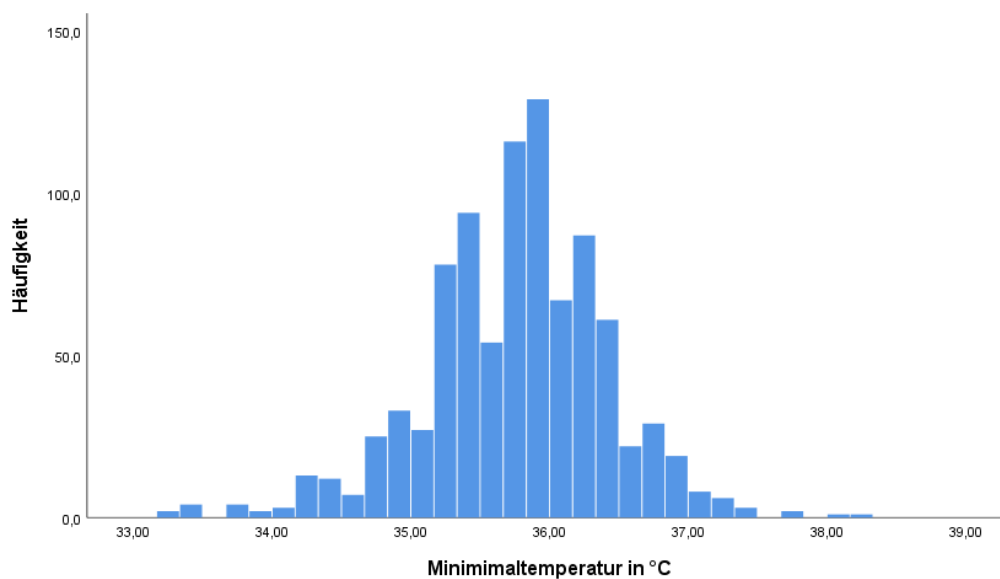


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung der Minimaltemperatur

## 2.8.5 Temperaturabfall

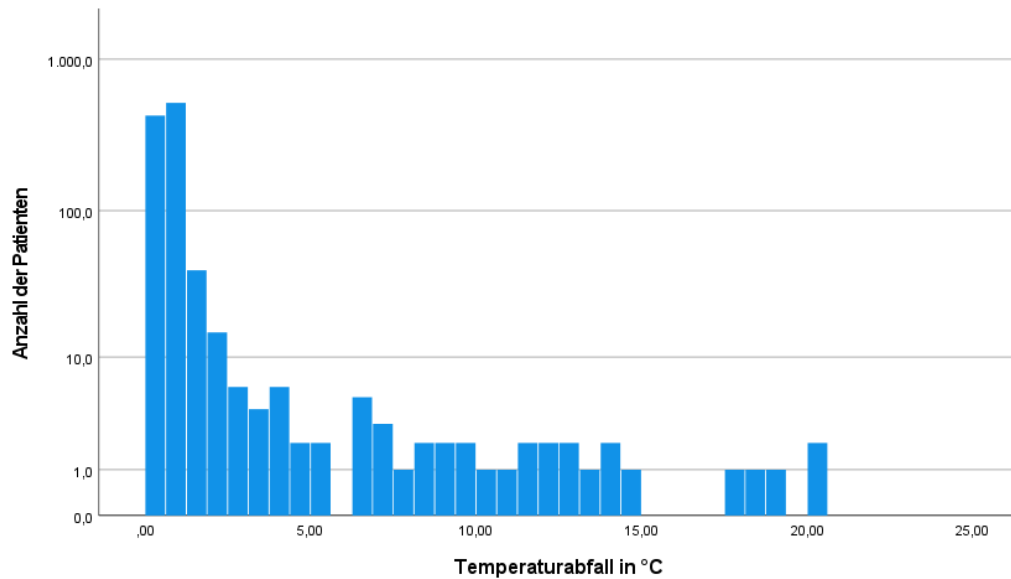


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung Temperaturabfall vor Datenbereinigung

Der Temperaturabfall ist ein Parameter, der aus der Differenz zwischen Anfangstemperatur und Endtemperatur errechnet wurde. Es zeigt sich in der Abbildung 9 die Häufigkeitsverteilung vor der Datensatzbereinigung. Die großen Temperaturabfälle sind nicht erklärbar, sind jedoch durch die Datensatzbereinigung alle weggefallen. Die Häufigkeitsverteilung nach der Datensatzbereinigung zeigt sich dabei in Abbildung 10. Interessant ist dabei, dass bei keinem\*r Patient\*in die Temperatur konstant gehalten werden konnte.

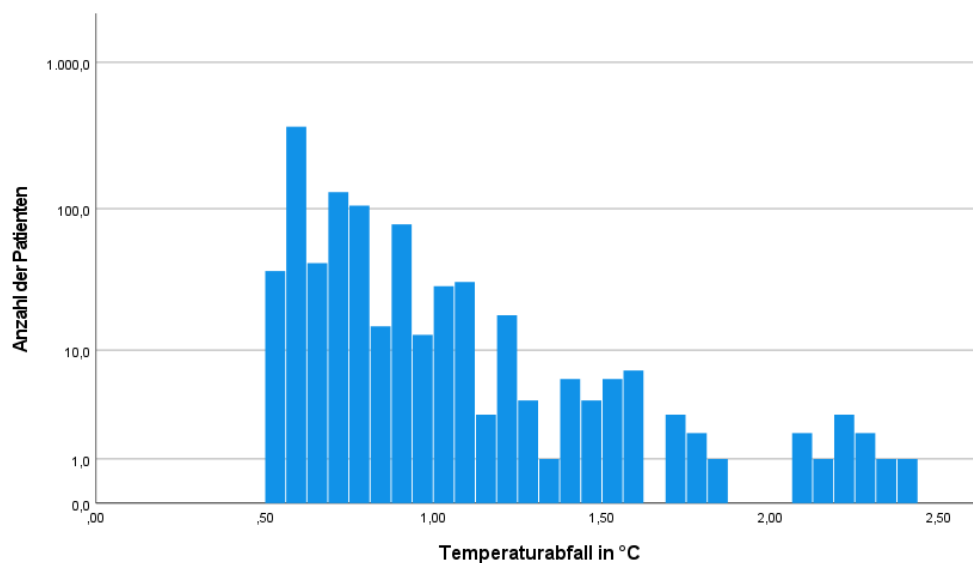


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung Temperaturabfall, datensatzbereinigt

### **2.8.6 Operationen**

Die Datensätze sind in ihrer Rohform durch die Freitext-Diagnose klassifiziert, was in dieser Form jedoch nicht für die Auswertung geeignet ist, weshalb die ICD-10-Procedure-Codierung zur Vereinheitlichung verwendet wurde.

Aufgrund der Ausführlichkeit der Freitext-Diagnose konnten nur die ersten drei Variablen der Codierung zuverlässig codiert werden. Dabei wurden insgesamt 32 verschiedene Codierungen innerhalb der 1058 Patient\*innen gefunden. In der Tabelle 4 findet sich eine Auflistung dieser Diagnosen.

<b>ICD-Procedure-Codierung</b>	<b>n</b>
Nicht angegeben	1
Exstirpation lymphatisches/hämatopoetisches System	1
Resektion lymphatisches/hämatopoetisches System	8
Bypass GI-System	71
Division GI-System	6
Drainage GI-System	2
Exzision GI-System	38
Exstirpation GI-System	1
Inspektion GI-System	104
Verschluss GI-System	9
Wiederanbringung GI-System	18
Entfernung GI-System	5
Reparatur GI-System	15
Reposition GI-System	2
Resektion GI-System	202
Restriktion GI-System	12
Revision GI-System	42
Exzision Hepatobiliäres System	2
Exstirpation Hepatobiliäres System	2
Insertation Hepatobiliäres System	1
Inspektion Hepatobiliäres System	39
Reparatur Hepatobiliäres System	1
Resektion Hepatobiliäres System	446
Revision Hepatobiliäres System	6
Exstirpation endokrines System	1
Inspektion endokrines System	1
Entfernung endokrines System	1
Resektion endokrines System	13
Exstirpation Harnsystem	1
Resektion Harnsystem	4
Exstirpation weibliches reproduktives System	1
Revision weibliches reproduktives System	1
Resektion männliches reproduktives System	1

Tabelle 4: ICD-10-Procedure Codierung dreistellig

Da sich hier Gruppen mit so wenig Datensätzen ergeben würden, dass eine statistische Analyse nicht sinnvoll zu verwerthen wäre, wurden die kleinen Gruppen in aussagekräftig große Gruppen zusammengeführt. Das dafür sinnvollste war der Rückgang von der 3-Variablen-Klassifizierung zur 2-Variablen Klassifizierung. Dadurch sind die genauen Operationsdetails, wie beispielsweise Resektion, Exstirpation, Revision und weitere, weggefallen. Verbleibend sind die anatomische Lokalisation Klassifizierungsschritte des ICD-PCS-10-Codes. In unserem Fall waren das dann die großen Gruppen 0D (Gastrointestinal-chirurgische Eingriffe) und 0F (hepatobiliär-chirurgische Eingriffe). Wie bereits unter Abschnitt 2.4.2 Exklusion beschrieben, wurden 33 Patient\*innenfälle aufgrund einer extra-abdominellen Operationsdiagnoseausgeschlossen. Die abschließende verwendete Codierung findet sich dabei in Tabelle 5.

<b>Bezeichnung</b>	<b>ICD-10-PCS Code</b>	<b>Anzahl</b>
<b>Ausgeschlossene Fälle</b>		33
<b>Gastrointestinaler Eingriff</b>	0D	528
<b>Hepato-biliärer Eingriff</b>	0F	497

Tabelle 5: ICD-10-Procedure-Codierung zweistellig

### **2.8.7 Alter**

Die Darstellung des Alters wird prinzipiell in einer metrischen Skalierung durchgeführt. Das Alter wird aufgrund physiologischer Unterschiede nicht zwingend einem linearen Verlauf folgen, deshalb wurde eine kategoriale Skalierung verwendet. Die einzelnen Gruppen wurden anhand von physiologischen Grenzen ausgewählt und bieten auch den Vorteil der leichteren klinischen Interpretierbarkeit.

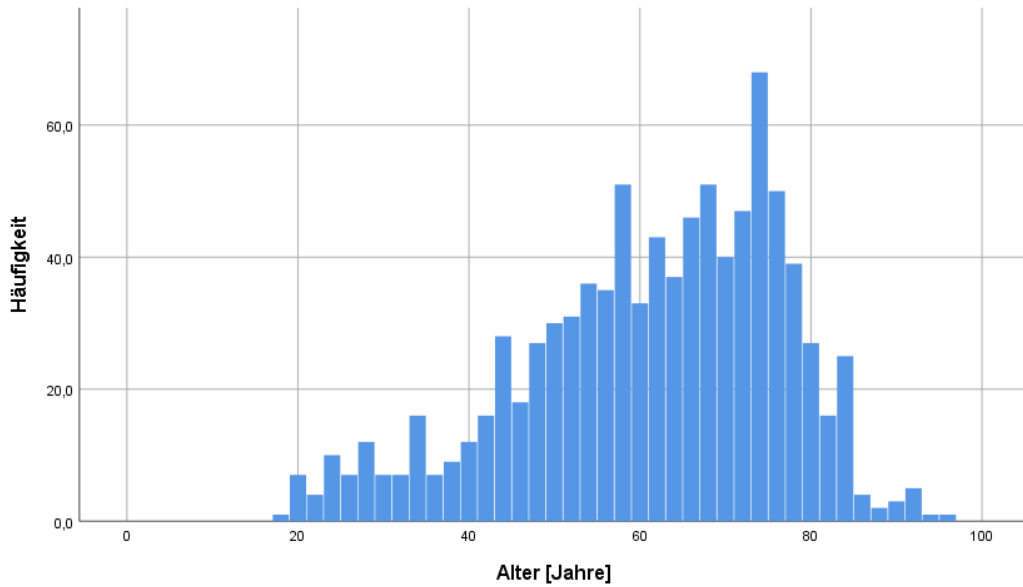


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung des Alters in Jahren

Die Einteilung wurde dabei so erstellt, dass möglichst aussagekräftige Gruppengrößen von klinischer Relevanz entstanden:

Alter	Anzahl	%
unter 35 Jahre	76	8,40%
35 bis 50 Jahre	142	15,60%
50 bis 65 Jahre	287	31,60%
65 bis 80 Jahre	347	38,20%
über 80 Jahre	57	6,30%

Tabelle 6: Alterskategorien inklusive Häufigkeitsverteilung

### 2.8.8 MET-Score

Beim MET-Score, welcher eine Klassifizierung der Leistungsfähigkeit von Patient\*innen darstellt, war bei den Extremwerten, sowohl nach unten wie auch nach oben, eine sehr kleine Patient\*innengruppe vorhanden.

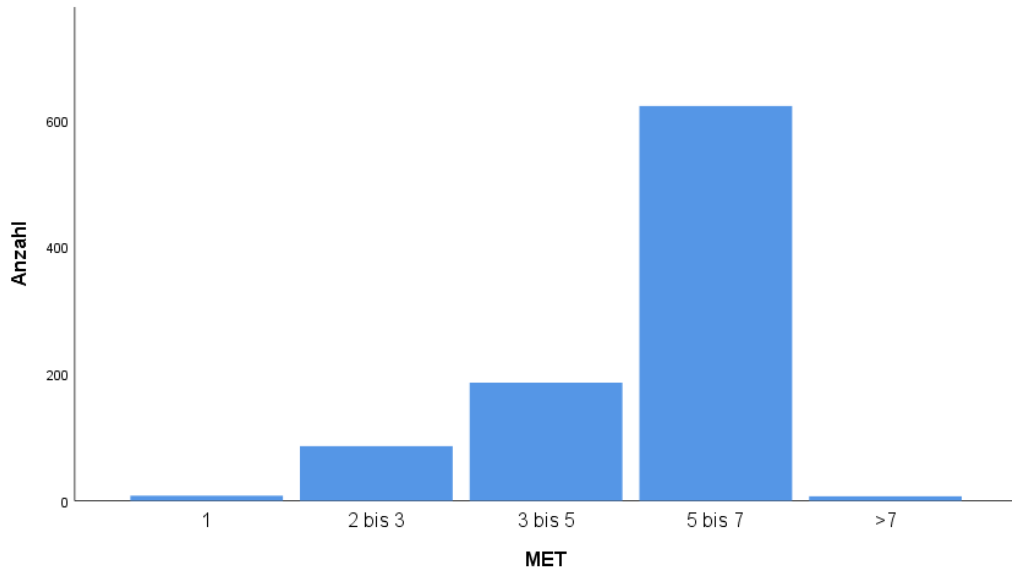


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung MET-Score

Da diese in der Form nicht sinnvoll auszuwerten wäre, wurde eine Adaption gemacht, in der die Gruppen „5 bis 7“ und „mehr als 7“ zu einer Gruppe zusammengefasst wurden und genauso die Gruppen „1“ und „2 bis 3“. Dadurch wurden 3 Gruppen erzeugt, die eine aussagekräftigere Gruppengröße besitzen und von klinischer Relevanz sind.

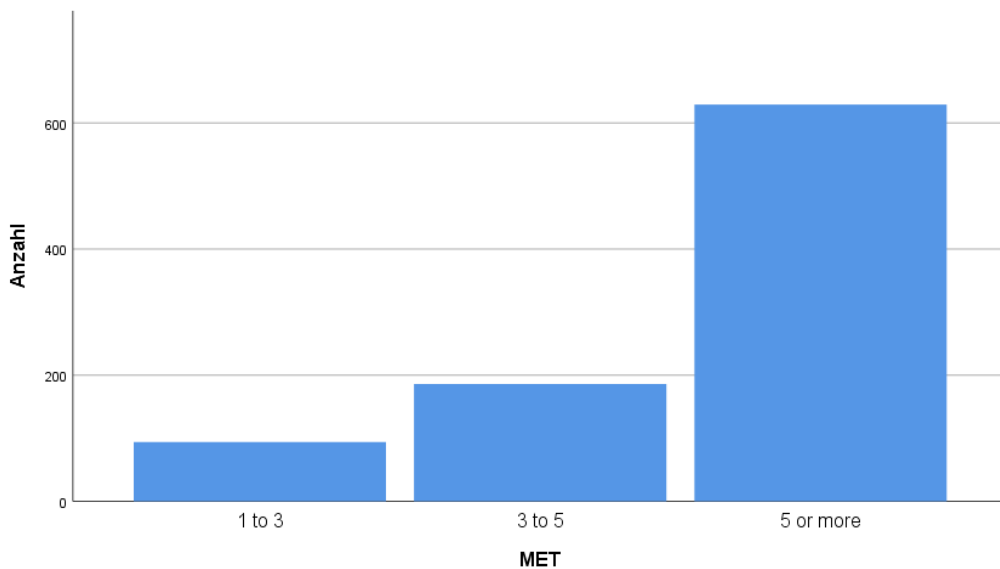


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung des vereinfachten MET-Score

### 2.8.9 Vasopressoren

Einen Einfluss auf die Hautdurchblutung und damit möglicherweise auch auf die Wärmeabgabe haben Vasopressoren. Um diesen Einflussfaktor zu quantifizieren wurde die Menge an gegebenem Noradrenalin mit ausgewertet. Original ausgegeben wurde dabei die Menge an Noradrenalin in  $\mu\text{g}$  insgesamt. Da die Operationsdauern unterschiedlich lang sind, würde es damit zu einer Verzerrung kommen. Es wurde so bereits vorab eine Umrechnung auf  $\mu\text{g}$  pro Minute vollzogen, um eine Äquivalenzdosis zu erreichen.

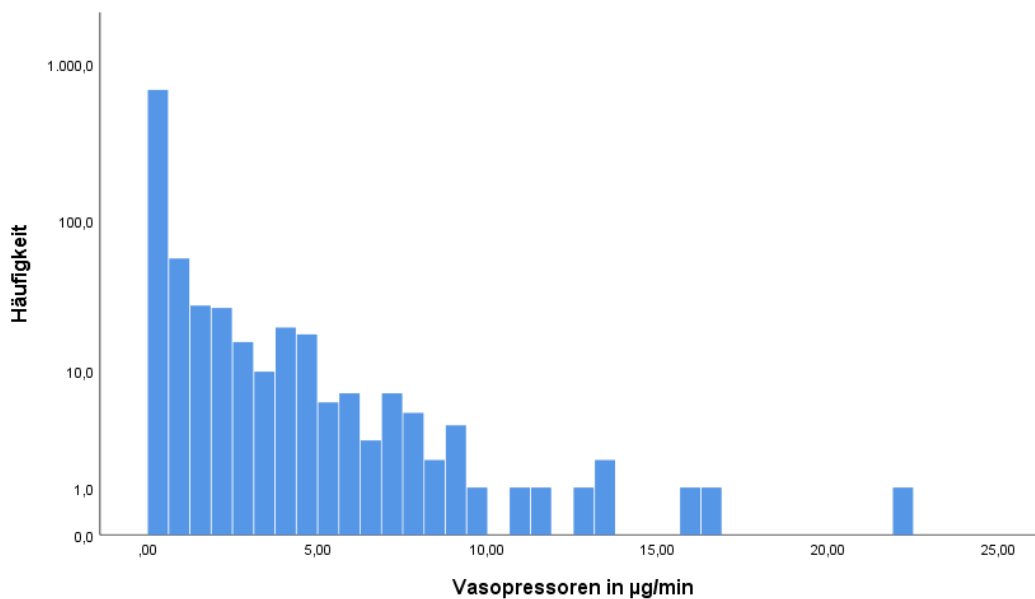


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung Noradrenalin in logarithmischer Darstellung

Um eine vernünftige Darstellung der unterschiedlichen Verabreichungen zu ermöglichen wurde eine logarithmische Skalierung der Häufigkeit gewählt. Wie sich im obigen Diagramm zeigt, hat die Mehrheit aller Patient\*innen gar kein Noradrenalin erhalten. Die restlichen Patient\*innen haben eine extrem unterschiedliche Menge erhalten. Es wurde in weiterer Folge der Noradrenalin-Verbrauch in binärer Darstellung dargestellt. Es zeigt sich dabei, dass in 73,3% der Fälle kein Noradrenalin verabreicht wurde. Daher wurde dieses Skalenniveau auch zur weiteren Auswertung verwendet.

		n	%
<b>Noradrenalinverabreichung intraoperativ</b>	<b>Nein</b>	666	73,3%
	<b>Ja</b>	243	26,7%

Tabelle 7: Noradrenalin-Bedarf in binärer Darstellung

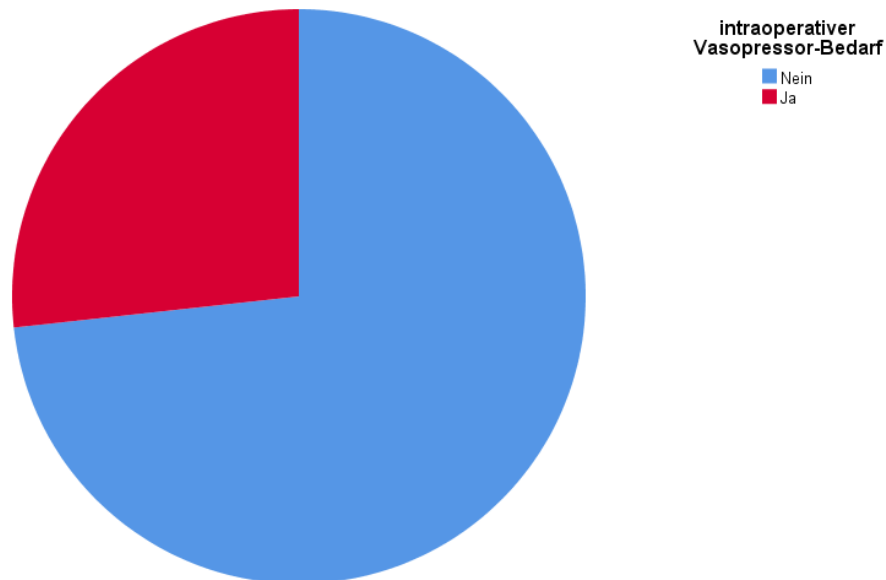


Abbildung 17: Noradrenalinbedarf in binärer Darstellung

### 2.8.10 Erythrozytenkonzentrate

Erythrozytenkonzentrate sind intraoperative erst bei relevanten Blutverlusten notwendig. Die initiale Datenbank-Auswertung gab dabei die Menge in ml an. Auch hier ist wieder mit einer sehr ungleichen Verteilung gerechnet.

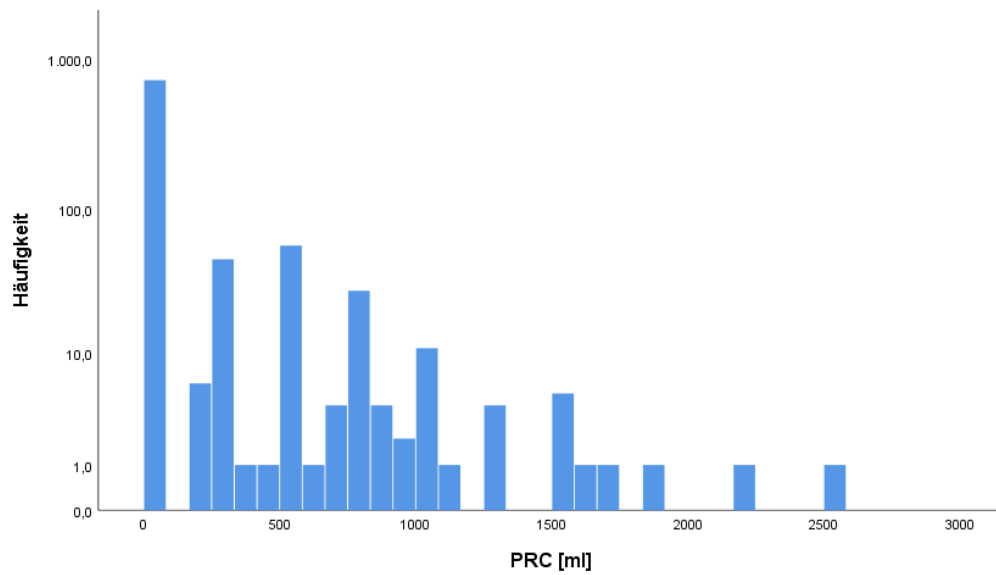


Abbildung 18: logarithmische Häufigkeitsverteilung der verabreichten EK (ml)

Es zeigt sich dabei, dass sehr unterschiedliche Mengen zwischen 0 bis 2500ml benötigt wurden. Aufgrund der extrem unterschiedlichen Anzahlen wurde eine logarithmische Darstellung der Häufigkeit angewendet. Um eine Reduktion der kleinsten Gruppen zu erzeugen, wurden die ml an EK in Packungen á 250ml umgewandelt.

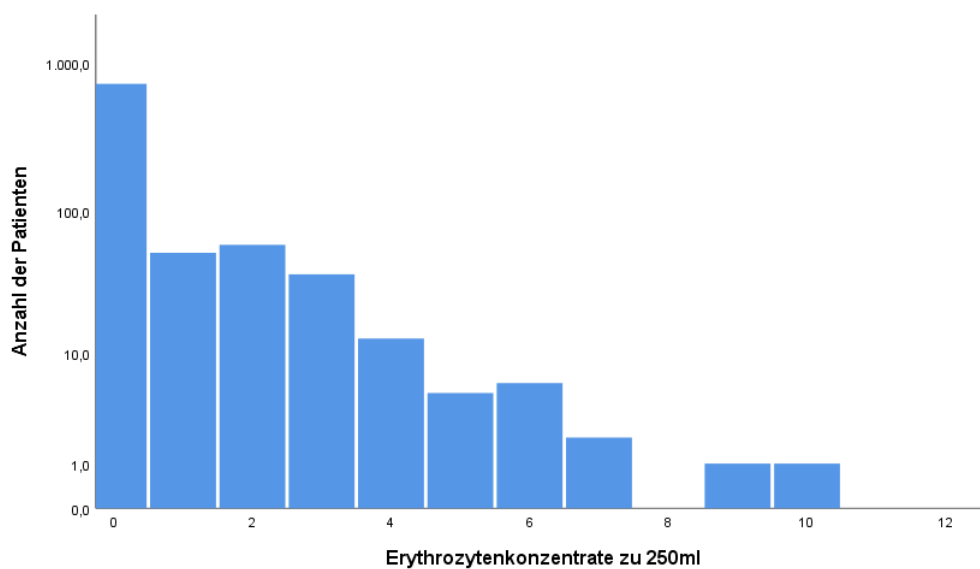


Abbildung 19: logarithmische Häufigkeitsverteilung der EK (zu 250ml)

Auch hier ist wiederum eine logarithmische Darstellung der Häufigkeit notwendig, um die extrem unterschiedlichen Häufigkeiten darstellen zu können. Bei der Auswertung würde dies dazu führen, dass es mehrere Gruppen mit nur einem Fall geben würde. Es wurde daher eine weitere Vereinfachung in eine binäre Darstellung gewählt.

		<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Erythrozytenkonzentrate</b>	<b>nicht erhalten</b>	733	80,6%
	<b>erhalten</b>	176	19,4%

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung der EK-Gabe in binärer Darstellung

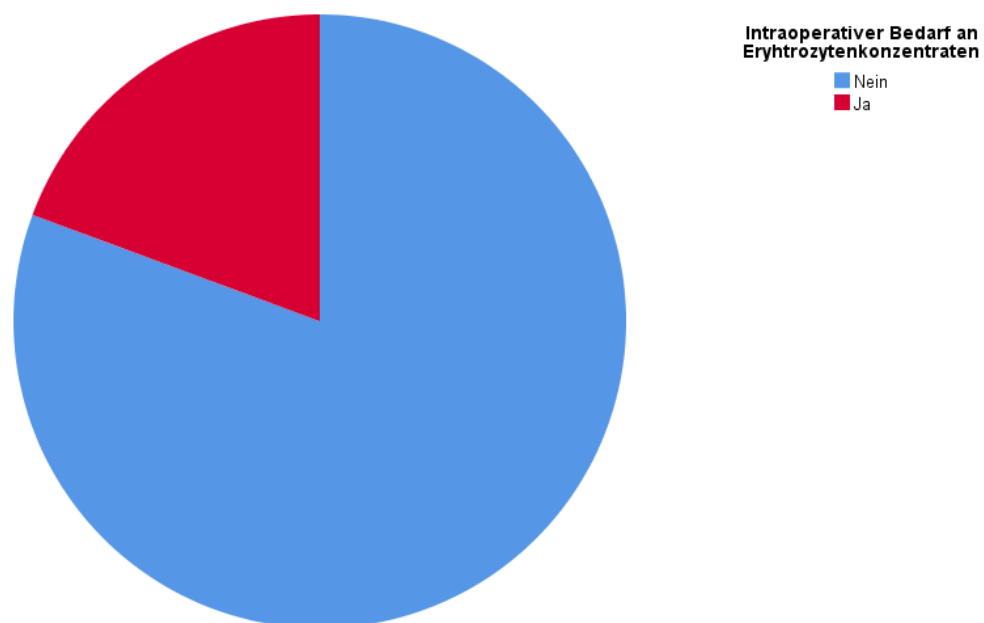


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung der EK-Gabe in binärer Darstellung

### 2.8.11 PEEP

Es wurde bei der Datenextraktion genauso auch der PEEP ausgewertet. Dabei wurde der minimale PEEP, der mediane PEEP und der maximale PEEP extrahiert.

Hier war ebenso das Problem, dass die Werte nicht plausibel erscheinen. Wie in den nachfolgenden Abbildungen ersichtlich ist, sind in allen PEEP-Werten (minimaler PEEP, medianer PEEP und maximaler PEEP) potentiell falsche Werte enthalten. Beim

minimalen PEEP hat die große Mehrheit einen Wert von 0. Ursächlich dafür können unter anderem eine fehlerhafte Übertragung von Gerät zu Dokumentation sein, ein Bereich in dem der Patient entweder undicht beatmet wurde und sich dadurch kein PEEP aufbauen konnte (Masken-Beutel-Beatmung vor der Intubation) oder auch das nach Beendigung der invasiven Beatmung weiterhin die Aufzeichnung mitgelaufen ist.

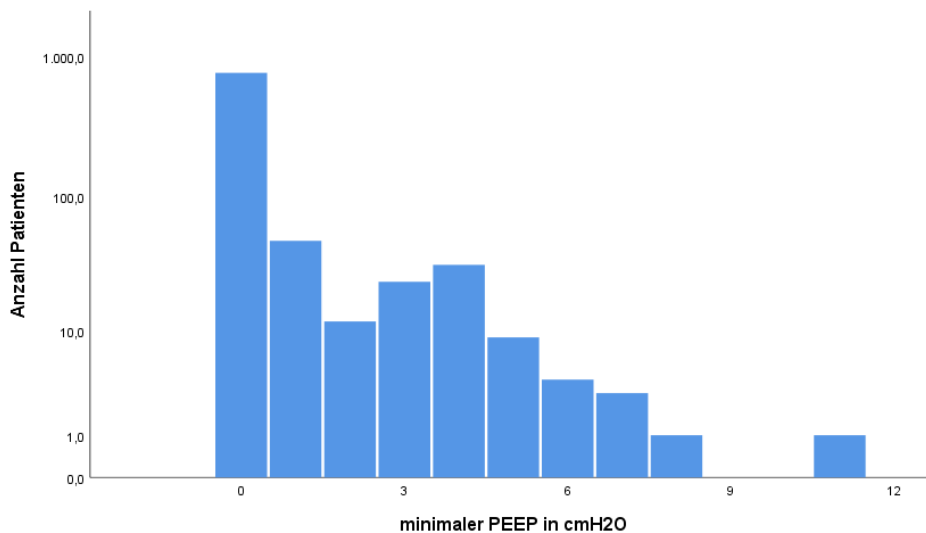


Abbildung 21: logarithmische Häufigkeitsverteilung des minimalen PEEP in cmH<sub>2</sub>O

Der mediane PEEP zeigt ebenso eine hohe Rate an Patient\*innen, die während einem großen Teil der Operation keinen PEEP erhalten hätten. Dies könnte entweder eine falsche Messung oder aber auch ein Übertragungs-/Systemfehler sein.

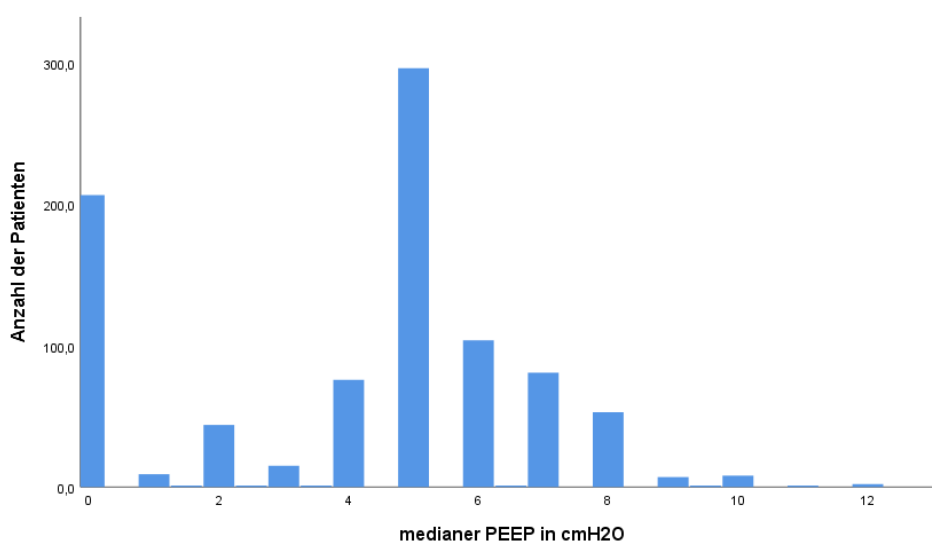


Abbildung 22: logarithmische Häufigkeitsverteilung des medianen PEEP in cmH<sub>2</sub>O

Im Bereich des maximalen PEEP sind annähernd 200 Patient\*innen, die einen Wert von 0 cmH<sub>2</sub>O und damit keinen PEEP erhalten haben. Dies ist könnte beispielsweise aufgrund eines Dokumentations- oder Schnittstellenfehlers entstanden sein. Dazu sind noch Spitzenwerte bis zu 52 cmH<sub>2</sub>O zu finden. Dies könnte darauf zurückzuführen zu sein, dass im Rahmen von Blähmanövern diese Maximaldruckwerte vom System automatisiert als PEEP übernommen worden sind.

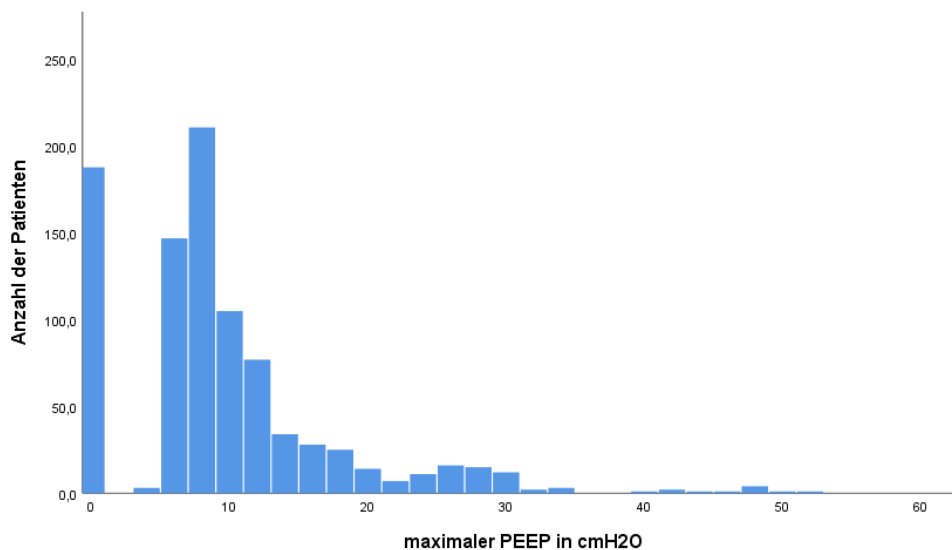


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung des maximalen PEEP in cmH<sub>2</sub>O

Es finden sich in allen drei PEEP-Werten (Minimaler PEEP, medianer PEEP, maximaler PEEP) verfälschte Werte. Um hier nicht eine falsche Korrelation zu erstellen, wurden die PEEP-Werte nicht in die weitere Auswertung mitaufgenommen.

## 2.9 Zielgrößen

### 2.9.1 Hauptzielgrößen

Die Hauptzielgröße ist die Rate an Patient\*innen die eine Körperkerntemperatur von unter 36°C erreicht hatten. Dies entspricht dem Grenzwert einer intraoperativen Hypothermie und ist mit einer Reihe an intra- und postoperativen Komplikationen assoziiert.

### **2.9.2 Nebenzielgrößen**

Als Nebenzielgrößen für diese Studie wurden folgende 3 Parameter ausgewählt:

- Tiefste intraoperative Temperatur
- Relativer Temperaturabfall
- Temperatur bei Operationsende

### **2.10 Statistische Analyse**

Numerische Variable wurden als Median und Interquartilenabstand (IQR) dargestellt, kategoriale Variable als Anzahl (n) und Anteil (%). Der Vergleich zwischen Patient\*innengruppen erfolgte mittels gängiger Methoden der deskriptiven und komparativen Statistik.

Für statistisch signifikante Unterschiede in der komparativen Statistik wurden nachfolgend weitere Untersuchungen mittels Regressionanalysen durchgeführt. Dies war bei der Hauptzielgröße (Rate an Patient\*innen mit einer Temperatur von  $<36^{\circ}\text{C}$ ) die binär logistische Regression.

Die Nebenzielgrößen tiefste intraoperativ gemessene Temperatur, Temperatur bei OP-Ende sowie den relativen Temperaturabfall wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf statistisch signifikante Unterschiede untersucht und wenn vorhanden mithilfe der linearen Regression validiert.

Die statistische Analyse wurde mittels IBM SPSS Version 26 durchgeführt.

Im ersten Schritt wurden dabei die Daten in einer tabellarischen Aufstellung deskriptiv dargestellt.

Nachfolgend wurde der Hauptziel-Parameter, die Zahl der Patient\*innen die intraoperativ zumindest einmal unter  $36^{\circ}\text{C}$  KKT hatten, ausgewertet. Dabei wurde mithilfe des Chi-Quadrat-Test auf statistisch signifikante Unterschiede der BMI-Gruppen gesucht und bei statistischer Signifikanz, nachfolgend mit multivariatem Modell auf statistisch signifikante Unterschiede der Einzelparameter untersucht.

Die Nebenzielparameter, relativer Temperaturabfall, tiefste intraoperative Temperatur und Temperatur bei Operationsende, wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test auf statistisch signifikante Unterschiede innerhalb der BMI-Gruppen untersucht. Nachfolgend wurde bei allen Nebenzielparametern, die einen statistisch signifikanten

Unterschied hatten, durch die lineare Regression eine Analyse der beeinflussenden Parameter durchgeführt.

### 3 Ergebnisse – Resultate

<b>Variable (Ausprägungen)</b>		
<b>Alter[Jahre] (n, %)</b>	unter 35 Jahre	76 (8,4%)
	35 bis 50 Jahre	142 (15,6%)
	50 bis 65 Jahre	287 (31,6%)
	65 bis 80 Jahre	347 (38,2%)
	über 80 Jahre	57 (6,3%)
<b>Geschlecht (n, %)</b>	weiblich	472 (51,9%)
	männlich	437 (48,1%)
<b>Körpergröße [m] (median, IQR)</b>		1,70 (1,63-1,76)
<b>Gewicht [kg] (median, IQR)</b>		75 (65 – 90)
<b>BMI-Kategorien (n, %)</b>	Untergewicht	17 (1,9%)
	Normalgewicht	359 (39,5%)
	Prä-Adipositas	293 (32,2%)
	Adipositas	240 (26,2%)
<b>MET (n, %)</b>	1 bis 3	94 (10,3%)
	3 bis 5	186 (20,5%)
	mehr als 5	629 (69,2%)
<b>ASA (n, %)</b>	1	60 (6,6%)
	2	356 (39,2%)
	3	390 (42,9%)
	4	103 (11,3%)
<b>ICD-10-Procedure Code (n, %)</b>	GI-Eingriff	482 (53,0%)
	Hepatobiliärer Eingriff	427 (47,0%)
<b>Temperatur unter 36°C (n, %)</b>	Nein	366 (40,3%)
	Ja	543 (59,7%)
<b>Temperatur bei Einleitung [°C] (median, IQR)</b>		36,40 (36,20 – 36,80)
<b>Niedrigste Temperatur [°C] (median, IQR)</b>		35,80 (35,40 – 36,20)
<b>Temperatur bei OP-Ende [°C] (median, IQR)</b>		35,80 (35,30 – 36,20)
<b>Relativer Temperaturabfall [°C] (median, IQR)</b>		0,69 (0,60 – 0,83)
<b>Dauer im Operationssaal [min] (median, IQR)</b>		235 (188 – 314)
<b>Operationsdauer [min] (median, IQR)</b>		202 (156 – 272)
<b>Flüssigkeitsbilanz [l] (median, IQR)</b>		3,36 (2,17 – 5,16)
<b>Noradrenalin-Anwendung (n, %)</b>	Nein	666 (73,3%)
	Ja	243 (26,7%)
<b>EK-Anwendung (n, %)</b>	Nein	733 (80,6%)
	Ja	176 (19,4%)

Tabelle 9: Gruppenbeschreibung

In der Tabelle 9 findet sich die Beschreibung der Kohorten. Allgemein wurde auf die Beschreibung mittels Median sowie Interquartilenabstand gesetzt, da es sich um nicht normalverteilte Parameter handelt. In den kategorial beziehungsweise ordinal skalierten Gruppen ist die Anzahl der Fälle sowie deren prozentuelle Verteilung angegeben.

Bezogen auf das Alter zeigt sich in der kategorialen Darstellung das etwa 60% der Patient\*innen zwischen 50-80 Jahre alt waren.

Die Verteilung zwischen Frauen und Männer waren annähernd gleich, mit 51,9% Frauen und 48,1% Männer.

Bezogen auf Größe und Gewicht hatten die Patient\*innen im Median 1,7m (IQR 1,63-1,76m) auf 75kg (IQR 65-90kg).

Bei den BMI-Kategorien zeigt sich eine sehr kleine Gruppe an Untergewichtigen mit nur 17 Patient\*innen. Die prozentuell größte Kategorie waren die Normalgewichtigen mit 39,5%.

Es hatten 69,2% der Patient\*innen eine Belastungsfähigkeit von >5 MET, womit zumindest alltägliche Belastungen bewältigbar sein sollten.

Über 80% der Patient\*innen fielen in die ASA-Kategorien 2 und 3, was bei ihren großen Operationen und den entsprechend mitgeführten Pathologien zu erwarten war.

Die OP-Indikation nach hepatobiliären und gastrointestinalen Eingriffe aufgespaltet zeigte eine etwa gleiche Verteilung. Dass sich dabei andere Gruppengrößen verglichen mit der Beschreibung im Kapitel 2.5.6 ergaben, liegt daran, dass noch Patient\*innen aufgrund anderer Gründe ausgeschlossen wurden.

Insgesamt sind 59,7% der Patient\*innen während der Operation unter den Temperatur-Grenzwert von 36°C gefallen.

Die Flüssigkeitsbilanz zeigte im Median eine Zufuhr von 3,36l (IQR 2,17-5,16l).

Bei der Applikation von Erythrozytenkonzentraten zeigte sich, dass nur wenige Patient\*innen einen ersatzpflichtigen Blutverlust erlitten haben.

### 3.1 Hauptzielparameter

	BMI Kategorien				<i>p</i>
	Normal-gewicht	Unter-gewicht	Prä-Adipositas	Adipositas	
<b>KT&lt;36°C</b>	237/359 (66,0%)	11/17 (64,7%)	187/293 (63,8%)	108/240 (45,0%)	p<0.001

Tabelle 10: Chi-Quadrat-Test Körperkerntemperatur < 36°C

Das Ergebnis des Chi-Quadrat-Test sagt aus, dass ein statistisch signifikanter Unterschied vorliegt.

#### 3.1.1 Binär logistische Regression Hauptzielparameter

Der Hauptzielparameter dieser Datenanalyse ist die Anzahl der Patient\*innen, die intraoperativ hypotherm werden. Da es sich bei dieser Variable um eine binäre Variable handelt, wird für die Analyse entsprechend auch eine binär logistische Regression verwendet.

Das Ergebnis wird in der folgenden Tabelle dargestellt:

<b>Variable</b>	<b>OR (95%-KI)</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Alter</b>		
Unter 35 Jahre	0,39 (0,22-0,71)	0,002
35 bis 50 Jahre	0,95 (0,61-1,48)	0,822
50 bis 65 Jahre	1	
65 bis 80 Jahre	1,35 (0,96-1,92)	0,099
Über 80 Jahre	1,38 (0,70-2,71)	0,350
<b>Geschlecht</b>		
Männliches Geschlecht	1	
Weibliches Geschlecht	1,34 (0,99-1,79)	0,052
<b>BMI</b>		
Untergewicht	1,00 (0,34-2,97)	0,994
Normalgewicht	1	
Präadipositas	0,86 (0,61-1,21)	0,394
Adipositas	0,45 (0,31-0,66)	<0,001
<b>Eingriff</b>		
Hepatobiliärer Eingriff	1	
Gastrointestinaler Eingriff	1,29 (0,95-1,74)	0,101
<b>ASA-Score</b>		
ASA 1	1,59 (0,84-3,00)	0,158
ASA 2	1	
ASA 3	0,71 (0,50-1,01)	0,056
ASA 4	0,91 (0,48-1,73)	0,783
<b>MET-Score</b>		
MET 1 bis 3	0,84 (0,46-1,55)	0,584
MET 4 bis 5	1,00 (0,67-1,50)	0,994
MET >5	1	
Dauer im Operationssaal [min]	1,01 (1,00-1,02)	0,071
Operationsdauer [min]	1,00 (0,99-1,01)	0,691
Flüssigkeitsbilanz [l]	0,98 (0,90-1,07)	0,610
<b>Vasopressorgabe</b>		
ja	1	
nein	1,00 (0,70-1,43)	0,996
<b>Erythrozytenkonzentrat-Gabe</b>		
ja	1	
nein	1,21 (0,77-1,90)	0,401

Tabelle 11: Binär logistische Regression Körperkerntemperatur < 36°C

Es zeigt sich, dass Patient\*innen die unter 35 Jahre alt zum Zeitpunkt der Operation waren, statistisch signifikant weniger hypotherm wurden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt dabei 0,22 - 0,71 mit einer Odds Ratio (OR) von 0,39. Alle anderen Altersgruppen wiesen jedoch keine signifikanten Unterschiede auf.

Bezüglich des Body Mass Index zeigt sich, dass Patient\*innen mit einem BMI >30 kg/m<sup>2</sup> entsprechend der von uns aufgestellten Hypothese statistisch signifikant weniger hypotherm wurden. Die OR dafür ist 0,45 mit einem 95%-Konfidenzintervall von 0,31 bis 0,66.

Es zeigt sich kein Unterschied zwischen den Operationskategorien Gastrointestinaler Eingriff und Hepatobiliärer Eingriff.

In den restlichen Analysegruppen zeigten sich keine statistisch signifikante Unterschiede.

### **3.2 Nebenzielparameter**

Die weiteren Nebenzielparameter sind die tiefste intraoperative gemessene Temperatur, die Temperatur bei OP-Ende und der relative Temperaturabfall. Sie wurden jeweils einzeln zuerst mit dem Kruskal-Wallis-Test auf statistische Signifikanz untersucht. Das Ergebnis ist in Tabelle 12 zu sehen.

Wenn zwischen den einzelnen Gruppen ein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden konnte, so wurde im nächsten Schritt mittels eines linearen Regressionsmodells zwischen den einzelnen Untersuchungsparametern nach statistisch signifikanten Unterschieden gesucht.

Kruskal-Wallis-Test	BMI Kategorien (Mittlerer Rang)				<i>p</i>
	Normal- gewicht	Unter- gewicht	Prä- Adipositas	Adipositas	
<b>Tiefste intraoperative Temperatur</b>	359 (406,75)	17 (409,38)	293 (440,48)	240 (548,13)	p<0.001
<b>Relativer Temperaturabfall</b>	359 (474,72)	17 (504,14)	293 (478,31)	240 (393,58)	p<0.001
<b>Temperatur bei OP- Ende</b>	359 (457,80)	17 (427,03)	293 (428,86)	240 (484,70)	p=0,102

Tabelle 12: Kruskal-Wallis-Test Nebenzielparameter

### 3.2.1 Tiefste intraoperative Temperatur

Es zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen (Tabelle 12).

<b>Variable</b>	<b>OR (95%-KI)</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Alter</b>		
Unter 35 Jahre	1,32 (1,10-1,57)	0,002
35 bis 50 Jahre	1,12 (0,98-1,27)	0,109
50 bis 65 Jahre	1	
65 bis 80 Jahre	0,96 (0,87-1,07)	0,473
Über 80 Jahre	1,06 (0,87-1,29)	0,588
<b>Geschlecht</b>		
Männliches Geschlecht	0,94 (0,86-1,02)	0,129
Weibliches Geschlecht	1	
<b>BMI</b>		
Untergewicht	0,95 (0,69-1,30)	0,726
Normalgewicht	1	
Präadipositas	1,19 (1,01-1,24)	0,03
Adipositas	1,32 (1,18-1,47)	<0,001
<b>Eingriff</b>		
Hepatobiliärer Eingriff	0,89 (0,82-0,98)	0,013
Gastrointestinaler Eingriff	1	
<b>ASA-Score</b>		
ASA 1	0,83 (0,69-1,00)	0,052
ASA 2	1	
ASA 3	1,07 (0,97-1,19)	0,182
ASA 4	0,99 (0,82-1,19)	0,875
<b>MET-Score</b>		
MET 1 bis 3	1,05 (0,88-1,26)	0,589
MET 4 bis 5	0,95 (0,84-1,07)	0,375
MET >5	1	
Dauer im Operationssaal [min]	1,00 (1,00-1,00)	0,428
Operationsdauer [min]	1,00 (1,00-1,00)	0,382
Flüssigkeitsbilanz [l]	1,01 (0,98-1,03)	0,654
<b>Vasopressorgabe</b>		
ja	1	
nein	0,95 (0,85-1,06)	0,331
<b>Erythrozytenkonzentrat-Gabe</b>		
ja	1	
nein	0,92 (0,80-1,04)	0,189

Tabelle 13: Lineare Regression tiefste intraoperative Temperatur

Es zeigt sich in der linearen Regression (Tabelle 13), dass die Patient\*innen unter 35 Jahren statistisch signifikant ( $p = 0,002$ ) höhere tiefste Temperaturen während der Operation, hatten. Dies ist in Einklang mit dem Ergebnis der Analyse der Patient\*innen, die während der Operation hypotherm ( $<36^{\circ}\text{C}$ ) wurden. In den restlichen Alterskategorien findet sich kein signifikantes Ergebnis.

Die tiefste intraoperative Temperatur unterscheidet sich nicht nach Geschlecht.

Bezogen auf den Body Mass Index zeigt sich, dass sowohl die Patient\*innen mit Präadipositas (entspricht  $\text{BMI } 25\text{-}29,9 \text{ kg/m}^2$ ) als auch die Patient\*innen mit Adipositas (entspricht  $\text{BMI } >30 \text{ kg/m}^2$ ) signifikant höhere tiefste intraoperative Temperaturen hatten. Wenn man die Konfidenzintervalle betrachtet, so erkennt man in der Kategorie Präadipositas ein Konfidenzintervall von 1,19 (1,01 - 1,24), während in der Kategorie Adipositas 1,32 (1,18 - 1,47) die Grenzen des 95% Konfidenzintervalls darstellen. Dies ist einhergehend mit der zugrunde liegenden Theorie. In der OP-Kategorisierung zeigt sich, dass Patient\*innen, die eine Operation des Gastrointestinalen Trakts erhielten, verglichen mit Patient\*innen, die im Bereich des hepatobiliären Systems operiert wurden, signifikante tiefere intraoperative Temperaturen hatten. Das entsprechende Konfidenzintervall beträgt 0,89 (0,82 - 0,98).

Die MET-Klassifizierung hatte keine statistisch signifikanten Ergebnisse.

Sowohl Dauer im Operationssaal als auch die eigentliche Operationsdauer zeigen keine Assoziation zur tiefsten intraoperativen Temperatur.

Die Variablen Flüssigkeitsbilanz, Vasopressoren- und Erythrozytenkonzentrat-Gabe zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede bezogen auf die tiefste intraoperative Temperatur.

### **3.2.2 Relativer Temperaturabfall**

Es zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen (Tabelle 12).

<b>Variable</b>	<b>OR (95%-KI)</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Alter</b>		
Unter 35 Jahre	0,95 (0,88-1,02)	0,172
35 bis 50 Jahre	1,01 (0,96-1,07)	0,753
50 bis 65 Jahre	1	
65 bis 80 Jahre	1,01 (0,97-1,05)	0,733
Über 80 Jahre	0,97 (0,90-1,06)	0,527
<b>Geschlecht</b>		
Weiblich	1,00 (0,96-1,03)	0,773
Männlich	1	
<b>BMI</b>		
Untergewicht	1,01 (0,88-1,15)	0,901
Normalgewicht	1	
Präadipositas	0,95 (0,91-0,99)	0,017
Adipositas	0,92 (0,87-0,96)	<0,001
<b>Eingriff</b>		
Gastrointestinale OP	1,01 (0,97-1,04)	0,757
Hepatobiliäre OP	1	
<b>ASA-Score</b>		
ASA 1	0,97 (0,90-1,05)	0,403
ASA 2	1	
ASA 3	0,96 (0,92-1,00)	0,035
ASA 4	1,00 (0,93-1,08)	0,962
<b>MET-Score</b>		
MET 1-3	0,93 (0,86-1,00)	0,064
MET 4-5	1,01 (0,96-1,06)	0,676
MET >5	1	
Dauer im Operationssaal [min]	1,00 (1,00-1,00)	0,786
Operationsdauer [min]	1,00 (1,00-1,00)	0,301
Flüssigkeitsbilanz [l]	1,00 (0,99-1,01)	0,356
<b>Vasopressorgabe</b>		
nein	0,98 (0,94-1,02)	0,345
ja	1	
<b>Erythrozytenkonzentratgabe</b>		
nein	1,04 (0,99-1,10)	0,123
ja	1	

Tabelle 14: Lineare Regression relativer Temperaturabfall

Bezogen auf den relativen Temperaturabfall zeigt sich in der linearen Regression (Tabelle 14) kein Unterschied in den einzelnen Alterskategorien.

Auch das Geschlecht unterscheidet sich nicht signifikant.

Bezogen auf den BMI zeigt sich analog zur Analyse der tiefsten intraoperativen Temperatur auch beim relativen Temperaturabfall, dass Patient\*innen mit einem BMI  $>25 \text{ kg/m}^2$  einen signifikant geringeren intraoperativen relativen Temperaturabfall haben. Die Kategorie Präadipositas liegt dabei innerhalb eines Konfidenzintervalls von 0,95 (0,91 - 0,99). Die Kategorie Adipositas liegt innerhalb eines Konfidenzintervalls von 0,92 (0,87 - 0,96).

Die zwei großen Operationskategorien unterscheiden sich in ihrem relativen Temperaturabfall nicht signifikant.

Auch im Bereich der ASA und auch MET-Klassifizierung findet sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Die Dauer im Operationssaal und auch die Operationsdauer unterscheiden sich ebenso nicht signifikant.

Auch bei der Flüssigkeitsbilanz wurde kein statistisch signifikantes Ergebnis beobachtet.

Bei der Vasopressoren-Applikation und der Gabe von Erythrozyten-Konzentrate konnte zwischen den einzelnen Kategorien kein statistisch signifikanter Unterschied entdeckt werden.

### **3.2.3 Temperatur bei OP-Ende**

Hier zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen (Tabelle 12). Entsprechend wurde auch auf eine lineare Regression verzichtet.

## 4 Diskussion

### 4.1 Ergebnis

Prädiktoren für eine höhere Körperkerntemperatur während der Operation waren ein Alter unter 35 Jahren, ein BMI  $>30\text{kg/m}^2$  (entspricht der Kategorie Adipositas) und ein ASA Score von 3, was Patient\*innen mit schweren systemischen Erkrankungen entspricht. Dabei zeigte sich bezogen auf das Alter unter 35 Jahren eine signifikant höhere tiefste intraoperative Temperatur und eine signifikant niedrigere Rate an Temperaturen unter  $36^\circ\text{C}$ . Der relative Temperaturabfall hingegen unterschied sich zu den anderen Altersgruppen nicht signifikant.

Im Bereich der BMI-Klassifizierung zeigte sich das Patient\*innen mit einem BMI  $>30\text{kg/m}^2$  statistisch signifikant weniger hypotherm wurden, statistisch signifikant höhere tiefste intraoperative Temperaturen sowie statistisch signifikant geringere relative Temperaturabfälle hatten. Weiters zeigte sich in der Kategorie Präadipositas (BMI 25 bis  $29,9\text{ kg/m}^2$ ) statistisch signifikant höhere tiefste intraoperative Temperaturen und geringere relative Temperaturabfälle. Die Rate an Hypothermien (i.e. Körperkerntemperatur unter  $36^\circ\text{C}$ ) zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschied.

In der Regressionsanalyse der tiefsten intraoperativen Temperatur zeigten sich die gastrointestinalen Eingriffe als signifikanter Prädiktor für eine tiefere Temperatur.

### 4.2 Vergleich mit bestehender Literatur

Wenn das Ergebnis mit den von der „DGAI S3-Leitlinie Vermeidung der perioperativen Hypothermie“ beschriebenen Risikofaktoren verglichen wird, so zeigen sich hier Unterschiede. Die von der DGAI genannten Risikofaktoren umfassen mehrere Kategorien. Patient\*innenbezogenen Risikofaktoren für eine perioperative Hypothermie sind<sup>25</sup>:

- Alter  $> 60$  Jahre
- ASA-Klassifizierung  $> I$
- Niedriges Körpergewicht
- Diabetes Mellitus inklusive diabetischer Nephropathie
- präoperative Körpertemperatur  $<36^\circ\text{C}$

Der Faktor Alter unter 35 Jahren zeigt sich auch in dieser Arbeit als positiver Prädiktor, während die Faktoren niedriges Körpergewicht und ASA-Klassifizierung sich in dieser Arbeit nicht als signifikante Prädiktoren zeigen. Die Faktoren Diabetes Mellitus mit diabetischer Nephropathie und präoperative Körpertemperatur wurde nicht entsprechend ausgewertet als dass eine Aussage darüber getroffen werden kann.

Die von der DGAI genannten Anästhesie-bezogenen Risikofaktoren sind<sup>25</sup>:

- kombiniert regionale und allgemeine Anästhesieverfahren
- lange Operations-Dauer (> zwei Stunden)
- hoher spinaler Block bei rückenmarksnaher Regionalanästhesie
- hohe Infusionsvolumina

In dieser Arbeit sind die Faktoren Operationsdauer und Infusionsvolumen im Sinne der Flüssigkeitsbilanz ausgewertet worden, konnten jedoch keine signifikanten Einflüsse bezogen auf die einzelnen BMI-Kategorien gezeigt werden. Das Anästhesieverfahren wurde nicht ausgewertet.

Eine weitere Kategorie der Risikofaktoren sind die operationsbezogenen Risikofaktoren. Folgende Faktoren wurden von der S3-Guideline zur perioperativen Hypothermie definiert<sup>25</sup>:

- Größe des chirurgischen Eingriffs
- Operationsdauer > zwei Stunden
- hohe Volumina an Spülflüssigkeit
- Transfusion ungewärmter Blutkonserven

Bezüglich der Größe des chirurgischen Eingriffs wurde hier durch Exklusion aller nicht abdominellen Eingriffen eine Vereinheitlichung geschaffen. Im Vergleich zwischen gastrointestinaler und hepatobiliären Eingriffen, zeigte sich in der Auswertung der tiefsten intraoperativen Temperatur tiefere Temperaturen im Bereich der gastrointestinalen Eingriffe. Die Operationsdauer wurde hier sowohl durch die Zeit im Operationssaal als auch die die Operationsdauer abgebildet, es zeigte sich jedoch keine signifikanten Unterschiede. Die Spülflüssigkeit-Volumina

konnten mit der digitalen anästhesiologischen Dokumentation nicht ausgewertet werden. Die Transfusion der Flüssigkeit, im speziellen der Erythrozytenkonzentrate, erfolgt über ein Flüssigkeitserwärmungssystem wodurch eine Temperatursenkung möglichst verhindert wird.

Ein weiterer Faktor der retrospektiv nicht ausgewertet wurde, jedoch auf die Körperkerntemperatur eine relevante Auswirkung hat, ist die Raumtemperatur. Die hierfür empfohlene Temperatur der entsprechenden S3-Leitlinie ist 21°C<sup>25</sup>

### **4.3 Limitationen**

#### **4.3.1 Limitationen des Studiendesigns**

Ein Grundproblem retrospektiver Datenanalysen ist, dass die Daten zur Dokumentation und nicht zum Zweck der Analyse gespeichert werden. Durch diesen Umstand ist es oftmals so, dass gewisse Daten nicht in einer Form dokumentiert sind, die für die Datenanalyse gut geeignet sind<sup>48,49</sup>. Genauso kann eine retrospektive Studie nicht verblindet werden.<sup>48</sup>

Im Gegensatz dazu haben retrospektive Datenanalysen den Vorteil, dass sie sowohl kostengünstig als auch vergleichsweise schneller durchgeführt werden können, da keine zusätzliche Zeit zur Rekrutierung von Patient\*innen notwendig ist.

Ein weiteres Problem dieser Studie ist, dass es nicht endgültig möglich ist nachzuerfolgen, wie der Wärmehaushalt aufrechterhalten wurde. So kann es sein, dass je nach OP-Personal die Wärmeprodukte unterschiedlich aufgebracht wurden.

Es gilt zu bedenken, dass es zu einer Veränderung des Ergebnisses kommen kann, wenn der Operationssaal eine unterschiedliche Raumtemperatur hat oder auch eine andere Bauart mit damit veränderter Luftzirkulation.

Auswirkungen der Hypothermie, wie etwa das postoperative Zittern, sind in gewissen Teilen auch von anderen Faktoren abhängig. So konnte etwa in einer Studie gezeigt werden, dass es in einem gewissen Anteil an normothermen Patient\*innen zu einem Zittern kommt.<sup>50</sup>

### **4.3.2 Limitationen des Datensatzes**

Wenn die Daten betrachtet werden, so zeigen sich hier mögliche Problempunkte. Ein möglicher Kritikpunkt ist dabei, dass es keine einheitliche Normierung bezüglich der Temperaturmessung und Aufzeichnung gegeben hat. Dies hat zur Folge, dass nicht sicher gesagt werden kann, welche der Temperaturen wirklich korrekt sind und welche tatsächliche Fehlmessungen sind. Es wurde versucht, durch eine physiologische Grenzsetzung jene Datensätze auszuschließen, die suspekt falsch sind. Es könnten dabei aber auch tatsächlich korrekte Datensätze aus der Auswertung ausgeschlossen worden sein. Diese Problemstellung betrifft alle gemessenen Temperaturen. Dies ist die Temperatur am Anfang, die tiefste interoperative Temperatur und auch die Temperatur bei OP-Ende.

Wenn die 4 von uns verwendeten BMI-Kategorien (Untergewicht, Normalgewicht, Prä-Adipositas und Adipositas) betrachtet werden, so fällt auf, dass die Kategorie Untergewicht nur 17 Patient\*innen beinhaltet und damit vergleichsweise sehr klein ist. Es kann entsprechend dadurch zu Aussagen kommen, die in dieser Form nicht auf das Gesamtkollektiv der untergewichtigen Patient\*innen zutrifft.

Durch die Freitext-Bezeichnung der Operationsdiagnosen, sind die Operationen nicht einheitlich bezeichnet. So wurden sehr viele Operationen mit „Inspektion“ eingegeben, da beispielsweise bei Operationsbeginn das genaue Operationsausmaß noch nicht bekannt war, daher könnten gleiche Operationen in unterschiedliche Kategorien fallen. Es kann daneben auch bei der Umschreibung in eine einheitliche Codierung zu Fehlern kommen die eine unterschiedliche Einordnung als Resultat haben. In diesem Fall konnte durch eine Reduktion auf eine zwei-stellige Codierung zum einen ausreichend große Kategorien geschaffen werden und gleichzeitig eine falsche Eingliederung des Operationstyps (Resektion, Inspektion, etc.) soweit verhindert werden.

### **4.4 Implikationen für die klinische Praxis**

Insbesondere bei Patient\*innen mit einem BMI unter 30 kg/m<sup>2</sup> mit großen Oberbauchoperationen sind die aktuellen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Temperatur in etwa 60% der Fälle nicht ausreichend, um eine perioperative Hypothermie zu verhindern. Bezogen auf adipöse Patient\*innen zeigt sich zwar eine

statistisch signifikant niedrigere Rate mit 45% aller Patient\*innen, was absolut gesehen trotzdem fast jedem\*r zweiten Patient\*in entspricht.

Relativierend ist festzustellen, dass es sich hier ausschließlich um große Oberbauch-Operationen handelt und keinen Querschnitt über die gesamte perioperative anästhesiologische Praxis darstellt.

Diese Daten zeigen zum einen weiteren Optimierungsbedarf im Bereich des Temperaturmanagements aller Patient\*innen, insbesondere jedoch bei Patient\*innen mit einem BMI von  $<30\text{kg/m}^2$  und einem Alter älter als 35 Jahre. Möglichkeiten zur Verbesserung finden sich dabei an verschiedenen Stellen. So kann neben dem Einsatz von konventionellen Maßnahmen (Wärmung mittels BairHugger, Infusionswärmung mittels Hotline) auch speziell auf eine Raumtemperatur entsprechend der S3-Leitlinie, auf zusätzliche, wärmende Unterlagen und dabei auch auf eine zeitgerechte Applikation bereits zu Beginn der Operation geachtet werden.

Um eine einheitliche Applikation der empfohlenen Maßnahmen zu gewährleisten, kann neben entsprechenden Fortbildungen auch auf eine Checkliste zurückgegriffen werden. Eine Checkliste würde dabei auch ein definiertes abgestuftes Management entsprechend den persönlichen Risikofaktoren ermöglichen.

Das Erhalten der Körperkerntemperatur ist dabei, wenn auch durch Anästhesist\*innen monitiert, eine gemeinschaftliche Aufgabe des gesamten Operationsteams.

#### ***4.5 Implikationen für weitere Forschung***

In dieser retrospektiven Studie zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied in der Inzidenz der Hypothermie bezogen auf den BMI. Da es sich bei dieser Studie um eine retrospektive Datenauswertung handelt, bedarf es in weiterer Folge einer prospektiven Studie, um die gefundenen Ergebnisse weiter zu validieren.

Da sich in dieser retrospektiven Studie nur 17 Patient\*innen mit einem untergewichtigen BMI befunden haben, ist hier eine weitere Studie, in der diese Patient\*innengruppe entsprechend repräsentiert, wird notwendig. Wenn sich die in dieser Studie gefundenen Daten bestätigen, so ist die Patient\*innenkategorie der Untergewichtigen eine Risikogruppe für eine intraoperative Hypothermie.

Im Bereich der übergewichtigen Patient\*innen hatten wir in dieser Datenauswertung ebenso eine sehr unterschiedliche Verteilung. In der Analyse wurde nur mit einer einzelnen Gruppe der Übergewichtigen gerechnet. Auch hier könnte mit einer Analyse der verschiedenen übergewichtigen Patient\*innengruppen in ausreichender Größe mögliche Unterschiede entdeckt werden.

In dieser Studie wurden nur die Temperaturen zu Beginn, zu Operationsende sowie die tiefste intraoperative Temperatur betrachtet. Eine Auswertung des Temperaturverlaufs mit kleinem Zeitintervall könnte hier noch weitere Erkenntnisse über den Zeitpunkt der maximalen Auskühlung und mögliche Unterschiede in der Auskühlung zwischen den einzelnen BMI-Gruppen zeigen.

Es wurde durch Vorstudien bereits gezeigt, dass Anästhetika einen relevanten Einfluss auf die Temperatur während der Operation haben. Wie sich Vasopressoren in diesem Bezug verhalten ist jedoch noch nicht tiefgreifend erforscht. Hier ergeben sich Ansatzpunkte für weitere Forschung im Bereich anderer großer Operationen, um hier auch mögliche Risikooperationen zu finden.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Sessler DI. Review Article: Perioperative Heat Balance. *Anesthesiology*. 2000;92(2):578-596. doi:10.1097/00132586-200104000-00033
2. Díaz M, Becker DE. Thermoregulation: Physiological and Clinical Considerations during Sedation and General Anesthesia. *Anesth Prog*. 2010;57(1):25-33. doi:10.2344/0003-3006-57.1.25
3. Hatfield HS, Pugh LGC. Thermal conductivity of human fat and muscle. *Nature*. 1951;168(4282):918-919. doi:10.1038/168918a0
4. Charkoudian N. Skin blood flow in adult human thermoregulation: How it works, when it does not, and why. *Mayo Clin Proc*. 2003;78(5):603-612. doi:10.4065/78.5.603
5. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: Separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci*. 2010;15(1):259-290. doi:10.2741/3620
6. Van Someren EJW. Thermoregulation and aging. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007;292(1):99-102. doi:10.1152/ajpregu.00557.2006.Editorial
7. Romanovsky AA. Skin temperature : its role in thermoregulation. *Acta Physiol*. 2014;210:498-507. doi:10.1111/apha.12231
8. Morrison SF. Central control of body temperature [version 1; referees: 3 approved]. *F1000Research*. 2016;5(May):1-10. doi:10.12688/F1000RESEARCH.7958.1
9. Karastergiou K, Smith SR, Greenberg AS, Fried SK. Sex differences in human adipose tissues - The biology of pear shape. *Biol Sex Differ*. 2012;3(1):1. doi:10.1186/2042-6410-3-13
10. Fitzgerald SJ, Janorkar AV, Barnes A, Maranon RO. A new approach to study the sex differences in adipose tissue. *J Biomed Sci*. 2018;25(1):1-12. doi:10.1186/s12929-018-0488-3
11. Norgan NG. The beneficial effects of body fat and adipose tissue in humans. *Int J Obes*. 1997;21(9):738-746. doi:10.1038/sj.ijo.0800473
12. Nuttall FQ. Body mass index: Obesity, BMI, and health: A critical review. *Nutr Today*. 2015;50(3):117-128. doi:10.1097/NT.0000000000000092
13. Danzl D. Hypothermia. *Semin Respir Crit Care Med*. 2002;23(1):57-68. doi:10.1055/s-2002-20589
14. Brugger H, Putzer G, Paal P. Akzidentelle Hypothermie. *Anaesthesist*. 2013;62(8):624-631. doi:10.1007/s00101-013-2205-7
15. Petrone P, Asensio JA, Marini CP. In brief. *Curr Probl Surg*. 2014;51(10):414-415. doi:10.1067/j.cpsurg.2014.07.005
16. Kurz A. Physiology of Thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2008;22(4):627-644. doi:10.1016/j.bpa.2008.06.004
17. Seamon MJ, Wobb J, Gaughan JP, Kulp H, Kamel I, Dempsey DT. The effects of

- intraoperative hypothermia on surgical site infection: An analysis of 524 trauma laparotomies. *Ann Surg.* 2012;255(4):789-795. doi:10.1097/SLA.0b013e31824b7e35
18. Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *N Engl J Med.* 1996;334(19):1209-1215. doi:10.1056/NEJM199605093341901
  19. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology.* 2008;108(1):71-77. doi:10.1097/01.anes.0000296719.73450.52
  20. Yi J, Liang H, Song R, Xia H, Huang Y. Maintaining intraoperative normothermia reduces blood loss in patients undergoing major operations: A pilot randomized controlled clinical trial. *BMC Anesthesiol.* 2018;18(1):1-7. doi:10.1186/s12871-018-0582-9
  21. Valeri CR, Feingold H, Cassidy G, Ragno G, Khuri S AM. Hypothermia-induced Reversible Platelet Dysfunction.pdf. *Ann Surg.* 1987;205(2):175-181. doi:10.1097/00000658-198702000-00012
  22. Aitken LM, Hendrikz JK, Dulhunty JM, Rudd MJ. Hypothermia and associated outcomes in seriously injured trauma patients in a predominantly sub-tropical climate. *Resuscitation.* 2009;80(2):217-223. doi:10.1016/j.resuscitation.2008.10.021
  23. Ireland S, Endacott R, Cameron P, Fitzgerald M, Paul E. The incidence and significance of accidental hypothermia in major trauma-A prospective observational study. *Resuscitation.* 2011;82(3):300-306. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.10.016
  24. Kurz A, Sessler DI, Narzt E, et al. Postoperative hemodynamic and thermoregulatory consequences of intraoperative core hypothermia. *J Clin Anesth.* 1995;7(5):359-366. doi:10.1016/0952-8180(95)00028-G
  25. Prof. Dr. Torossian A, Prof. Dr. Bein B, Prof. Dr. Bräuer A, et al. S3 Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie 2019. *AWMF online.* 2019;(001):1-91. [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/001-018l\\_S3\\_Vermeidung\\_perioperativer\\_Hypothermie\\_2014-05.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-018l_S3_Vermeidung_perioperativer_Hypothermie_2014-05.pdf).
  26. DeGroot DW, Kenney WL. Impaired defense of core temperature in aged humans during mild cold stress. *Am J Physiol - Regul Integr Comp Physiol.* 2007;292(1):103-109. doi:10.1152/ajpregu.00074.2006
  27. Mehta OH, Barclay KL. Perioperative hypothermia in patients undergoing major colorectal surgery. *ANZ J Surg.* 2014;84(7-8):550-555. doi:10.1111/ans.12369
  28. Sagioglu G, Ozturk GA, Baysal A, Turan FN. Inadvertent perioperative hypothermia and important risk factors during major abdominal surgeries. *J Coll Physicians Surg Pakistan.* 2020;30(2):123-128. doi:10.29271/jcpsp.2020.02.123
  29. Emmert A, Gries G, Wand S, et al. Association between perioperative hypothermia and patient outcomes after thoracic surgery. *Med (United States).*

- 2018;97(17):1-5. doi:10.1097/MD.00000000000010528
30. Fernandes LA, Braz LG, Koga FA, et al. Comparison of peri-operative core temperature in obese and non-obese patients. *Anaesthesia*. 2012;67(12):1364-1369. doi:10.1111/anae.12002.x
  31. Kasai T, Hirose M, Matsukawa T, Takamata A, Tanaka Y. The vasoconstriction threshold is increased in obese patients during general anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003;47(5):588-592. doi:10.1034/j.1399-6576.2003.00097.x
  32. Annadata R, Sessler DI, Tayefeh F, Kurz A, Dechert M. Desflurane slightly increases the sweating threshold but produces marked, nonlinear decreases in the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*. 1995;83(6):1205-1211. doi:10.1097/00000542-199512000-00011
  33. Xiong J, Kurz A, Sessler DI, Plattner O, Christensen R, Dechert M IT. Isoflurane produces marked and nonlinear decreases in the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*. 1996;85:240-245.
  34. Bindu B, Bindra A, Rath G. Temperature management under general anesthesia: Compulsion or option. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2017;33(3):306-316. doi:10.4103/joacp.JOACP\_334\_16
  35. Matsukawa T, Kurz A, Sessler DI, Bjorksten AR, Merrifield B CC. Propofol Linearly Reduces the Vasoconstriction and Shivering Thresholds. *Anesthesiology*. 1995;82:1169-11880.
  36. Kurz A, Go J, Sessler D, Kaer K, Larson M. Alfentanil slightly increases the sweating threshold and markedly reduces the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology*. 1995;83:293-299. doi:10.1097/00000542-199508000-00009
  37. An TH, Yang JW. Effects of PEEP on the thermoregulatory responses during TIVA in patients undergoing tympanoplasty. *Korean J Anesthesiol*. 2011;61(4):302-307. doi:10.4097/kjae.2011.61.4.302
  38. Seo H, Do Son J, Lee HC, Oh HM, Jung CW, Park HP. Effects of positive end-expiratory pressure on intraoperative core temperature in patients undergoing posterior spine surgery: prospective randomised trial. *J Int Med Res*. 2018;46(3):984-995. doi:10.1177/0300060517734678
  39. Blumenberg A. Dosing Heat: Expected Core Temperature Change with Warmed or Cooled Intravenous Fluids. *Ther Hypothermia Temp Manag*. 2020;00(00):1-7. doi:10.1089/ther.2020.0036
  40. Moore TM, Callaway CW, Hostler D. Core Temperature Cooling in Healthy Volunteers After Rapid Intravenous Infusion of Cold and Room Temperature Saline Solution. *Ann Emerg Med*. 2008;51(2):153-159. doi:10.1016/j.annemergmed.2007.07.012
  41. Kellogg DL. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *J Appl Physiol*. 2006;100(5):1709-1718. doi:10.1152/jappphysiol.01071.2005

42. Kasai T, Hirose M, Matsukawa T, Takamata A, Yaegashi K, Tanaka Y. Preoperative blood pressure and catecholamines related to hypothermia during general anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2003;47(2):208-212. doi:10.1034/j.1399-6576.2003.00048.x
43. Duryea EL, Nelson DB, Wyckoff MH, et al. The impact of ambient operating room temperature on neonatal and maternal hypothermia and associated morbidities: A randomized controlled trial. *Am J Obstet Gynecol.* 2016;214(4):505.e1-505.e7. doi:10.1016/j.ajog.2016.01.190
44. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E, et al. Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery. *Eur Heart J.* 2009;30(22):2769-2812. doi:10.1093/eurheartj/ehp337
45. Jetté M, Sidney K, Blümchen G. Metabolic equivalents (METs) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clin Cardiol.* 1990;13(8):555-565. doi:10.1002/clc.4960130809
46. Saklad M. Grading patients for surgical procedures. *Anesthesiology.* 1941;2:281-284.
47. Prof. Dr. Torossian A, Prof. Dr. Bein B, Prof. Dr. Bräuer A, et al. S3 Leitlinie Vermeidung von perioperativer Hypothermie 2014. *AWMF online.* 2014;(001):1-91. [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/001-018l\\_S3\\_Vermeidung\\_perioperativer\\_Hypothermie\\_2014-05.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-018l_S3_Vermeidung_perioperativer_Hypothermie_2014-05.pdf).
48. Hess DR. Retrospective studies and chart reviews. *Respir Care.* 2004;49(10):1171-1174.
49. Talari K, Goyal M. Retrospective studies - Utility and caveats. *J R Coll Physicians Edinb.* 2020;50(4):398-402. doi:10.4997/JRCPE.2020.409
50. Horn EP, Sessler DI, Standl T, Schroeder F, Bartz HJ, Beyer JC S am EJ. Non-thermoregulatory Shivering in Patients Recovering from Isoflurane or Desflurane Anesthesia. *Anesthesiology.* 1998;89:878-886.