

**Einfluss organisatorischer Faktoren und unterschiedlicher
Medikamente auf die Komplikationsrate bei prozeduralen
Analgesedierungen von Kindern**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Zahnmedizin (Dr. med. dent.)
an der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von
Maike Schmidt
aus
Kiel

2025

Betreuer:in / Gutachter:in der Dissertation: Prof. Dr. Dominique Singer

Gutachter:in der Dissertation: PD Dr. Martin Petzoldt

Vorsitz der Prüfungskommission: PD Dr. Martin Petzoldt

Mitglied der Prüfungskommission: Prof. Dr. Birgit-Christiane Zyriax

Mitglied der Prüfungskommission: PD Dr. Torsten Christ

Datum der mündlichen Prüfung: 27.04.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Arbeitshypothese und Fragestellung.....	6
2	Einleitung.....	7
2.1	Definition der Analgosedierung.....	7
2.2	Organisation.....	8
2.2.1	Patientenauswahl und Risikoabschätzung	9
2.2.2	Team und Anforderungen an den sedierenden Arzt.....	10
2.2.3	Monitoring.....	11
2.3	Medikamentenauswahl.....	11
2.3.1	Hypnotikum	12
2.3.2	Kombination mit einem Analgetikum.....	14
2.4	Komplikationen	15
2.4.1	Respiratorische Komplikationen.....	16
2.4.2	Hämodynamische Komplikationen.....	17
2.4.3	Andere Komplikationen.....	17
2.5	Risikofaktoren für Komplikationen	18
2.5.1	Arbeitsplatzbezogene und verfahrensspezifische Risikofaktoren	18
2.5.2	Patientenimmanente Risikofaktoren.....	19
2.5.3	Medikamentenassoziierte Risikofaktoren.....	19
2.5.4	Personelle Risikofaktoren.....	20
3	Material und Methoden.....	21
3.1	Studiendesign	21
3.2	Datenerfassung	21
3.3	Binär logistische Regressionsanalyse	23
4	Ergebnisse	24
4.1	Patientenimmanente Parameter	24
4.1.1	Alter	24
4.1.2	Geschlecht	25
4.1.3	Größe	25
4.1.4	Gewicht.....	25

4.1.5	ASA-Klassifikation.....	25
4.1.6	Hauptdiagnose	25
4.1.7	Vorliegen einer syndromalen Erkrankung	27
4.1.8	Vorliegen einer Atemwegsinfektion	27
4.1.9	Vorherige Sedierung	27
4.2	Eingriffsbezogene Parameter.....	27
4.2.1	Art des Eingriffs.....	27
4.2.2	Dauer des Eingriffs	30
4.3	Organisatorische Faktoren	30
4.3.1	Fachabteilung des sedierenden Arztes.....	30
4.3.2	Medikamente.....	31
4.3.3	Vorhandensein eines intravenösen Zugangs.....	36
4.4	Komplikationen	37
4.4.1	Komplikation im Gesamtkollektiv.....	37
4.4.2	Entwicklung der Komplikationsrate im 5-Jahres-Überblick	37
4.4.3	Art der Komplikation.....	39
4.4.4	Interventionen	42
4.4.5	Unterbrechung und Abbruch des Eingriffs	44
4.4.6	Risikofaktoren für Komplikationen.....	44
5	Diskussion.....	48
5.1	Diskussion der Methodik	48
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	49
5.2.1	Ergebnisse der deskriptiven Statistik	49
5.2.2	Entwicklung der Komplikationen im 5-Jahres-Überblick.....	50
5.2.3	Identifikation von personellen und strukturellen Risikofaktoren	53
5.3	Schlussfolgerung	57
6	Zusammenfassung	58
7	Literaturverzeichnis.....	60
8	Abkürzungsverzeichnis.....	70
9	Abbildungsverzeichnis	71
10	Tabellenverzeichnis	72

11	Erklärung des Eigenanteils.....	73
12	Eidelstattliche Versicherung	74
13	Danksagung	75
14	Anhang	76

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

Im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf werden alle Analgosedierungen außerhalb des Operationssaals bei Kindern durch ein spezialisiertes, interdisziplinäres Kinderanalgosedierungsteam (KAST) durchgeführt. Dieses wurde im August 2014 mit dem Ziel implementiert, das Auftreten von unerwünschten Ereignissen und schwerwiegenden Komplikationen zu minimieren. Es besteht aus pädiatrischen Anästhesisten und Intensivmedizinerinnen, welche unter Anwendung und Beachtung von Leitlinien und Empfehlungen der Fachgesellschaften alle Sedierungen von Kindern außerhalb des Operationsraumes am UKE durchführen. Laut der Bilanz für das erste Tätigkeitsjahr des KAST bewegt sich die Komplikationsrate im Bereich internationaler Vergleichsdatenbanken. Die Inzidenz für unerwünschte Ereignisse und schwerwiegende Komplikationen lag für das 1. Jahr bei 6,5% und 1,2%. Mangelnde Erfahrung bei der Durchführung von Analgosedierung konnte dabei als Risikofaktor für Komplikationen identifiziert werden, sodass der Erfahrungszuwachs des KAST einen positiven Effekt auf die Komplikationsrate haben kann (Apostolidou et al. 2022).

Bei der Analyse des 5-Jahreszeitraums sollen nun folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Wie hat sich die Komplikationsrate im Vergleich zum 1. Jahr entwickelt, während das Team personell deutlich ausgeweitet wurde (von 6 auf 16 ärztliche Mitarbeiter)?
- Welche strukturellen und personellen Risikofaktoren für Komplikationen lassen sich identifizieren?

Mit den in dieser Arbeit verwendeten Personen- und Tätigkeitsbezeichnungen sind, auch wenn sie aus Gründen der Lesbarkeit oft nur in einer Form verwendet werden, alle Geschlechter gemeint.

2 Einleitung

2.1 Definition der Analgosedierung

Analgosedierung bezeichnet die medikamentöse Analgesie und Sedierung eines Patienten unter Erhalt der Spontanatmung (Heinrichs et al. 2010). Es können schmerzhaft und nicht schmerzhaft Eingriffe unterschieden werden (Philippi-Höhne et al. 2010). Bei schmerzhaften Eingriffen ist neben der Sedierung eine Analgesie des Patienten erforderlich (Neuhauser et al. 2010). Die notwendige Toleranzgrenze zur Durchführung therapeutischer und diagnostischer Eingriffe wird bei Kindern schnell erreicht (Neuhauser et al. 2010; Cravero et al. 2006). Hier können Analgosedierungen helfen, Eingriffe zu tolerieren, indem sie Angst und Schmerzen lindern. Eine stressfreie Atmosphäre bewahrt Kinder und Jugendliche vor einer Traumatisierung und die Qualität des Behandlungsergebnisses kann verbessert werden. Indiziert sind Analgosedierungen somit bei allen schmerzhaften Eingriffen, die für Kinder unangenehm oder beängstigend sind (Neuhauser et al. 2010) sowie bei nicht schmerzhaften Eingriffen, die eine nicht zu erwartende Mitarbeit des Patienten erfordern wie z.B. Bewegungslosigkeit (Philippi-Höhne et al. 2010; American Society of Anesthesiologists 2002).

Es können verschiedene Sedierungstiefen unterschieden werden, welche durch die American Academy of Pediatrics (AAP) und die American Society of Anesthesiologists (ASA) definiert wurden (Coté and Wilson 2006; American Society of Anesthesiologists 2002) (Tabelle 1).

Bei einer minimalen Sedierung ist der Patient wach und kann angesprochen werden. Die Spontanatmung und Schutzreflexe sind nicht beeinträchtigt und eine Intervention zur Sicherung der Atemwege in der Regel nicht erforderlich. Bei einer moderaten Sedierung ist der Patient zwar schläfrig, lässt sich aber jederzeit aufwecken und zeigt auf taktile oder akustische Stimulation eine normale Reaktion. Die Spontanatmung und Schutzreflexe sind unbeeinträchtigt, sodass auch hier in der Regel keine Intervention zur Sicherung der Atemwege notwendig ist. Bei einer tiefen Sedierung schläft der Patient und ist nicht mehr erweckbar. Auf Schmerzreize zeigt er jedoch Abwehrbewegungen. Aufgrund einer möglichen Beeinträchtigung der Spontanatmung und Schutzreflexe kann eine Sicherung der Atemwege notwendig werden. Die Allgemeinanästhesie als vierte Sedierungstiefe zeichnet sich durch einen bewusstlosen Patienten aus, der auf äußere Reize keine Reaktion

mehr zeigt. Eine Sicherung der Atemwege ist hier zwingend erforderlich, da die Spontanatmung und Schutzreflexe aufgehoben sind (Zalunardo et al. 2018) Die Sedierung definiert sich somit als ein Kontinuum verschiedener Sedierungstiefen und lässt sich nicht vollständig von der Allgemeinanästhesie abgrenzen (American Society of Anesthesiologists 2002). Zwischen den Sedierungstiefen besteht ein fließender Übergang. Eine tiefe Sedierung kann in eine Allgemeinanästhesie übergehen (Philippi-Höhne et al. 2010). Der sedierende Arzt muss daher qualifiziert sein, die verschiedenen Sedierungstiefen zu beherrschen und eine Sicherung der Atemwege vornehmen zu können (Krauss and Green 2006).

Tabelle 1: Sedierungstiefen

Stadium	Benennung	Charakterisierung
I	minimale Sedierung	Erweckbarkeit durch akustische Reize, volle Atemwegskontrolle, uneingeschränkte Spontanatmung
II	moderate Sedierung	Schutzreflexe erhalten, volle Atemwegskontrolle ohne Hilfsmittel, Erweckbarkeit durch taktile und akustische Reize
III	tiefe Sedierung	Teilverlust der Schutzreflexe, teilweise fehlende Atemwegskontrolle, keine unmittelbare Erweckbarkeit
IV	Allgemeinanästhesie	vollständiger Verlust der Schutzreflexe, komplett fehlende Atemwegskontrolle, völlige Bewusstlosigkeit und Schmerzausschaltung

(Coté and Wilson 2006; American Society of Anesthesiologists 2002; Philippi-Höhne et al. 2010)

2.2 Organisation

In den letzten 20 Jahren gab es einen starken Anstieg an prozeduralen Analgosedierungen (Krauss and Green 2006). Die Zunahme an diagnostischen und therapeutischen Eingriffen und die steigende Erwartungshaltung an die Qualität der Versorgung im Kindesalter zeigte die Notwendigkeit der Definition allgemeiner Empfehlungen für die Durchführung von Analgosedierungen (Philippi-Höhne et al. 2010). Zur Definition einheitlicher Standards und Minimierung unerwünschter Ereignisse wurden wichtige Leitlinien und Empfehlungen unter anderem von der

ASA und der AAP verfasst. Diese stellen gewisse Anforderungen an die Patientenauswahl, an die Fähigkeiten des sedierenden Arztes und an die Patientenüberwachung (Bellolio et al. 2016). Auch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGA) veröffentlichte in Zusammenarbeit mit dem Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten (BDA) entsprechende Richtlinien (Philippi-Höhne et al. 2010; Taeger 2002). Die Orientierung an den Leitlinien der Fachgesellschaften soll eine möglichst komplikationsarme Durchführung prozeduraler Sedierungen ermöglichen (Neuhauser et al. 2010).

2.2.1 Patientenauswahl und Risikoabschätzung

Eine Risikoabschätzung für das Auftreten von Komplikationen während einer Analgosedierung kann mit Hilfe der ASA-Klassifikation erfolgen (Krauss and Green 2006). Diese wurde durch die ASA definiert und stellt ein weit verbreitetes System zur Kategorisierung des präoperativen Gesundheitszustandes eines Patienten dar. Dabei werden 5 Gruppen je nach Erkrankungsgrad des Patienten unterschieden (Irlbeck et al. 2017) (Tabelle 2). Patienten der ASA-Klassen I oder II haben keine oder nur leichte systemische Erkrankungen und weisen ein geringes Risiko für Komplikationen auf, wohingegen schwerwiegende Begleiterkrankungen das Risiko erhöhen (Coté et al. 2016; Taeger 2002; Daud and Carlson 2014). Patienten der ASA-Klassen III oder IV sowie Patienten mit anatomischen Atemwegsanomalien haben ein hohes Risiko für Komplikationen. Für diese wird insbesondere bei moderater oder tiefer Sedierung eine individuelle Einschätzung des Patienten vor der Sedierung in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachärzten und/oder das Hinzuziehen eines Anästhesisten empfohlen (Coté et al. 2016). Vor jeder Sedierung müssen zur Identifizierung möglicher Risikofaktoren eine körperliche Untersuchung und eine ausführliche Anamnese erfolgen (Zalunardo et al. 2018; Taeger 2002; Daud and Carlson 2014). Durch eine umfassende Untersuchung der oberen Atemwege kann schon vor der Sedierung ein erhöhtes Risiko für eine Atemwegskomplikation oder eine komplizierte Intubation erkannt werden (Daud and Carlson 2014). Kontraindikationen für eine Sedierung des Patienten stellen ein erhöhtes Aspirationsrisiko, ein kritischer Atemweg, respiratorische Insuffizienz, erhöhter intrakranieller Druck sowie eine eingeschränkte kardiovaskuläre Funktion dar (Philippi-Höhne et al. 2010).

Tabelle 2: ASA-Klassifikation

I	normaler, gesunder Patient
II	Patient mit leichten systemischen Erkrankungen ohne funktionelle Einschränkung
III	Patient mit schweren systemischen Erkrankungen und definitiver funktioneller Einschränkung
IV	Patient mit schweren, lebensbedrohlichen systemischen Erkrankungen
V	moribunder Patient, der nicht ohne Operation überleben würde

(Neuhauser et al. 2010; American Society of Anesthesiologists 2014)

2.2.2 Team und Anforderungen an den sedierenden Arzt

Die Durchführung von Analgosedierungen erfolgt immer häufiger durch Nichtanästhesisten, welche Erfahrung im Bereich der prozeduralen Analgosedierung von Kindern aller Altersgruppen und möglicher Komplikationen haben sollten (Neuhauser et al. 2010; Biber et al. 2015). Studien zeigen, dass Kinder häufig von der gewünschten Sedierungstiefe in ein tieferes, unbeabsichtigtes Stadium der Sedierung gelangen. Eine sichere Beherrschung dieser Situation mit all ihren Komplikationen muss gewährleistet werden können (Coté et al. 2019). Für die Sedierung sollte ein Team bestehend aus einem Arzt und einer Pflegekraft verantwortlich sein (Neuhauser et al. 2010), welches nicht in die eigentliche Untersuchung involviert ist, um mögliche Komplikationen frühzeitig zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen einleiten zu können (Coté et al. 2019). Folgende Anforderungen werden an den sedierenden Arzt gestellt:

- sichere Anwendung lebensrettender Maßnahmen bei Kindern
- Fähigkeit zur Durchführung einer Maskenbeatmung
- Kenntnisse und Beherrschung verschiedener Techniken zur Atemwegssicherung
- Fähigkeit zur sicheren Anlage eines intravenösen Zugangs

(Philippi-Höhne et al. 2010)

2.2.3 Monitoring

Um Komplikationen während und nach dem Eingriff frühzeitig zu erkennen, ist eine Überwachung des Patienten in Form eines Monitorings unerlässlich (Philippi-Höhne et al. 2010; Coté et al. 2019). Zum Standardmonitoring zählen die Pulsoxymetrie zur Überwachung der Sauerstoffsättigung des Blutes und der Herzfrequenz, das EKG, die Blutdruckmessung und die Überwachung der Atemfrequenz (Neuhauser et al. 2010; Twite and Friesen 2005).

Bei einer minimalen Sedierung sind die Pulsoxymetrie und eine Überwachung der Atemfrequenz ausreichend, während bei moderater und tiefer Sedierung EKG, Blutdruckmessung sowie die Kapnographie hinzugezogen werden sollten (Philippi-Höhne et al. 2010). Die Kapnographie stellt ein Verfahren zur Messung des endtidalen Kohlendioxids dar (Gallagher 2018). Da es in Folge einer Atemdepression nicht zu einer sofortigen Abnahme der Sauerstoffsättigung kommt, sondern zunächst zu einer Erhöhung des endtidalen Kohlendioxids, kann eine Atemdepression mit der Kapnographie frühzeitig erkannt werden (Yildzdas et al. 2004). Daher kann die kapnographische Überwachung als frühestmögliche Warnung vor drohenden Komplikationen im Bereich der Atemwege dienen (Green and Yealy 2009). Apnoen und Hypoventilationen können frühzeitig erkannt sowie die Inzidenz von Sättigungsabfällen verringert werden (Bellolio et al. 2016; Coté et al. 2019).

2.3 Medikamentenauswahl

Der Grad der Analgosedierung ist durch eine individuelle Reaktion des Patienten auf das verabreichte Hypnotikum und Analgetikum ebenfalls individuell und muss unter Einbezug der geplanten Untersuchung für jeden Patienten einzeln festgelegt werden (Neuhauser et al. 2010). Ein optimales Medikament zur Analgosedierung bei Kindern zeichnet sich durch einen schnellen, dosisabhängigen und gut vorhersagbaren Wirkeintritt, eine kurze Wirkdauer, sedierende und analgetische Eigenschaften und eine kurze Erholungszeit aus. Pharmakokinetisch bedeutet dies eine kurze Halbwertszeit, eine hohe Clearance und eine schnelle Metabolisierung, während pharmakodynamisch eine enge Dosis-Wirkungs-Beziehung, eine große therapeutische Breite und das Ausbleiben von Wechselwirkungen mit anderen Medikamenten wünschenswert sind (Barends et al. 2018).

2.3.1 Hypnotikum

2.3.1.1 Propofol

Propofol stellt eines der am häufigsten verwendeten Hypnotika zur Sedierung dar (Barends et al. 2018). Es zählt zu den Phenolderivaten und zeichnet sich durch einen schnellen Wirkeintritt, eine kurze Wirkdauer und eine kurze Erholungszeit nach dem Eingriff aus (Miller et al. 2019; Lameijer et al. 2017; Philippi-Höhne et al. 2010). Nach einem initialen Bolus tritt die Wirkung innerhalb von 20 Sekunden ein und führt zu einem Bewusstseinsverlust von 4-10 Minuten (Philippi-Höhne et al. 2010). Gewöhnlich wird Propofol als Bolus über einen venösen Zugang mit anschließend kontinuierlicher Titration verabreicht (Havel et al. 1999). Die maximale Wirkung wird nach 2-4 Minuten beobachtet. Kinder besitzen ein erhöhtes Verteilungsvolumen und eine höhere Clearance. Jüngere Kinder benötigen daher bezogen auf ihr Körpergewicht eine höhere Dosierung als ältere Kinder. Bei Kindern im Alter von 3 Jahren und jünger kann ein initialer Bolus von 2 mg/kgKG erforderlich sein, während ältere Kinder und Jugendliche einen Bolus von 1,5 mg/kgKG benötigen (Miller et al. 2019). Nachteilig ist die geringe therapeutische Breite von Propofol (Barends et al. 2018). Sedierung und Allgemeinanästhesie werden durch ähnliche Dosierungen bewirkt, sodass eine äußerst sorgfältige Titration erfolgen muss (Taeger 2002). Aufgrund der rein sedierenden Eigenschaften von Propofol, muss es zur Analgesie bei schmerzhaften Eingriffen mit einem Opioid oder Ketamin kombiniert werden (Neuhauser et al. 2010). Anders als bei Midazolam steht für Propofol kein Antidot zur Verfügung (Taeger 2002). Für eine Langzeitsedierung ist Propofol kontraindiziert, da verlängerte Sedierungen mit dem seltenen aber potentiell tödlich verlaufenden Propofol-Infusionssyndrom assoziiert werden (Twite and Friesen 2005).

2.3.1.2 Midazolam

Midazolam gehört zur Gruppe der Benzodiazepine (Philippi-Höhne et al. 2010). Es stellt eines der beliebtesten Medikamente zur Sedierung dar, was unter anderem an einem schnellen Wirkeintritt und der hämodynamischen Sicherheit liegt (Barends et al. 2018). Im Vergleich zu Propofol wird durch Midazolam eine weniger tiefe Sedierungsebene erreicht (Lameijer et al. 2017). Es ermöglicht in niedriger Dosierung eine minimale Sedierung (Philippi-Höhne et al. 2010). Die Erholungszeit

nach dem Eingriff ist länger als bei Propofol (Havel et al. 1999). Nach einer intravenösen Applikation von 0,1 mg/kgKG erfolgt der Wirkeintritt nach 1-2 Minuten. Die Sedierung kann daraufhin durch eine kontinuierliche Titration aufrecht erhalten werden (Philippi-Höhne et al. 2010). Die Zeitspanne zwischen der Applikation von Midazolam und der maximalen Wirkung beträgt circa 9 Minuten und ist damit relativ lang. Erfolgt eine verfrühte Applikation eines weiteren Bolus, bevor die maximale Wirkung des vorherigen erreicht wurde, kann dies zu einer Akkumulation und einer Überdosierung führen. Geschieht dies im Rahmen kürzerer Verfahren, können maximalen Effekte erst in der Erholungsphase nach Ende des Eingriffes auftreten. Um eine Überdosierung und Komplikationen wie Hypoventilation, Atemwegsobstruktion, Hypoxie und Hypotonie zu vermeiden, muss dieser Effekt bei wiederholten Einzeldosen unbedingt beachtet werden (Barends et al. 2018). Vorteilhaft ist die große therapeutische Breite von Midazolam (Taeger 2002). Ein weiterer Vorteil besteht in der Verfügbarkeit des Antagonisten Flumazenil, welcher bei Überdosierung intravenös appliziert werden kann. Zu beachten ist hierbei die kürzere Wirkdauer des Antidots, sodass es nach Nachlassen der antagonistischen Wirkung zu einer erneuten Sedierung kommen kann (Philippi-Höhne et al. 2010; Taeger 2002). Für die Sedierung bei bildgebenden Verfahren ist Midazolam nicht optimal geeignet, da keine vollständige motorische Immobilität sichergestellt werden kann (Philippi-Höhne et al. 2010). Wie Propofol besitzt auch Midazolam keine analgetische Wirkung und muss für eine Schmerzausschaltung durch ein Opioid oder Ketamin ergänzt werden (Neuhauser et al. 2010).

2.3.1.3 Sevofluran

Sevofluran zählt zur Gruppe der Flurane und stellt das beliebteste inhalative Anästhetikum in der Kinderanästhesie dar (Begum et al. 2019). Es zeichnet sich durch einen schnellen Wirkeintritt und eine kurze Erholungszeit aus (Park and Kim 2016). Eine Überwachung nach Beendigung der Prozedur muss ebenfalls nur kurz erfolgen (Mencia et al. 2018). Die Inhalation kann durch eine Maskeneinleitung erfolgen (Begum et al. 2019). Durch die fehlende Notwendigkeit einer intravenösen Injektion müssen die Patienten nicht der Angst vor Spritzen ausgesetzt werden. Dies kann besonders bei Kindern die Mitarbeit erleichtern (Park and Kim 2016).

2.3.2 Kombination mit einem Analgetikum

Bei schmerzhaften Eingriffen muss zusätzlich zur Sedierung eine Analgesie erfolgen (Philippi-Höhne et al. 2010). Dabei ist zu beachten, dass viele Analgetika als Nebenwirkung eine Atemdepression aufweisen, die bereits bei analgetisch wirksamen Dosierungen eintreten kann. Eine kombinierte Gabe von Hypnotikum und Analgetikum geht daher mit einem besonderen Risiko einher (Taeger 2002).

2.3.2.1 Lokalanästhetikum

Lokalanästhetika gelten als sicher und sollten wenn möglich unterstützend als Analgesie zum Einsatz kommen (Neuhauser et al. 2010; Philippi-Höhne et al. 2010). Sie können als Oberflächenanästhesie präventiv vor einer Punktion in Form eines EMLA-Pflasters mit einer Wirkstoffmischung aus Prilocain und Lidocain oder als Infiltrationsanästhesie angewandt werden (Philippi-Höhne et al. 2010).

2.3.2.2 Ketamin

Ketamin gehört zur Gruppe der Phencyclidin-Derivate (Neuhauser et al. 2010). Es bewirkt unter Erhalt der Spontanatmung eine dissoziative Sedierung mit analgetischem und sedierendem Effekt und zeichnet sich durch einen schnellen Wirkeintritt und eine kurze Wirkdauer aus (Philippi-Höhne et al. 2010). Mit einer Verteilungshalbwertszeit von circa 24 Sekunden gelangt es rasch aus dem Blut ins Gehirn. Die Eliminationshalbwertszeit beträgt in etwa 2,2 Stunden (Roback et al. 2016). Bei niedriger Dosierung weist Ketamin eine geringe atemdepressorische Wirkung auf, sodass es sich besonders für eine gemeinsame Applikation mit einem Hypnotikum eignet (Neuhauser et al. 2010; Taeger 2002). Es wird weltweit für kurze Sedierungen in Kombination mit Propofol oder Midazolam eingesetzt (Barends et al. 2018). Jüngere Kinder besitzen eine höhere Clearance für Ketamin, daher benötigen sie zum Erreichen einer vergleichbaren Sedierungstiefe eine höhere Dosierung pro Körpergewicht als ältere Kinder (Kannikeswaran et al. 2016). Klinische Anwendung findet bevorzugt das S-(+)-Ketamin, welches das rechtsdrehende Isomer des Ketamin-Razemats darstellt (Himmelseher and Pfenninger 1998). S-(+)-Ketamin weist gegenüber seinem Razemat eine höhere Wirkstärke, weniger psychomimetische Nebenwirkungen und ein besseres Aufwachverhalten auf (Adams 1997). Nach intravenöser Injektion eines initialen Bolus mit einer Dosierung von 0,5-1,0 mg/kgKG wird eine tiefe Sedierung bewirkt. Soll die

Sedierung aufrechterhalten werden, können wiederholte Einzeldosen in Höhe von 0,25-0,5 mg/kgKG alle 10-15 Minuten oder eine kontinuierliche Infusion von 1,0-2,0 mg/kg/h KG erfolgen. Eine Titration kann hilfreich sein, da die Wirkung an eine große inter- und intraindividuelle Dosisvariabilität gebunden ist. So erreichen manche Kinder zum Beispiel schon bei einer Dosis von 1,0 mg/kgKG einen narkotischen Zustand (Philippi-Höhne et al. 2010). Als Nachteil sind eine gesteigerte Sekretbildung und mögliche psychotrope Nebenwirkungen zu nennen (Neuhauser et al. 2010). Weitere Nebenwirkungen wie unruhiges Erwachen, Nystagmus, Apnoe, Atemwegsverlegung, Übelkeit, Erbrechen und selten ein Laryngospasmus werden beschrieben (Philippi-Höhne et al. 2010).

2.3.2.3 Opioide

Bei Notwendigkeit einer stärkeren Schmerzausschaltung können Opioide zur Hilfe genommen werden. Zu beachten ist die atemdepressorische Wirkung, welche alle Opioide charakterisiert (Neuhauser et al. 2010). Vorteilhaft ist die Verfügbarkeit des Antagonisten Naloxon (Taeger 2002). Es können kurzwirksame Opioide wie Remifentanil und Alfentanil von langwirksamen Opioiden wie Fentanyl unterschieden werden. Kurzwirksame Opioide, wie Remifentanil und Alfentanil, sind leicht steuerbar und sollten daher bei kurzen Prozeduren bevorzugt eingesetzt werden (Philippi-Höhne et al. 2010).

2.4 Komplikationen

In der Literatur wird ein geringes Risiko für Komplikationen bei prozeduralen Sedierungen im Kindesalter beschrieben, das sich je nach betrachtetem Sedierungsort, Patientenkollektiv und verwendeten Medikamenten zwischen 4,8 und 9,8% bewegt (Cravero et al. 2009; Biber et al. 2015; Grunwell et al. 2017).

Dabei handelt es sich häufiger um leichtgradige Komplikationen. Schwerwiegende Komplikationen sind sehr selten. Trotz einer niedrigen Rate an potenziell lebensbedrohlichen Ereignissen und schwerwiegenden Komplikationen können diese nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Selbst bei Durchführung der Sedierung durch ein spezialisiertes Team können lebensbedrohliche Zwischenfälle wie Apnoen, Atemwegsobstruktionen, Laryngospasmen, Aspirationen und Sättigungsabfälle auftreten (Coté et al. 2019).

2.4.1 Respiratorische Komplikationen

Die häufigsten Probleme, die mit unerwünschten Sedierungsereignissen in Verbindung gebracht werden, resultieren aus den Auswirkungen, die die Sedierungsmedikamenten auf die Atmung haben (Coté et al. 2000a). Das Pediatric Sedation Research Consortium (PSRC) hat unerwünschte Ereignisse während Analgosedierungen unter der Anwendung von Propofol betrachtet und fand eine Komplikationsrate von 6,3%, von denen 4,3% respiratorischen Komplikationen zuzuordnen waren (Cravero et al. 2009).

Respiratorische Komplikationen betreffen die Ventilation der Lunge und die Oxygenierung des Blutes (Bhatt et al. 2009). Eine unzureichende Oxygenierung zeigt sich durch einen Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung auf <90% und führt zu einer Hypoxie, welche eine Sauerstoffmangelversorgung des Gewebes darstellt (Bhatt et al. 2009; Riphaut et al. 2015). Bei Ventilationsstörungen, zum Beispiel bedingt durch eine Apnoe, eine Atemwegsobstruktion oder einen Laryngospasmus, wird die Lunge nicht mehr ausreichend belüftet (Bhatt et al. 2009). Eine Apnoe bezeichnet einen Atemstillstand (Bhatt et al. 2009). Sie kann bei einer ausreichend hohen Dosierung durch die atemdepressorische Wirkung bestimmter Medikamente verursacht werden (Twite and Friesen 2005). Bei einer Atemwegsobstruktion handelt es sich um eine Verengung der oberen Atemwege, welche in Form eines vollständigen oder eines partiellen Verschlusses auftreten kann. Ein partieller Verschluss manifestiert sich durch einen Stridor oder ein Schnarchen. Der Luftaustausch ist nicht vollständig unterbunden, während bei einem vollständigen Verschluss die Ventilation der Lunge ausbleibt (Bhatt et al. 2009). Eine Variation der Atemwegsobstruktion stellt der Laryngospasmus dar, bei welchem ein glottischer Verschluss des Kehlkopfes aufgrund einer reflexartigen Verengung der Kehlkopfmuskulatur besteht (Bhatt et al. 2009; Hampson-Evans et al. 2008). Durch die eingeschränkte oder ausbleibende Belüftung der Lunge kommt es zu einem Sättigungsabfall (Bhatt et al. 2009). Sollte dieser nicht rechtzeitig erkannt und behandelt werden, kann eine prolongierte Hypoxämie zu dauerhaften neurologischen Schäden oder schließlich zu einem Herz-Kreislauf-Stillstand führen (Roback et al. 2018). Als potenziell lebensbedrohliche Ereignisse erfordern diese Komplikationen somit eine schnelle Reaktion und die sichere Durchführung geeigneter Interventionen (Coté et al. 2019; Cravero et al. 2006). Eine Hypoxie kann durch verschiedene Interventionen behandelt werden. Zum einen kann die Atmung

durch taktile Reize angeregt oder mit Hilfe des Esmarch-Handgriffs erleichtert werden. Eine weitere Hilfsmaßnahme stellt die Einlage eines Guedel- oder Wendl-Tubus dar. Die Sauerstoffzufuhr sollte gesteigert und die Applikation des Hypnotikums ausgesetzt werden. Steht ein entsprechender Antagonist zur Verfügung, kann eine Antagonisierung zum Beispiel mit Flumazenil oder Naloxon erfolgen. Bei ausbleibender Spontanatmung kann eine vorübergehende Maskenbeatmung erforderlich sein und unter Umständen muss eine instrumentelle Sicherung der Atemwege durch Intubation oder eine Larynxmaske durchgeführt werden (Tilz et al. 2017; Riphaut et al. 2015).

2.4.2 Hämodynamische Komplikationen

Hämodynamische Komplikationen können in Form einer Bradykardie oder Hypotonie auftreten (Saunders et al. 2017). Weitere nicht auszuschließende Ereignisse sind Herzrhythmusstörungen und Bluthochdruck (Thackeray and Johnson 2019). Das Risiko einer kardiopulmonalen Depression ist immer vorhanden, da Hypnotika und Analgetika das zentrale Nervensystem dosisabhängig deprimieren und direkte Auswirkungen auf das Myokard und die glatte Gefäßmuskulatur haben (Mason et al. 2012). Eine Hypotonie tritt häufiger in Verbindung mit Propofol auf als mit Benzodiazepinen wie Midazolam oder einem Analgetikum und ist dabei von der Dosis abhängig. Eine Intervention wird jedoch nur in seltenen Fällen notwendig (Bellolio et al. 2016). Zur Behandlung kann eine Infusion mit einer kristalloiden Lösung und bei anhaltender Hypotonie die Applikation einer vasokonstriktiven Substanz erfolgen. Eine Bradykardie kann mit Atropin behandelt werden. In lebensbedrohlichen Fällen muss eine kardiopulmonale Reanimation erfolgen (Riphaut et al. 2015).

2.4.3 Andere Komplikationen

Als weitere Komplikationen können Würgereiz oder Erbrechen mit oder ohne Regurgitation von Mageninhalt auftreten (Bhatt et al. 2009). Dies kann zu einer Aspiration führen, bei welcher Mageninhalt in die Luftröhre gelangt (Bhatt et al. 2009). Eine Aspiration tritt mit einer Inzidenz von 0,0072% jedoch selten auf (Bellolio et al. 2016; Beach et al. 2016). Als weiteres unerwünschtes Ereignis kann eine zu tiefe Sedierung mit der Gefahr der Überleitung in eine Allgemeinanästhesie unter Wegfall der Atemschutzreflexe resultieren (Coté et al. 2019; Cravero et al. 2006;

American Society of Anesthesiologists 2018). Unerwünschte Verhaltensreaktionen wie paradoxe Reaktionen können auftreten (Bhatt et al. 2009). Dabei werden Agitation und paradoxe Reaktionen häufig in Verbindung mit der Gabe von Midazolam beschrieben (Bellolio et al. 2016). Weitere unerwünschte Ereignisse stellen Bewegungen während der Sedierung dar (Bhatt et al. 2009). Die Thoraxrigidität ist eine schwerwiegende, typischerweise nach Gabe eines Opioids wie Fentanyl, Alfentanil, Remifentanil oder Sufentanil auftretende Komplikation. Durch die Versteifung der Brustwand- und Bauchmuskulatur kann die Spontanatmung eingeschränkt sein und eine Beatmung des Patienten erschwert werden (Coruh et al. 2013). Dauerhafte Komplikation stellen der Tod oder eine neurologische Schädigung des Patienten dar (Bhatt et al. 2009). Ein tödlicher Ausgang einer Sedierung ist dabei sehr selten (Bellolio et al. 2016). Biber et al. sowie Cravero et al. konnten beide in ihren Studien keinen Todesfall verzeichnen (Biber et al. 2015; Cravero et al. 2009).

2.5 Risikofaktoren für Komplikationen

2.5.1 Arbeitsplatzbezogene und verfahrensspezifische Risikofaktoren

Zum einen stellt eine mangelhafte Ausstattung des Arbeitsplatzes durch fehlende Notfallmedikamente und Notfallausrüstung einen arbeitsplatzbezogenen Risikofaktor dar insbesondere im Hinblick auf die immer häufiger außerhalb des Operationssaals stattfindenden Analgosedierungen. Zum anderen geht ein unzureichendes Monitoring des Patienten mit einem erhöhten Risiko für Komplikationen einher (Coté et al. 2000a). Sedierungen in einer nicht krankenhausbasierten Umgebung können häufiger mit unerwünschten Ereignissen in Verbindung gebracht werden (Coté et al. 2000a; Coté et al. 2000b). Eine zu frühzeitige Entlassung aus ärztlicher Aufsicht insbesondere nach Medikamentengabe mit langer Halbwertszeit kann zu unerwünschten Ereignissen auf dem Heimweg oder zu Hause führen (Coté et al. 2000b). Interventionelle Eingriffe in der Nähe der oberen Atemwege wie die Ösophagogastroduodenoskopie (ÖGD) weisen ein erhöhtes Risiko für Komplikationen auf (Biber et al. 2015; Beach et al. 2016). Kamat et al. konnten ein erhöhtes Risiko für Komplikationen mit Sedierungen für zahnärztliche Eingriffe und für Herzkatheteruntersuchungen in Verbindung bringen (Kamat et al. 2015).

2.5.2 Patientenimmanente Risikofaktoren

Patienten mit einem schlechten Allgemeinzustand und einem ASA-Status von III oder IV sind mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für Komplikationen betroffen (Grunwell et al. 2017). Kinder mit Entwicklungsstörungen haben eine dreifach höhere Inzidenz für einen Sättigungsabfall als Kinder ohne Entwicklungsstörung (Coté et al. 2019; Cravero 2009). Patienten mit syndromalen Erkrankungen, insbesondere solche mit kraniofazialen Anomalien, besitzen ein erhöhtes Risiko für eine Atemwegskomprimierung. Übergewichtige Patienten weisen ein erhöhtes Risiko für eine obstruktive Schlafapnoe oder Atemwegsobstruktion auf (Biber et al. 2015). Infektionen der oberen Atemwege erhöhen das Risiko für unerwünschte Ereignisse während der prozeduralen Sedierung signifikant, da respiratorische Zwischenfälle wie eine Atemwegsobstruktion, Sättigungsabfall, Laryngospasmus, Schnarchen, Husten, Sekret oder Stridor bei Kindern mit Infektion der oberen Atemwege gehäuft auftreten. Außerdem weisen sie ein erhöhtes Risiko für eine schwerwiegende Intervention wie eine Intubation auf (Mallory et al. 2017). Kinder mit chronischen Atemwegserkrankungen sind ebenfalls mit einer erhöhten Rate für respiratorische Ereignisse assoziiert. Dabei ist das Risiko auch bei einem gegenwärtig stabilen Zustand erhöht (Sanborn et al. 2005). Kinder unter 6 Jahren und insbesondere unter 6 Monaten sind besonders anfällig für die Auswirkungen der sedierenden Medikamente auf den Atemantrieb, die Atemwege und die Atemschutzreflexe (Coté et al. 2019; Biber et al. 2015). Säuglinge haben das höchste Risiko für Komplikationen (Biber et al. 2015). Sie weisen eine noch unreife Leber- und Nierenfunktion mit einer verminderten Fähigkeit zur Metabolisierung und Eliminierung der Sedierungsmedikamenten auf. Dies kann eine verlängerte Sedierung bewirken, die eine zusätzliche Überwachung nach dem Eingriff erfordert (Jenkins et al. 2017). Anatomisch bedingte Risikofaktoren treten auf, da Kinder eine im Verhältnis größere Zunge und größere, obere Atemwegsweichanteile besitzen. Dies begründet ein erhöhtes Risiko einer Atemwegsobstruktion (Bellolio et al. 2016).

2.5.3 Medikamentenassoziierte Risikofaktoren

Das Hauptrisiko der gewöhnlich eingesetzten Medikamente ist die Atemdepression, die unerkannt und unbehandelt zu einer Hypoxie führt (Roback et al. 2018). Da Kinder einen höheren Stoffwechselumsatz und geringere Sauerstoffreserven haben, kann eine Hypoxie schneller eintreten als bei Erwachsenen (Bellolio et al.

2016). Komplikationen können auf Arzneimittelkombinationen und -interaktionen bei Anwendung mehrerer Medikamente zurückgeführt werden. Der Einsatz mehrerer Sedierungsmittel und die Kombination verschiedener Medikamente erhöht demnach das Risiko für unerwünschte Ereignisse (Sanborn et al. 2005; Coté et al. 2000b; Daud and Carlson 2014). Dabei scheint es eine gleichmäßige Verteilung unerwünschter Ereignisse bei Kindern über die wichtigsten Medikamentenklassen hinweg zu geben. Der Verabreichungsweg des Medikaments scheint keinen negativen Einfluss auf die Komplikationsrate zu haben (Coté et al. 2000b). Patienten, die Medikamente mit langen Plasmahalbwertszeiten erhalten, haben ein erhöhtes Risiko für Komplikationen (Coté et al. 2000b).

2.5.4 Personelle Risikofaktoren

Die Bewältigung kritischer Situationen und die Prävention von Komplikationen hängt im entscheidenden Maße von der Kompetenz und den individuellen Fähigkeiten des sedierenden Arztes ab (Thackeray and Johnson 2019). Die Fachdisziplin scheint dabei keinen Einfluss auf das Auftreten von Komplikation zu haben. So konnten Couloures et al. beim Vergleich der Fachdisziplin des sedierenden Arztes und der Komplikationsrate keinen Unterschied zwischen Anästhesisten und Nicht-Anästhesisten feststellen (Couloures et al. 2011). Der sedierende Arzt sollte Erfahrung mit der von ihm betreuten Altersgruppe und mit der zugrunde liegenden Erkrankung haben (Coté et al. 2000a). Außerdem sind Kenntnisse über die verabreichten Medikamente und Fertigkeiten zur Beherrschung von möglichen Zwischenfällen erforderlich. Bei einer akuten Beeinträchtigung der Atemwege kann eine Verschlechterung schnell eintreten, sodass ein sofortiges Eingreifen erforderlich ist. Um die Folgen einer Atemwegsobstruktion oder Atemdepression zu minimieren, muss der sedierende Arzt die Situation zum einen rechtzeitig erkennen und zum anderen schnell gezielte Gegenmaßnahmen einleiten, um die Situation sicher zu beherrschen (Thackeray and Johnson 2019). Er sollte unabhängig vom Ort der Sedierung über fortgeschrittene Fähigkeiten im Bereich des Atemwegsmanagements und Reanimation verfügen. Zudem kann das Auftreten von Komplikationen möglicherweise durch das Fehlen einer ausschließlich für die Sedierung verantwortlichen Person begünstigt werden (Coté et al. 2000a).

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Die vorliegende Untersuchung wurde auf Grundlage einer retrospektiven Auswertung von Sedierungsprotokollen des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf über einen Zeitraum von 5 Jahren erstellt. Die Arbeit schließt alle Patienten ein, bei welchen im Zeitraum vom 20.8.2014 – 19.08.2019 eine Analgosedierung durchgeführt wurde. In die Datenbank wurden nur Analgosedierungen aufgenommen, welche durch das KAST durchgeführt wurden. Für das erste Tätigkeitsjahr des KAST vom 20.08.2014 bis 19.08.2015 bestand bereits eine entsprechende Datenbank mit 441 Patienten und 784 auswertbaren Sedierungsprotokollen, welche in die Gesamtauswertung eingeschlossen wurden.

3.2 Datenerfassung

Im OP-Planungssystem myMedis (Medical Information System, c.a.r.u.s. HMS GmbH, Norderstedt) konnten alle im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf durch das KAST durchgeführten Analgosedierungen des Zeitraums vom 20.8.2014-19.08.2019 nachvollzogen werden. Jede Sedierung wird mit Hilfe eines handschriftlich ausgefüllten Sedierungsprotokolls dokumentiert, welches nach Beendigung der Prozedur eingescannt und in die Software MEDLINQ-Anästhesie (MEDLINQ Softwaresysteme GmbH, Hamburg) eingepflegt wird. Zur Datenerfassung und späteren statistischen Auswertung wurden die Sedierungsprotokolle auf verschiedene Parameter hin untersucht und die Ergebnisse in einer Datenbank in Excel festgehalten. Jedem Patienten wurde dabei zunächst eine Patienten-ID und jedem Eingriff bzw. jeder Sedierung eine Laufende-ID zugeordnet.

In der Datenbank wurden patienten- und eingriffsbezogene Daten, strukturelle und organisatorische Informationen und Informationen zur Aufwachphase gesammelt. Eine Zusammenfassung der erhobenen Parameter findet sich im Anhang (Tabelle 3). Zudem wurde dokumentiert, ob eine Komplikation auftrat oder eine Intervention erforderlich war. Zu den patientenbezogenen Daten zählten Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, ASA-Klassifikation, Haupt- und Nebendiagnosen, das Vorliegen einer syndromalen Erkrankung, das Bestehen einer Atemwegsinfektion zum Zeitpunkt der Sedierung und die Information, ob der Patient bereits einmal

sediert wurde. Die Hauptdiagnose des Patienten entsprach dabei der Erkrankung, die den Eingriff unter Analgosedierung nötig machte. Zur übersichtlicheren Darstellung und Auswertung wurden die Hauptdiagnosen einer hämatologischen, nephrologischen, hepatologischen, gastroenterologischen, neurologischen, pulmonologischen, metabolischen oder kardiologischen Erkrankung zugeordnet. Erkrankungen, die keiner dieser Kategorien zuzuordnen waren, wurden in der Kategorie „andere“ gesammelt. Als eingriffsbezogene Parameter wurden die Art und die Dauer des Eingriffs, welcher unter Analgosedierung durchgeführt wurde, erfasst. Fanden mehrere Eingriffe während einer Sedierung statt, so wurde als Haupteingriff der Eingriff mit der längsten Dauer gewählt. Auch hier wurden zur übersichtlicheren Darstellung der Eingriffe Kategorien definiert. Dazu zählten MRT, Knochenmarkpunktion, Liquorpunktion, Leberbiopsie, Zentralvenenkatheter-Anlage, Nierenbiopsie, CT, MIBG-Szintigraphie, Endoskopie, Strahlentherapie, Nierenzintigraphie, BERA, Szintigraphie andere, Bronchoskopie und PTCD. Eingriffe, die nur vereinzelt durchgeführt wurden, wurden in der Kategorie Sonstige zusammengefasst. Über eine zusätzliche Spalte „Freitext“ konnte der Eingriff bei Bedarf noch ausführlicher beschrieben werden.

Als strukturelle und organisatorische Parameter wurden Informationen zur Fachabteilung des sedierenden Arztes (Pädiatrie und/oder Anästhesie), über die verwendeten Medikamente und das Vorhandensein eines intravenösen Zugangs vor Prozedurbeginn zusammengefasst. Zudem wurde dokumentiert, ob eine inhalative Einleitung stattfand. Die verabreichten Medikamente wurden entweder einem Hypnotikum, einem Analgetikum oder der Kategorie „weitere Medikamente“ zugeordnet.

Die Dosierung der Medikamente wurde ebenfalls vermerkt. Dabei wurden eine Bolus-Gabe des Medikaments und eine kontinuierliche Applikation unterschieden. Bei mehrfachen Bolusgaben wurden diese addiert und eine kumulative Dosis angegeben. Eine körpertgewichtsbezogene Dosierung des Bolus ließ sich aus der Mengenangabe und dem Gewicht des Patienten berechnen, während bei der kontinuierlichen Applikation die höchste verabreichte Laufrate angegeben wurde. Zur primären Klassifikation der Komplikationen, wurden diese zunächst als respiratorische, hämodynamische oder andere Komplikation eingeordnet und dann aus einer Auswahlliste die jeweilige Komplikation ausgewählt. Eine weitere

Beschreibung war über einen Freitext möglich. War eine Intervention notwendig, wurde dies ebenfalls mit Hilfe der entsprechenden Auswahlliste dokumentiert und zusätzliche Informationen über einen Freitext ergänzt. Des Weiteren war anzugeben, ob die Prozedur unter- oder abgebrochen werden musste. Als Information zur Aufwachphase wurde vermerkt, wie viel Zeit der Patient im Aufwachraum der Klinik für Anästhesiologie verbrachte, falls er dort überwacht wurde. In einer letzten Spalte konnten Ereignisse oder Auffälligkeiten vermerkt werden, die sich keinem anderen Feld zuordnen ließen. Die deskriptive Auswertung der erhobenen Daten erfolgte in Excel.

3.3 Binär logistische Regressionsanalyse

Zur Identifikation von Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen während prozeduralen Sedierungen bei Kindern wurde eine binär logistische Regressionsanalyse in SPSS Statistics Version 27 vorgenommen. Dabei wurden die Komplikationen als abhängige Variable definiert und als „Komplikation ja“ oder „Komplikation nein“ binär codiert. Als unabhängige Variablen wurden die Fachabteilung des sedierenden Arztes, das Durchführungsjahr der Sedierung als Maß der Erfahrung des KAST, das verabreichte Hypnotikum, die kombinierte Gabe von Hypnotikum und Analgetikum sowie die Dosierung von Propofol und Midazolam als Bolus und die Dosierung von Propofol unter kontinuierlicher Applikation in das Modell aufgenommen. Die Fachabteilung, das Durchführungsjahr, das Hypnotikum und die Kombination von Hypnotikum und Analgetikum wurden als kategoriale Variablen behandelt, während die Dosierung von Propofol als stetige Variable verwendet wurde. In einem zweiten Modell wurde eine reduzierte Fallgruppe betrachtet. In dieses Modell wurden nur die Patienten einbezogen, die eine kombinierte Gabe von Hypnotikum und Analgetikum erhielten, um so den Einfluss verschiedener Medikamentenkombinationen auf die Komplikationsrate zu untersuchen. Eine Übersicht der Parameter findet sich im Anhang (Tabelle 4).

4 Ergebnisse

4.1 Patientenimmanente Parameter

Im betrachteten 5-Jahreszeitraum wurden durch das KAST bei 2575 Patienten insgesamt 5317 Sedierungen vorgenommen (Abbildung 1).

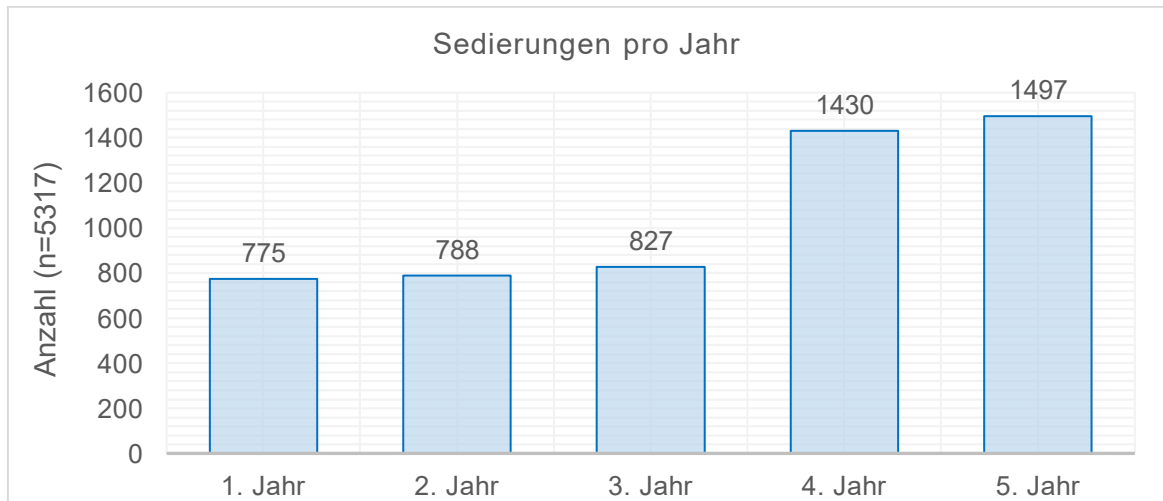


Abbildung 1: Sedierungen pro Durchführungsjahr (n=5317)

4.1.1 Alter

Das Alter der Patienten wurde in drei Altersgruppen unterteilt. Mit einem Anteil von 50% (2656; n=5317) waren die Mehrheit der Patienten Kleinkinder (Alter 1-6 Jahre). Ebenfalls einen großen Anteil nahmen die Patienten im Schulkindalter (Alter >6 Jahre) mit 39,6% (2108; n=5317) ein. Den geringsten Anteil wiesen mit 10,4% (553; n=5317) die Patienten im Säuglingsalter (Alter <12 Monate) auf (Abbildung 2). Im Median lag das Alter der Patienten bei 58 Monaten (4,8 Jahre). Das jüngste Kind war jünger als 1 Monat und der älteste Patient 358 Monate (29 Jahre) alt.

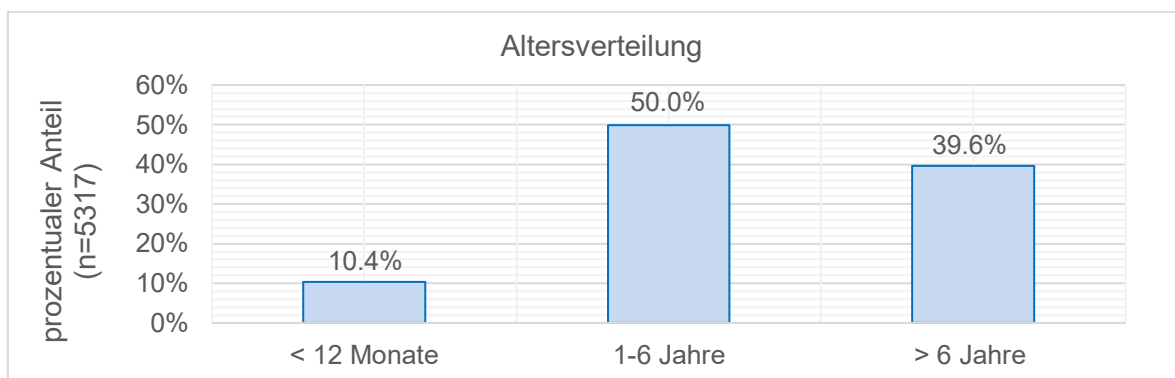


Abbildung 2: Altersverteilung im Gesamtkollektiv (n=5317)

4.1.2 Geschlecht

55,7% (2962, n=5317) der Patienten waren männlich und 44,3% (2355, n=5317) der Patienten weiblich.

4.1.3 Größe

Die mediane Größe der Patienten betrug 109 cm. Der größte Patient war 198 cm und der kleinste Patient 40 cm groß.

4.1.4 Gewicht

Der schwerste Patient wies ein Gewicht von 159 kg auf, während das leichteste Kind lediglich 1,2 kg wog. Im Median betrug das Gewicht 18 kg.

4.1.5 ASA-Klassifikation

In Abbildung 3 ist die Verteilung der ASA-Klassifikation im Gesamtkollektiv dargestellt.

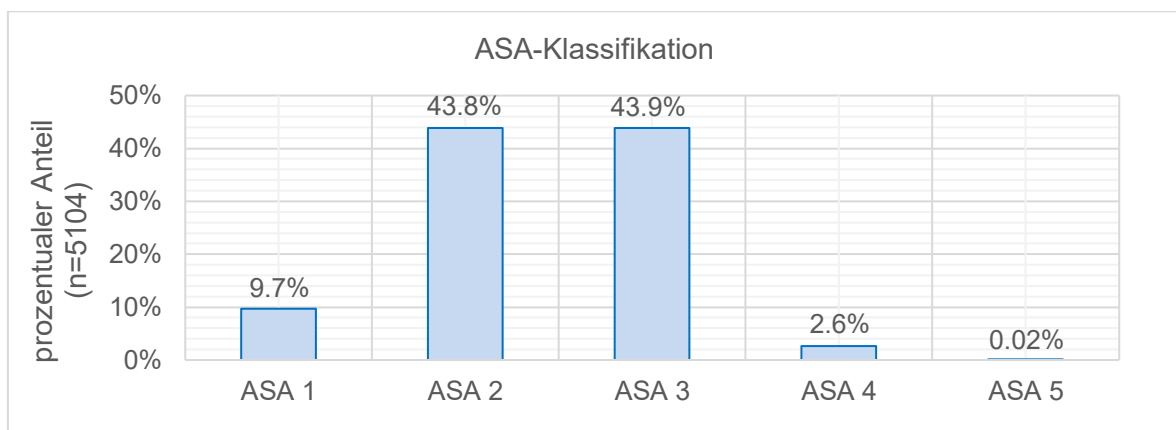


Abbildung 3: ASA-Klassifikation im Gesamtkollektiv (n=5104)

4.1.6 Hauptdiagnose

Die verschiedenen Kategorien der Hauptdiagnose und ihre Verteilung im Gesamtkollektiv sind in Abbildung 4 dargestellt. Am häufigsten mit einem Anteil von 46,8% (2487, n=5317) des Gesamtkollektivs erhielten Patienten mit einer hämatologischen Erkrankung eine Analgosedierung.

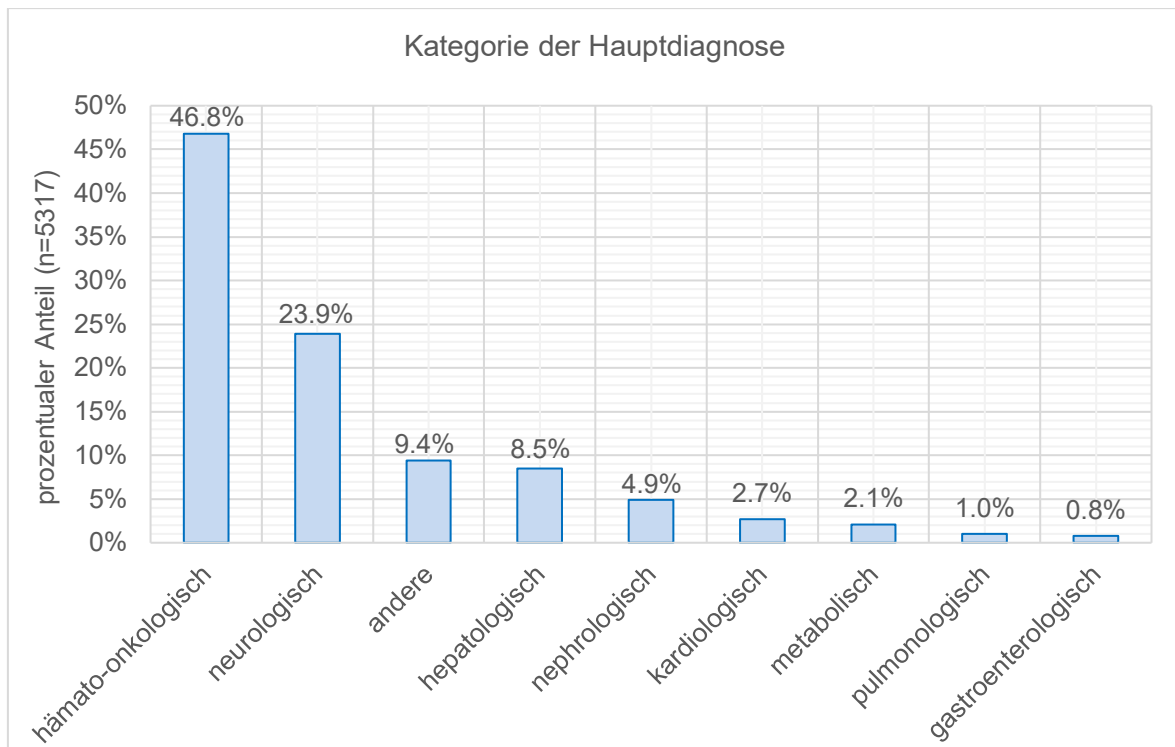


Abbildung 4: Hauptdiagnose im Gesamtkollektiv (n=5317)

Abbildung 5 zeigt die Entwicklung der Hauptdiagnosen über den 5-Jahreszeitraum. Die prozentualen Anteile einer hämato-onkologischen, einer hepatologischen oder einer nephrologischen Diagnose nahmen im Vergleich zum 1. Jahr des Bestehens des KAST ab, während die prozentualen Anteile der Sedierungen im Rahmen einer neurologischen oder anderen Erkrankung zunahmen. Im 1. Jahr wurden 53,2% (412; n=775) der Sedierungen aufgrund einer hämato-onkologischen Erkrankung durchgeführt, während es im 4. Jahr nur 43,2% (618; n=1431) und im 5. Jahr nur 41,2% (616; n=1496) waren. Einer hepatologische Hauptdiagnose wurden im 1. Jahr 11,9% (92; n=775), im 4. und 5. Jahr nur noch 6,6% (94; n=1431) und 7,4% (111; n=1496) zugeordnet. Bei den nephrologischen Erkrankungen fand ebenfalls eine Abnahme des prozentualen Anteils statt. Im 1. Jahr wiesen 7,0% (54; n=775) der Patienten eine nephrologische Diagnose auf, während es im 4. Jahr 3,8% (54, n=1431) und im 5. Jahr 3,1% (47; n=1496) waren. In der Kategorie der neurologischen Erkrankungen fand hingegen eine deutliche Zunahme statt. Im 1. Jahr betrug der Anteil von Sedierungen aufgrund einer neurologischen Diagnose 16,9% (131; n=775). Im 4. und 5. Jahr waren es 28,2% (403; n=1431) und 24,9% (373; n=1496).

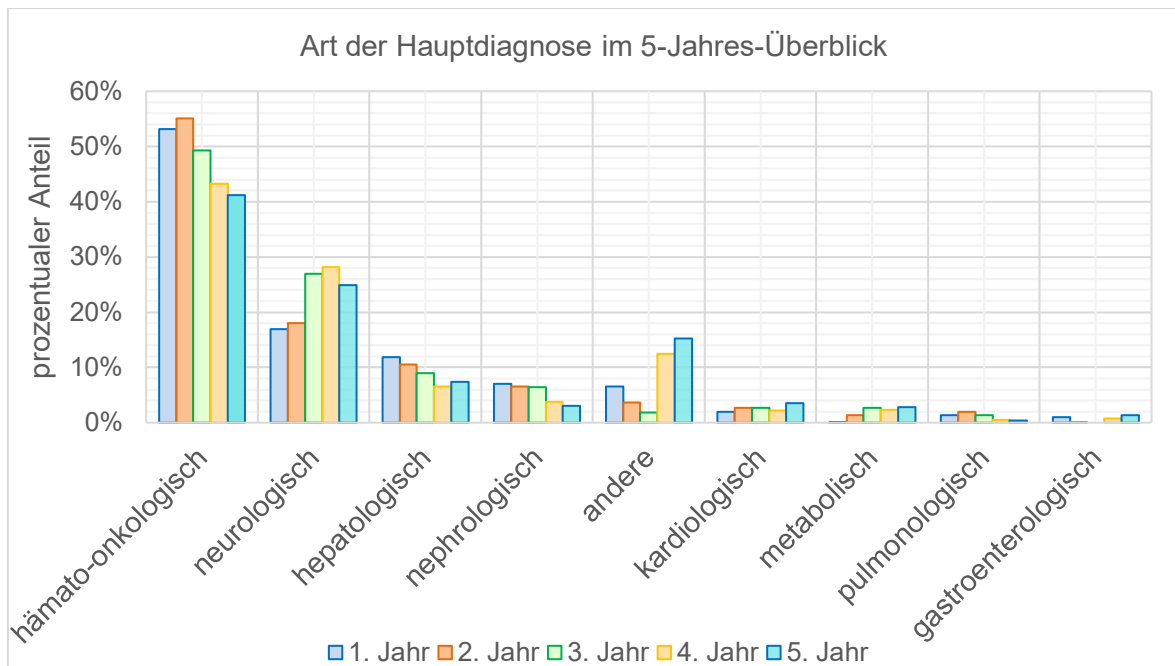


Abbildung 5: Entwicklung der Hauptdiagnosen im 5-Jahres-Überblick (1. Jahr: n=775; 2. Jahr: n=788; 3. Jahr: n=827; 4. Jahr: n=1431; 5. Jahr: n=1496)

4.1.7 Vorliegen einer syndromalen Erkrankung

Das Vorliegen einer syndromalen Erkrankung wurde erst bei der Datenerhebung der letzten 4 Jahren erfasst, sodass 775 Angaben des ersten Jahres fehlen. Der Anteil der Patienten mit syndromalen Erkrankungen lag bei 6,4% (292, n=4542).

4.1.8 Vorliegen einer Atemwegsinfektion

Bei der Mehrzahl (94,8%, 5041, n=5317) der Patienten lag zum Zeitpunkt der Analgosedierungen keine Atemwegsinfektion vor.

4.1.9 Vorherige Sedierung

52% (2767, n=5317) der Patienten hatten bereits zu einem früheren Zeitpunkt einmal eine Analgosedierung erhalten.

4.2 Eingriffsbezogene Parameter

4.2.1 Art des Eingriffs

Die Verteilung der verschiedenen Eingriffe im Gesamtkollektiv ist in Abbildung 6 dargestellt. Am häufigsten war eine Sedierung zur Durchführung eines MRTs nötig. Dies traf bei 44,9% (2386, n=5312) der Sedierungen zu. Ein weiterer großer Anteil der Patienten mit 26,5% (1409, n=5312) erhielt für eine Knochenmarkpunktion oder

eine Liquorpunktion eine Analgosedierung. Bei 6,7% (358, n=5312) der Patienten wurde eine Leberbiopsie vorgenommen. Bei einem geringen Anteil erfolgte eine ZVK-Anlage (3,6%, 191, n=5312), eine Nierenbiopsie (3,2%, 172, n=5312) oder ein CT (3,1%, 164, n=5312). Bei 2,1% (112, n=5312) der Sedierungen konnte der Eingriff keiner der übergeordneten Kategorien zugeordnet werden, sodass diese unter der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst wurden. Weitere Eingriffe, die nur zu einem geringen Anteil vorkamen, waren die MIBG-Szintigraphie (2,1%, 111, n=5312), die Endoskopie (2,1%, 109, n=5312), die Strahlentherapie (2,0%, 106, n=5312), die Nierenzintigraphie (1,3%, 70, n=5312), die Hirnstammaudiometrie (0,7%, 38, n=5312), die Bronchoskopie (0,5%, 28, n=5312) und die perkutane transhepatische Cholangiodrainage (PTCD) (0,5%, 26, n=5312). 0,6% (32, n=5312) der Szintigraphien konnten weder einer MIBG-Szintigraphie noch einer Nierenzintigraphie zugeordnet werden und wurden unter „Szintigraphie andere“ gesammelt.

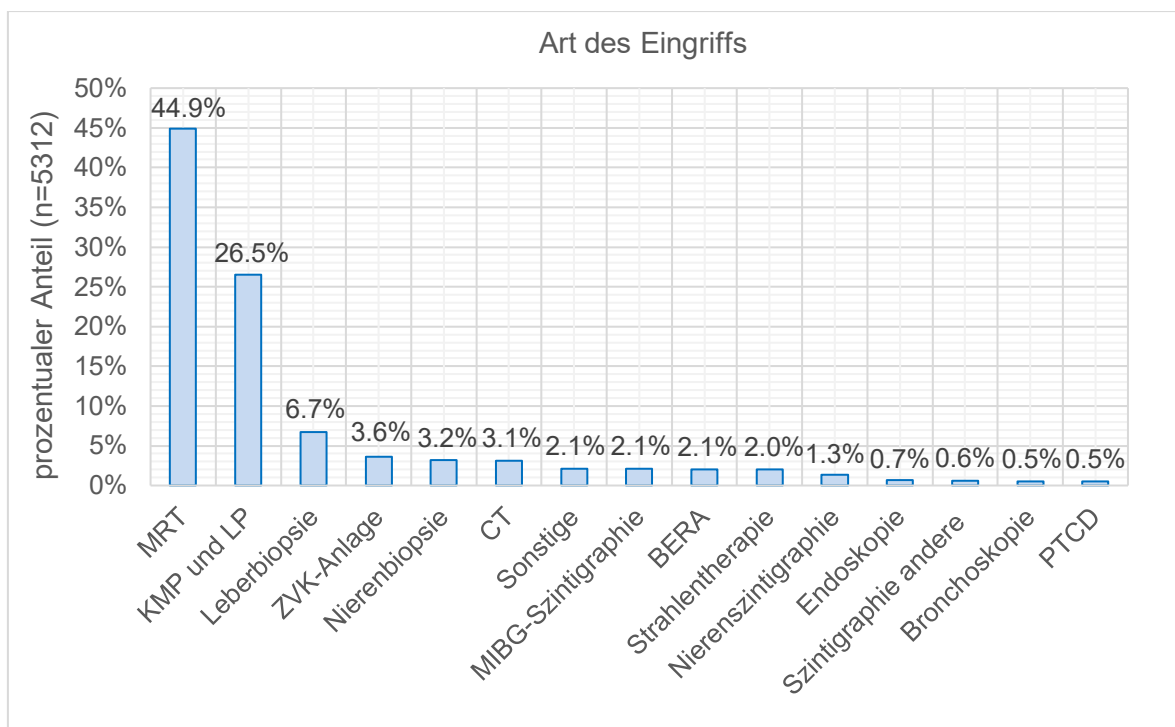


Abbildung 6: Eingriffsart im Gesamtkollektiv (n=5312)

Abbildung 7 zeigt einen Überblick über die Entwicklung der Eingriffsart über den Zeitraum der 5 Jahre. Die Entwicklung zeigte eine deutliche Zunahme des Anteils der MRTs, während bei schmerzhaften Eingriffen wie Knochenmark- und Liquorpunktion, Leber- und Nierenbiopsien eine prozentuale Abnahme verzeichnet wurde. Im 1. Jahr wurde bei 30,3% (235; n=775) der Sedierungen ein MRT durchgeführt, während es im 4. Jahr 53,0% (757; n=1428) und im 5. Jahr 49,7%

(743; n=1494) waren. Knochenmark- und Liquorpunktionen wurden im 1. Jahr bei 35,5% (275; n=775) der Sedierungen vorgenommen. Im 4. und 5. Jahr waren diese Eingriffe nur bei 25,3% (361; n=1428) und 21,6% (322; n=1494) der Sedierungen indiziert. Eine Leberbiopsie erfolgte im 1. Jahr bei 11,2% (87; n=775) der Sedierungen. Im 4. und 5. Jahr waren es nur noch 5,3% (76; n=1428) und 4,1% (62; n=1494). Auch der prozentuale Anteil der Nierenbiopsien war rückläufig. Im 1. Jahr waren es noch 4,9% (38; n=775) der Sedierungen, im 4. Jahr nur noch 2,2% (32; n=1428) und im 5. Jahr nur 2,3% (34; n=1494).

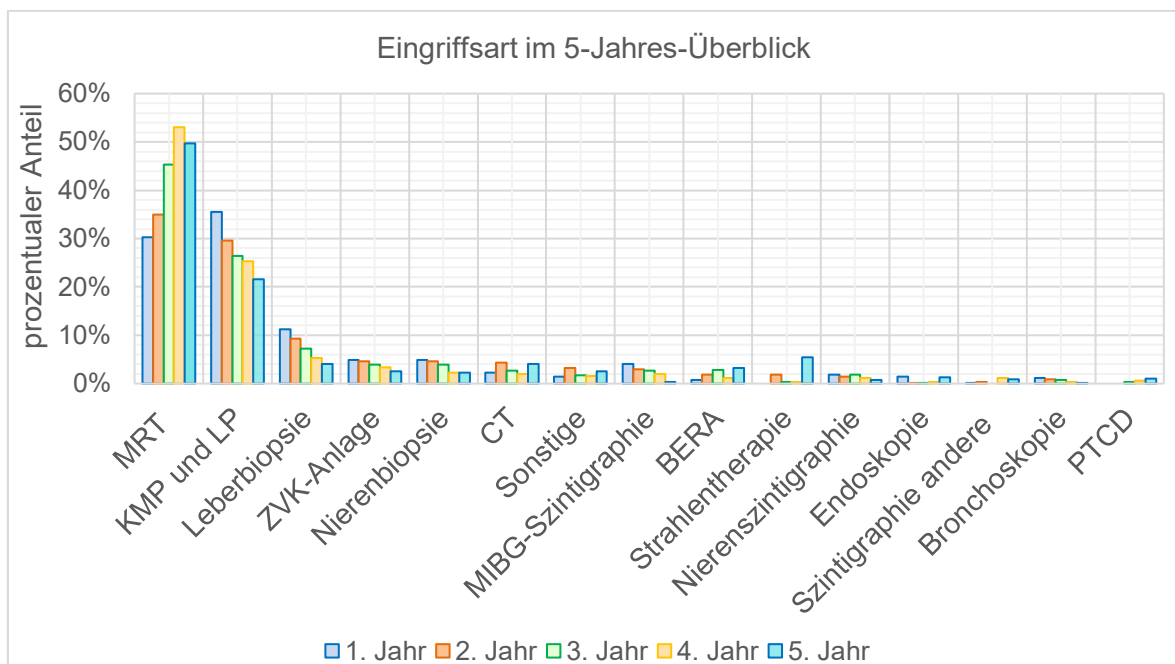


Abbildung 7: Eingriffsart im 5-Jahres-Überblick (1. Jahr: n=775; 2. Jahr: n=788; 3. Jahr: n=827; 4. Jahr: n=1428; 5. Jahr: n=1494)

Es erfolgte eine Einteilung in schmerzhafte und nicht schmerzhafte Eingriffe.

MRT, CT, MIBG-Szintigraphie, Strahlentherapie, Nierenzintigraphie, BERA, „Szintigraphie andere“ und ein Teil der „Sonstigen Eingriffe“ wurden als nicht schmerzhafte Eingriffe definiert. Knochenmarkpunktion, Liquorpunktion, Leberbiopsie, Anlage eines ZVKs, Nierenbiopsie, Endoskopie, Bronchoskopie, PTCD und ebenfalls ein Teil der Sonstigen Eingriffe wurden hingegen als schmerzhafte Eingriffe eingeordnet. Bei 55,5% der Sedierungen (2944, n=5304) handelt es sich um nicht-schmerzhafte Eingriffe und bei 44,5% (2360, n=5304) um schmerzhafte Eingriffe. Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der schmerzhaften und nicht schmerzhaften Eingriffe über den 5-Jahreszeitraum. Es wird deutlich, dass es über die Jahre eine Abnahme der schmerzhaften Eingriffe zu Gunsten der nicht-schmerzhaften Eingriffe gab.

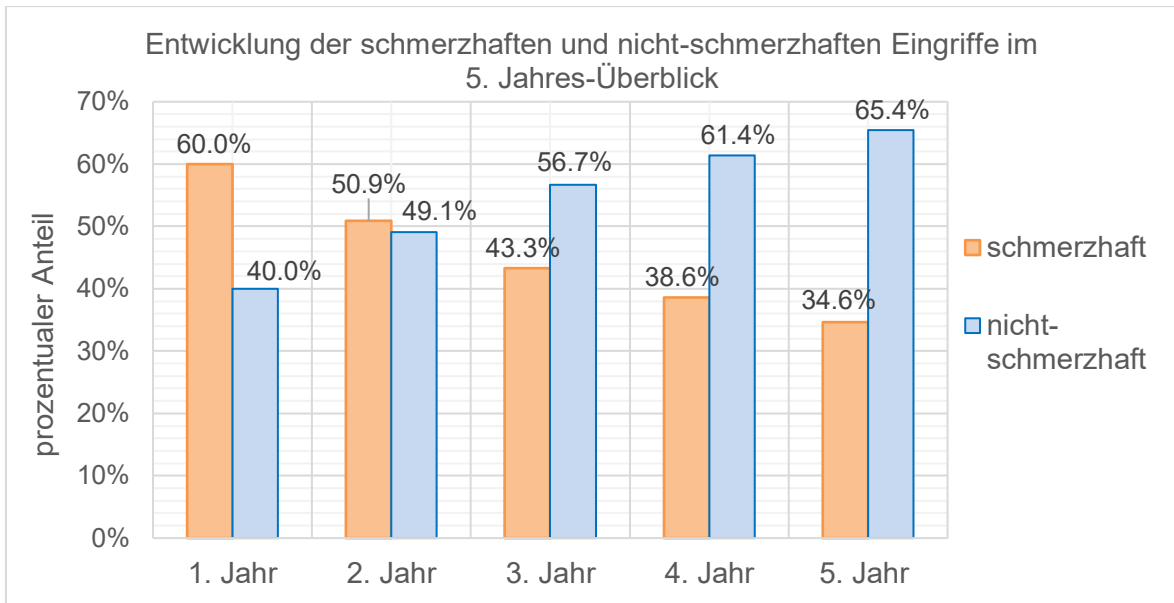


Abbildung 8: schmerzhaft und nicht-schmerzhaft Eingriffe im 5. Jahres-Überblick (1. Jahr: n=775; 2. Jahr: n=788; 3. Jahr: n=822; 4. Jahr: n=1429; 5. Jahr n=1490)

4.2.2 Dauer des Eingriffs

Die mediane Eingriffsdauer lag bei 30 Minuten. Die Dauer des längsten Eingriffs betrug 250 Minuten, während der kürzeste Eingriff nur 5 Minuten dauerte.

In Abbildung 9 erfolgte eine Einteilung der Eingriffsdauer in 5-Minuten-Schritten. Die Abbildung zeigt, dass sowohl sehr lange Eingriffe als auch kürzere Prozeduren durchgeführt wurden.

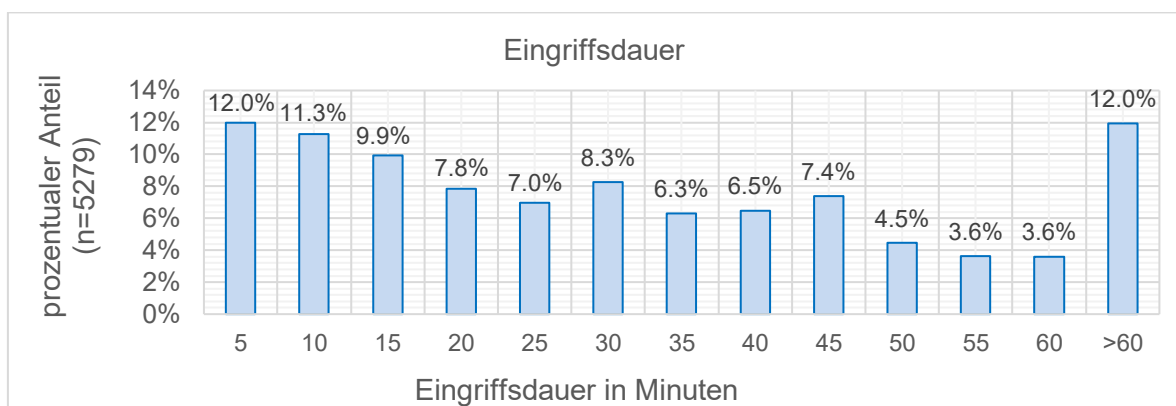


Abbildung 9: Eingriffsdauer im Gesamtkollektiv (n=5279)

4.3 Organisatorische Faktoren

4.3.1 Fachabteilung des sedierenden Arztes

Das KAST wurde über die 5 Jahre von 6 auf 16 ärztliche Mitarbeitende ausgeweitet. Die Sedierungen wurden entweder durch die Fachabteilung der Anästhesie, der Pädiatrie oder in Zusammenarbeit beider Abteilungen durchgeführt, sodass drei

Gruppen für die Fachabteilung des sedierenden Arztes definiert werden konnten. Mit 76,5% (4065, n=5316) wurde die Mehrheit der Sedierungen durch die Fachabteilung Anästhesie durchgeführt. 1218 Sedierungen (22,9%, n=5316) erfolgten durch die Fachabteilung Pädiatrie und nur eine geringe Anzahl von 33 (0,6%, n=5316) Sedierungen wurden durch beide Fachabteilungen gemeinsam durchgeführt (Abbildung 10).

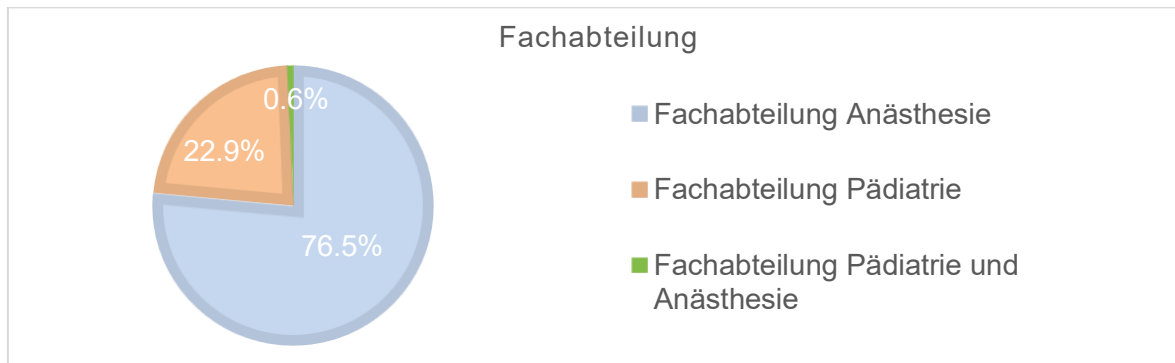


Abbildung 10: Fachabteilung im Gesamtkollektiv (n=5316)

4.3.2 Medikamente

4.3.2.1 Hypnotikum

Als Hypnotikum wurden Propofol, Midazolam oder Dexmedetomidin verwendet. Mit 95,5% (5043, n=5285) fand die Mehrzahl der Sedierungen unter Anwendung von Propofol statt. 3,3% der Sedierungen (177, n=5285) des Gesamtkollektivs wurden mit Midazolam durchgeführt. In 41 Fällen (0,8%, n=5285) wurden Propofol und Midazolam kombiniert appliziert. In 16 Fällen (0,3%, n=5285) kamen weder ein Hypnotikum noch ein anderes Medikament zum Einsatz oder die Sedierung erfolgte ausschließlich über das inhalative Medikament Sevofluran. In insgesamt 8 Fällen (0,2%, n=5285) wurde als Hypnotikum Dexmedetomidin verwendet, in zwei Fällen davon kombiniert mit Propofol und in einem Fall kombiniert mit Midazolam. In 91 (1,7%, n=5285) Fällen erfolgte zunächst eine inhalative Einleitung mit Sevofluran.

4.3.2.2 Analgetikum

Bei schmerzhaften Eingriffen erfolgte die Gabe eines Analgetikums. Als Analgetikum wurde dabei S-Ketamin oder Remifentanil eingesetzt. Bei 50,5% (2668, n=5285) der Sedierungen wurde ein Analgetikum verabreicht und bei 49,5% (2617, n=5285) wurde kein Analgetikum benötigt. Kam ein Analgetikum zum Einsatz, handelte es sich meistens um S-Ketamin. S-Ketamin wurde bei 49,2% aller

Sedierungen (2601, n=5285) verwendet. Remifentanil kam nur in 1,3% (68, n=5285) aller Sedierungen zum Einsatz. Bei einer Sedierung wurden S-Ketamin und Remifentanil gemeinsam verabreicht. Diese Kombination wurde in der untenstehenden Grafik (Abbildung 11) aufgrund der geringen Fallzahl nicht berücksichtigt.

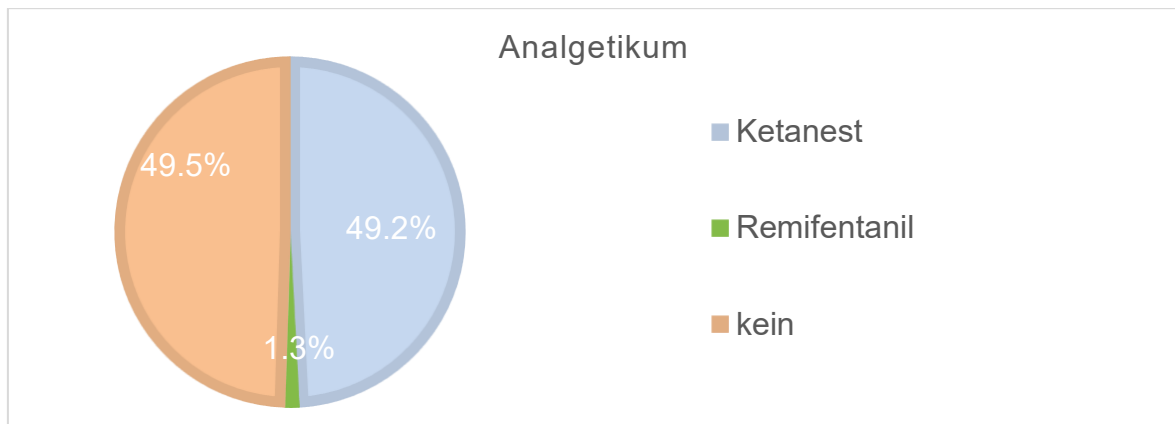


Abbildung 11: Analgetikum im Gesamtkollektiv (n=5285)

4.3.2.3 Kombination von Hypnotikum und Analgetikum

Bei 50,3% (2660, n=5285) der Sedierungen wurde zusätzlich zum Hypnotikum ein Analgetikum verabreicht. Bei 49,7% (2625, n=5285) der Sedierungen fand keine Kombination von Hypnotikum und Analgetikum statt. Mit 89,7% (2386, n=2660) war die Kombination von Propofol und S-Ketamin die häufigste Kombinationsmöglichkeit. Bezogen auf das Gesamtkollektiv wurden Propofol und S-Ketamin bei 45,1% (2386, n=5285) der Sedierungen gemeinsam verabreicht. Die gemeinsame Applikation von Midazolam und S-Ketamin erfolgte nur bei 6,2% (164, n=2660). Bezogen auf das Gesamtkollektiv entspricht dies 3,1% (164, n=5285). Propofol und Remifentanil wurden nur bei 65 (2,4%, 2660) Sedierungen zusammen appliziert. Dies ergibt einen Anteil von 1,2% (65, n=5285) am Gesamtkollektiv. Midazolam und Remifentanil wurden in keinem Fall miteinander kombiniert. Bei einer weiteren kleinen Gruppe von 32 (1,2%, 2660) Sedierungen wurden Propofol, Midazolam und S-Ketamin gemeinsam verabreicht. Dies entspricht 0,6% (32, n=5285) des Gesamtkollektivs. Weitere Kombinationsmöglichkeiten, welche nur Einzelfälle darstellten, sind in Abbildung 12 unter „andere Kombinationen“ zusammengefasst.

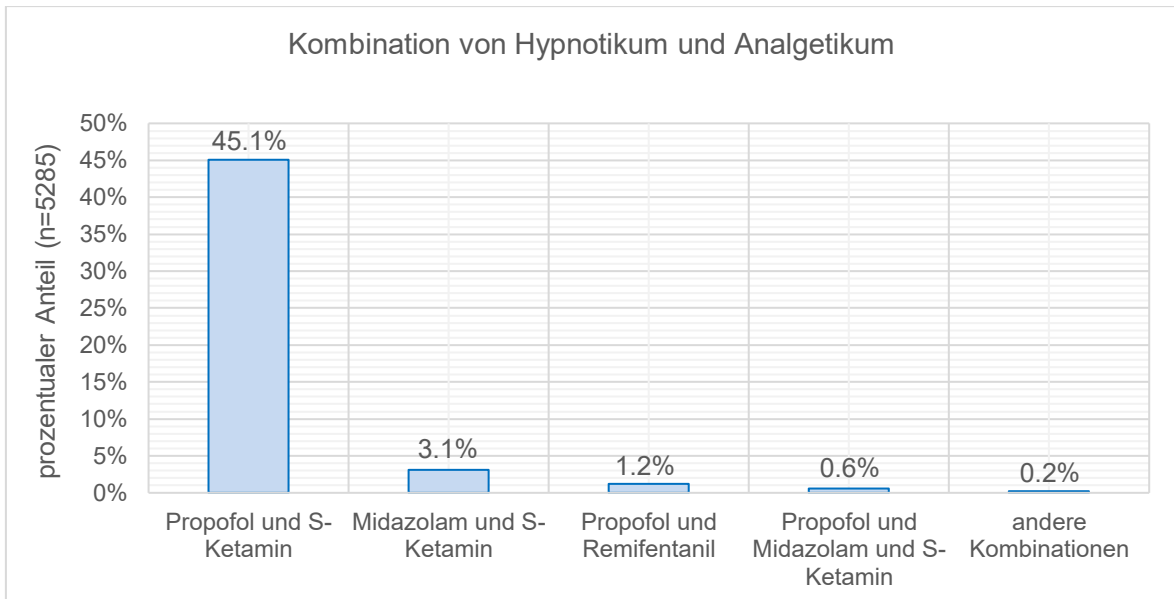


Abbildung 12: Kombination von Hypnotikum mit Analgetikum (n=5285)

4.3.2.4 Dosierung des Hypnotikums

4.3.2.4.1 Propofol

Die Dosierung von Propofol als Bolus wurde in Milligramm pro Kilogramm Körpergewicht (mg/kgKG) angegeben. Die mediane Dosis von Propofol bei Bolus-Gabe lag bei 2,5 mg/kgKG (Dosisbereich 0,06-45 mg/kgKG). Abbildung 13 zeigt die Dosierung von Propofol als Bolus. Bei 31,1% (1510, n=4861) der Sedierungen wurden Boli zwischen 2-3 mg/kgKG verabreicht, bei 27,5% (1335, n=4861) der Sedierungen Boli zwischen 1-2 mg/kgKG und bei 18,7% (907, n=4861) der Sedierungen Boli zwischen 3-4 mg/kgKG. Dosierungen über 5 mg/kgKG kamen weniger häufig vor.

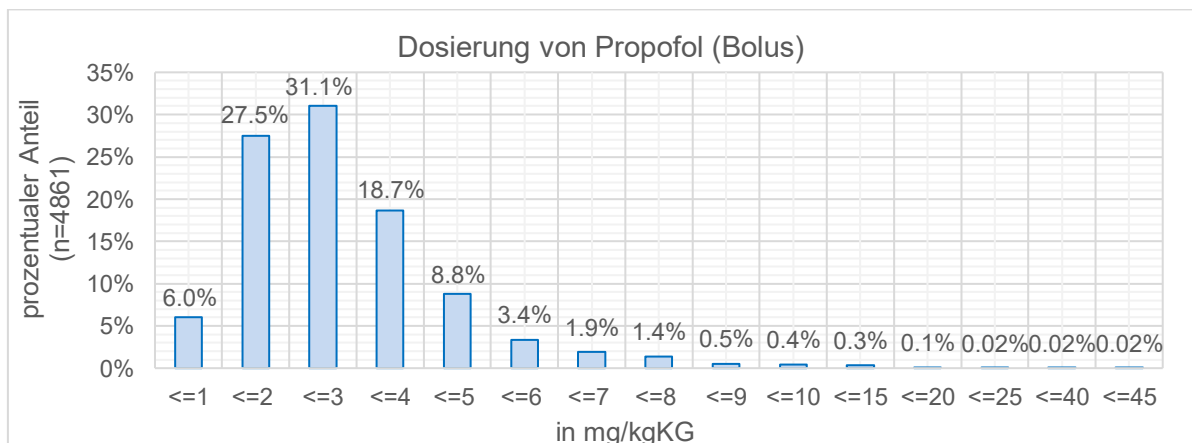


Abbildung 13: Dosierung von Propofol als Bolus (n=4861)

Erfolgte eine kontinuierliche Applikation von Propofol wurde die Laufrate in Milligramm pro Kilogramm pro Stunde (mg/kg/h) angegeben. Die mediane Laufrate von Propofol bei kontinuierlicher Applikation lag bei 10 mg/kg/h (Dosisbereich 1-32,5 mg/kg/h). Abbildung 14 zeigt die Häufigkeiten der applizierten Laufraten des Propofols. Am häufigsten wurde mit 31,0% (958, n=3087) eine Laufrate zwischen 10-12 mg/kg/h verabreicht. Ebenfalls häufig mit 27,1% (837, n=3087) war eine Laufrate zwischen 8-10 mg/kg/h. Eine Laufrate kleiner oder gleich 4 mg/kg/h oder größer 14 mg/kg/h wurde selten appliziert.

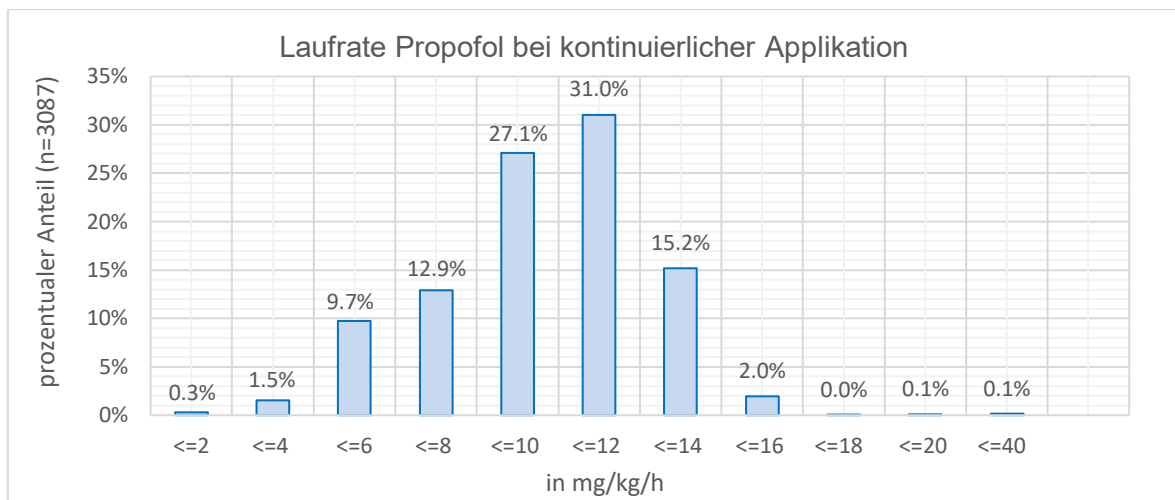


Abbildung 14: Laufrate von Propofol (n=3087)

Abbildung 15 zeigt die applizierten Laufraten von Propofol im 5-Jahres-Überblick. Die Abbildung verdeutlicht eine Tendenz zur Gabe von höheren Propofol-Laufraten im Laufe der 5 Jahre. Im 1. Jahr lag die Laufrate bei den meisten Sedierungen zwischen 4-6 mg/kg/h (43%; 151; n=351). Gleiches gilt für das 2. Jahr, in welchem bei 24,7% (98, n=396) der Sedierungen eine Laufrate zwischen 4-6 mg/kg/h verabreicht wurde. Im 3. Jahr lässt sich ein erster Anstieg der Propofol-Laufrate erkennen. Hier lag die Laufrate bei der Mehrheit der Sedierungen, bei 35,9% (165; n=459), zwischen 8-10 mg/kg/h. Für das 4. und 5. Jahr ist ein weiterer Anstieg zu verzeichnen. In diesen Jahren wurde bei der Mehrzahl der Sedierungen eine Laufrate zwischen 10-12 mg/kg/h appliziert. Für das 4. Jahr war dies bei 42,7% (383; n=896) der Sedierungen und für das 5. Jahr bei 39,6% (392; n=990) der Sedierungen der Fall.

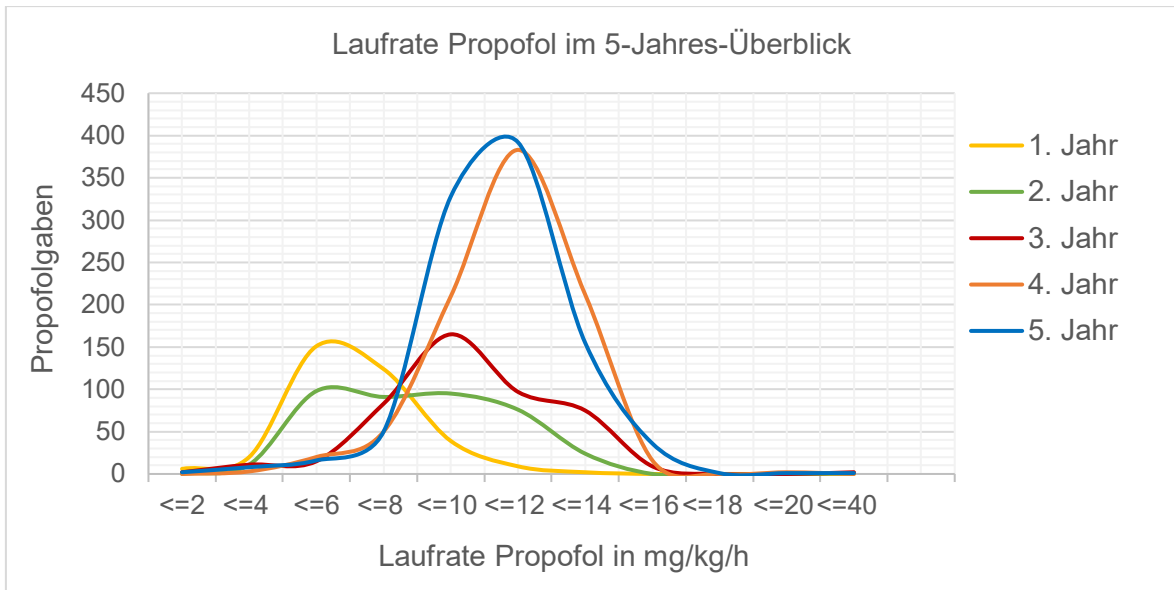


Abbildung 15: Laufrate von Propofol im 5-Jahres-Überblick

4.3.2.4.2 Midazolam

Midazolam wurde nur als Bolus verabreicht. Die Dosierung wurde ebenfalls in mg/kgKG angegeben. Die mediane Dosis von Midazolam lag bei 0,1 mg/kgKG (Dosisbereich 0,01-3,08 mg/kgKG). Bei der Mehrzahl der Sedierungen wurde eine Dosis zwischen 0,05-0,2 mg/kgKG gewählt (Abbildung 16).

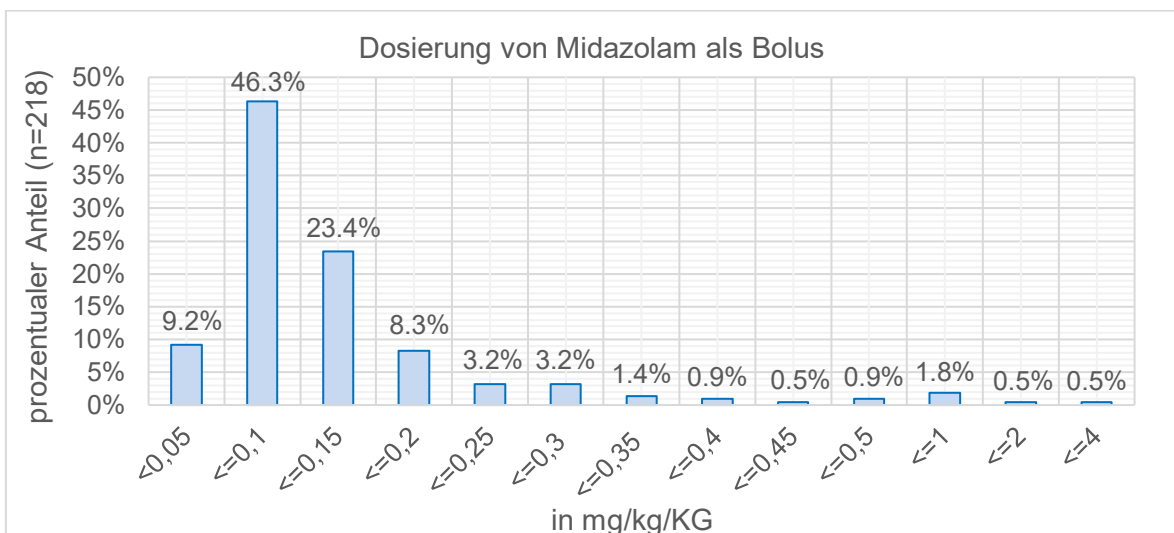


Abbildung 16: Dosierung von Midazolam als Bolus (n=218)

4.3.2.4.3 Dexmedetomidin

Die Dosierung von Dexmedetomidin wurde bei Bolus-Gabe in Mikrogramm pro Kilogramm Körpergewicht ($\mu\text{g}/\text{kgKG}$) und bei kontinuierlicher Applikation als Laufrate in Mikrogramm pro Kilogramm pro Stunde ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{h}$) angegeben. Der

mediane Wert der Bolus-Dosierung lag bei 1,43 µg/kgKG (Dosisbereich 0,13-12,33 µg/kgKG). Wurde Dexmedetomidin als Bolus appliziert, erfolgte mit 37,5% (3, n=8) am häufigsten eine Dosierung zwischen 1-2 µg/kgKG und mit 25 % (2, n=8) eine Dosierung kleiner gleich 1 µg/kgKG. Wurde Dexmedetomidin kontinuierlich verabreicht, lag die mediane Dosis bei 2 µg/kg/h (Dosisbereich 0-2 µg/kg/h).

4.3.2.5 Dosierung des Analgetikums

4.3.2.5.1 S-Ketamin

Die Gabe von S-Ketamin erfolgte ebenfalls entweder als Bolus-Gabe oder unter kontinuierlicher Applikation. Bei einer Bolus-Applikation wurde die Dosierung in mg/kgKG angegeben. Die mediane Dosis bei Bolus-Gabe lag bei 0,58 mg/kgKG (Dosisbereich 0,03-8 mg/kgKG). Mit 42,6% (1102, n=2588) und 40,1% (1039, n=2588) wurden bei der Mehrheit der Sedierungen Dosierungen zwischen 0,5-1 mg/kgKG und kleiner gleich 0,5 mg/kgKG gewählt. 11,4% (294, n=2588) wiesen eine Dosierung zwischen 1-1,5 mg/kgKG auf. Eine kontinuierliche Applikation von S-Ketamin erfolgte lediglich bei 6 Sedierungen und wurde in mg/kg/h angegeben. Hier lag die mediane Dosis bei 4 mg/kg/h (Dosisbereich 0,5-9 mg/kg/h).

4.3.2.5.2 Remifentanyl

Die Gabe von Remifentanyl erfolgte ausschließlich als kontinuierliche Applikation und wurde in µg/kg/min angegeben. Die mediane Dosis von Remifentanyl bei kontinuierlicher Applikation lag bei 0,15 µg/kg/min (Dosisbereich 0,03-0,4 µg/kg/min). Bei 54,4% (37, n=68) der Sedierungen wurde Remifentanyl mit einer Laufrate zwischen 0,1-0,2 µg/kg/min verabreicht und bei 41,2% (28, n=68) der Sedierungen war die Laufrate kleiner gleich 0,1 µg/kg/min.

4.3.3 Vorhandensein eines intravenösen Zugangs

Bei der Mehrheit der Sedierungen wurde ein intravenöser Zugang bereits vor der Sedierung gelegt. Dies war bei 92,9% (4934, n=5312) der Sedierungen der Fall. Bei 7,1% (378, n=5312) der Sedierungen musste der intravenöse Zugang direkt vor Beginn der Sedierung durch das KAST gelegt werden.

4.4 Komplikationen

4.4.1 Komplikation im Gesamtkollektiv

Mit 96,3% (5115; n=5314) verliefen die Mehrzahl der Sedierungen ohne Auftreten einer Komplikation. In 3,7% (199; n=5314) der Sedierungen trat eine Komplikation auf. Bei 2,7% (145; n=5314) der Sedierungen handelte es sich dabei um eine respiratorische Komplikation. Bei 0,9% (46; n=5314) der Patienten wurde eine andere Komplikation beobachtet und bei nur 0,2% (8; n=5314) trat eine hämodynamische Komplikation auf (Abbildung 17).

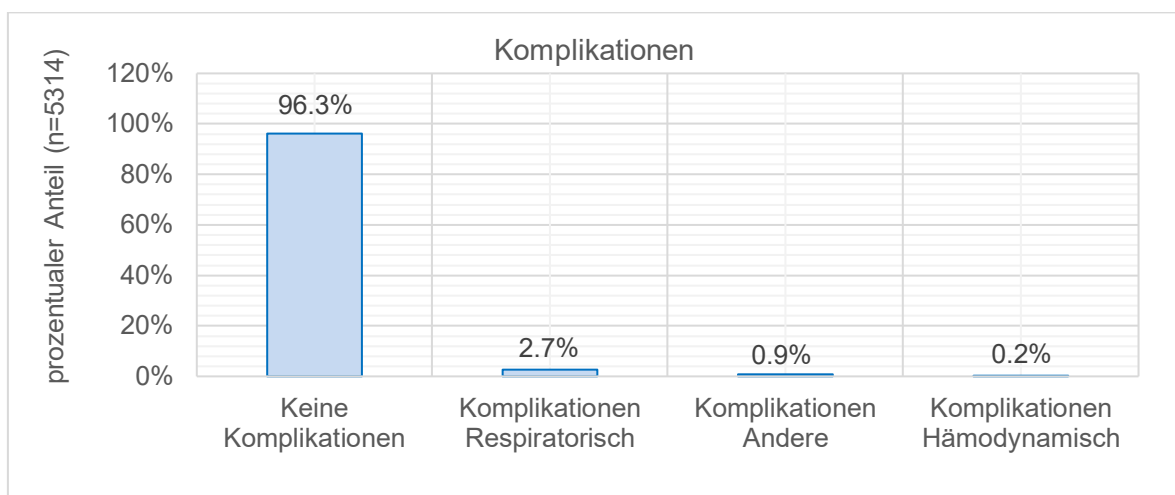


Abbildung 17: Komplikationen im Gesamtkollektiv (n=5314)

4.4.2 Entwicklung der Komplikationsrate im 5-Jahres-Überblick

Im Vergleich zum 1. Durchführungsjahr des KAST, kam es im 4. und 5. Jahr zu einer signifikanten Abnahme der Komplikationen. Während das 1. Jahr eine Komplikationsrate von 6,5% (50, n=775) aufwies, lag die Komplikationsrate für das 4. und 5. Jahr bei 1,5% (22; n=1430) und 2,3% (35; n=1496). Die binär logistische Regressionsanalyse mit den Komplikationen als binär codierte abhängige Variable und dem Durchführungsjahr als unabhängige Variable ergab, dass dieser Effekt signifikant ist. Zwischen dem 1. und dem 4. Jahr konnte ein Odds Ratio von 0,227 bei einem Signifikanzniveau von $p=0,001$ berechnet werden. Dies bedeutet, dass die Chance eine Komplikation zu erleiden im 1. Jahr um den Faktor 4,4 höher war als für das 4. Jahr. Zwischen dem 1. und 5. Jahr konnte ebenfalls eine Abnahme der Komplikationen verzeichnet werden. Hier wurde ein Odds Ratio von 0,347 bei einem Signifikanzniveau von ebenfalls $p=0,001$ berechnet. Dies bedeutet, dass die Chance eine Komplikation zu erleiden im 1. Jahr um den Faktor 2,88 höher war als

für das 5. Jahr. Auch das 2. Jahr verzeichnet eine Abnahme der Komplikationen im Vergleich zum 1. Jahr. Hier lag die Komplikationsrate bei 4,7% (37; n=787). Dieser Effekt ist jedoch nicht signifikant ($p=0,133$). Im 3. Jahr wurde hingegen ein Anstieg der Komplikationen im Vergleich zum 1. Jahr beobachtet. Im 3. Jahr lag die Komplikationsrate bei 6,7% (55; n=826). Auch hier ist der Effekt nicht signifikant ($p=0,867$). Die Entwicklung der Komplikationsrate über den 5-Jahreszeitraum ist in den Abbildungen 18 und 19 veranschaulicht.

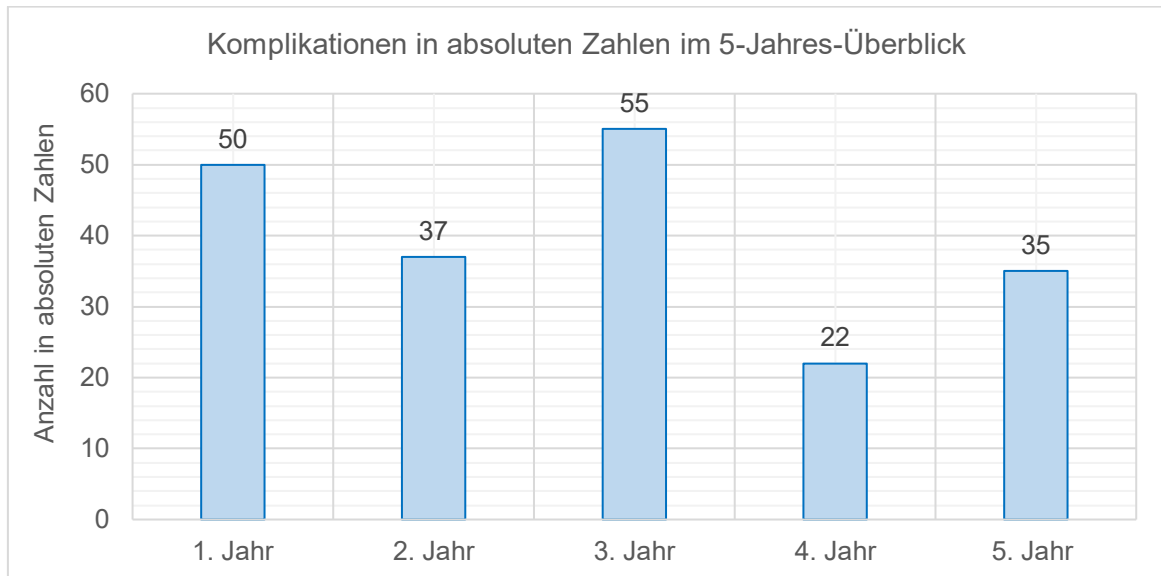


Abbildung 18: Komplikationen im 5. Jahres-Überblick in absoluten Zahlen (1. Jahr: $n=775$; 2. Jahr: $n=787$; 3. Jahr: $n=826$; 4. Jahr: $n=1430$; 5. Jahr: $n=1496$)

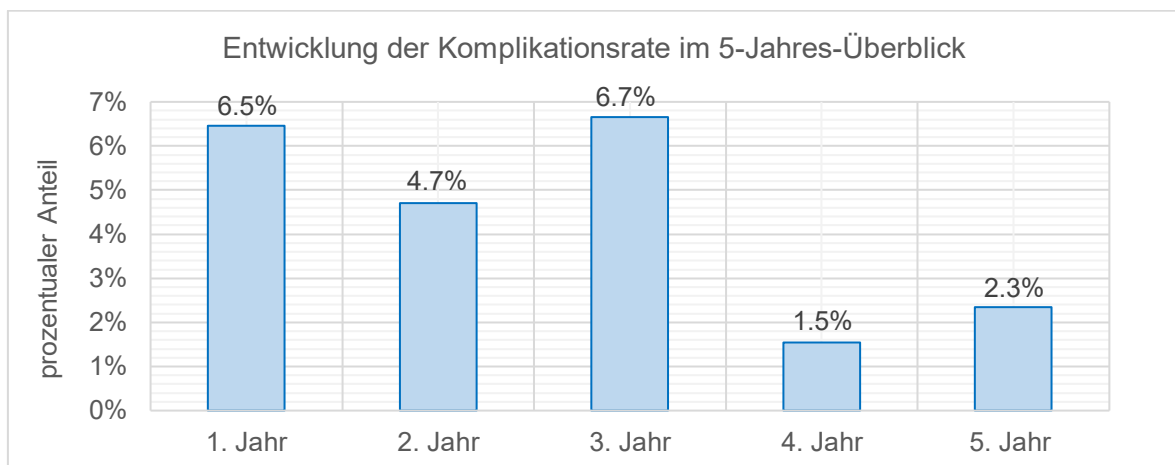


Abbildung 19: Entwicklung der Komplikationsrate im 5. Jahres-Überblick (1. Jahr: $n=775$; 2. Jahr: $n=787$; 3. Jahr: $n=826$; 4. Jahr: $n=1430$; 5. Jahr: $n=1496$)

4.4.3 Art der Komplikation

72,9% (145, n=199) der Komplikationen lag eine respiratorische Ursache zu Grunde. Bei 4,0% (8, n=199) handelte es sich um hämodynamische Komplikationen. 23,1% (46, n=199) der Komplikationen konnten weder einer respiratorischen noch einer hämodynamischen Komplikation zugeordnet werden und wurden unter „andere Komplikation“ zusammengefasst.

Abbildung 20 zeigt einen Überblick über die Verteilung der Komplikationsart für die einzelnen Jahre. Bei den respiratorischen und den anderen Komplikationen kann im Laufe der Jahre eine Abnahme verzeichnet werden, während sich die hämodynamischen Komplikationen auf einem gering variierenden niedrigen Niveau bewegen.

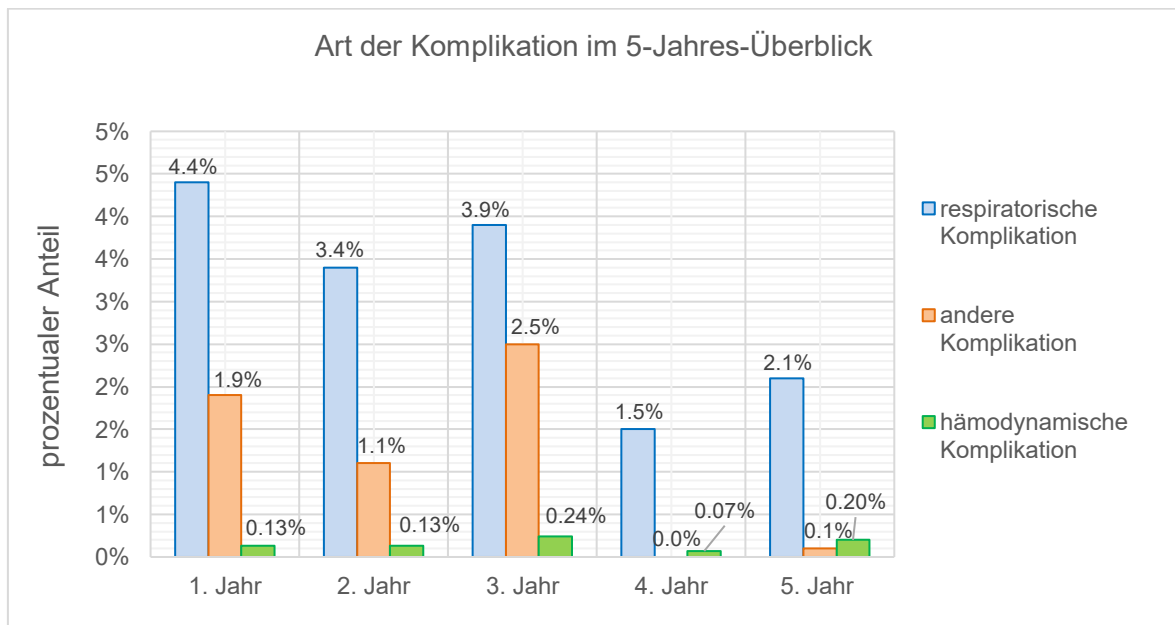


Abbildung 20: Art der Komplikation im 5. Jahres-Überblick (1. Jahr: n=775; 2. Jahr: n=787; 3. Jahr: n=826; 4. Jahr: n=1430; 5. Jahr: n=1496)

4.4.3.1 Respiratorische Komplikationen

Die häufigsten respiratorischen Komplikationen waren Sättigungsabfälle, Apnoen und Atemwegsobstruktionen. Insgesamt trat bei 33 (22,8%, n=145) Sedierungen ein Sättigungsabfall auf, bei 27 (18,6%, n=145) Sedierungen eine Apnoe und bei 26 (17,9%, n=145) Sedierungen eine Atemwegsobstruktion. Bei 18 (12,4%, n=145) Sedierungen wurden Sekretproduktion und bei 13 (9,0%, n=145) Sedierungen Husten als Komplikationen identifiziert. Bei 9 (6,2%, n=145) Sedierungen handelte es sich um respiratorische Komplikationen, die nicht genau zugeordnet werden

konnten und über den Freitext beschrieben wurden. Ebenfalls bei 9 (6,2%, n=145) Sedierungen entwickelte sich eine Hypersalivation. Bei 3 (2,1%, n=145) Sedierungen kam es zu einem Laryngospasmus und bei jeweils 2 (1,4%, 145) Sedierungen zu einem Bronchospasmus, einem respiratorisch bedingten Herz-Kreislauf-Stillstand und einem Stridor. Bei einer Sedierung (0,7%, n=145) entwickelte sich eine Thoraxrigidität (Abbildung 21).

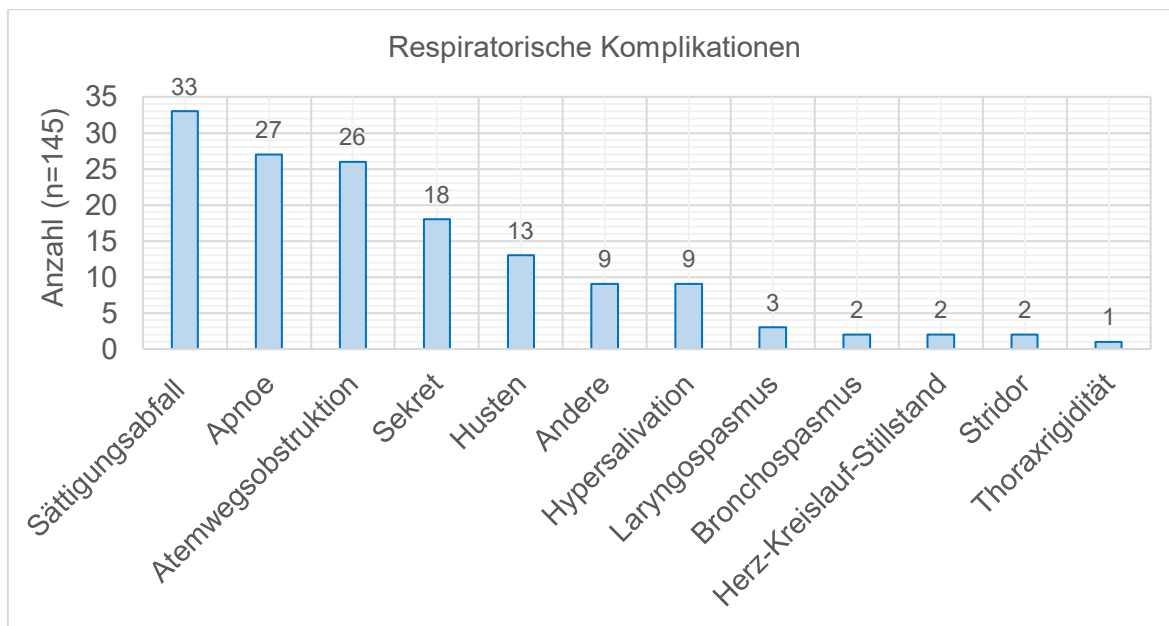


Abbildung 21: Ursachen für respiratorische Komplikationen (n=145)

4.4.3.2 Hämodynamische Komplikationen

Bei 4 Sedierungen (50,0%, n=8) mit einer hämodynamischen Komplikation handelte es sich um eine Bradykardie. Bei 2 Patienten (25,0%, n=8) traten während der Sedierung Herzrhythmusstörungen auf und bei jeweils einem Patienten (12,5%, n=8) kam es zu einer Hyper- oder einer Hypotension.

4.4.3.3 Andere Komplikationen

Mit 47,8% (22, n=46) stellen die Komplikationen mit dem intravenösen Zugang die größte Gruppe der anderen Komplikationen dar. Bei 10 Patienten (21,7%, n=46) mit anderen Komplikationen kam es zu störenden Bewegungen während der Sedierung und bei 3 Patienten (6,5%, n=46) wurde die Sedierungstiefe als nicht adäquat bewertet. Ebenfalls bei 3 Patienten (6,5%, n=46) entwickelte sich eine Agitation. Bei 2 Patienten (4,3%, n=46) trat eine allergische Reaktion auf. Ein Patient (2,2%, n=46) bekam einen Ausschlag, ein weiterer Patient (2,2%, n=46) zeigte eine paradoxe Reaktion auf die Sedierungsmedikamente. Bei einem Patienten (2,2%, n=46) kam

es zu einer zu tiefen Sedierung. In einem Fall (2,2%, n=46) wurde keine genaue Angabe zur Komplikation gemacht und in 2 weiteren Fällen (4,3%, n=46) konnte ebenfalls in der Gruppe der anderen Komplikationen keine genaue Zuordnung erfolgen (Abbildung 22).

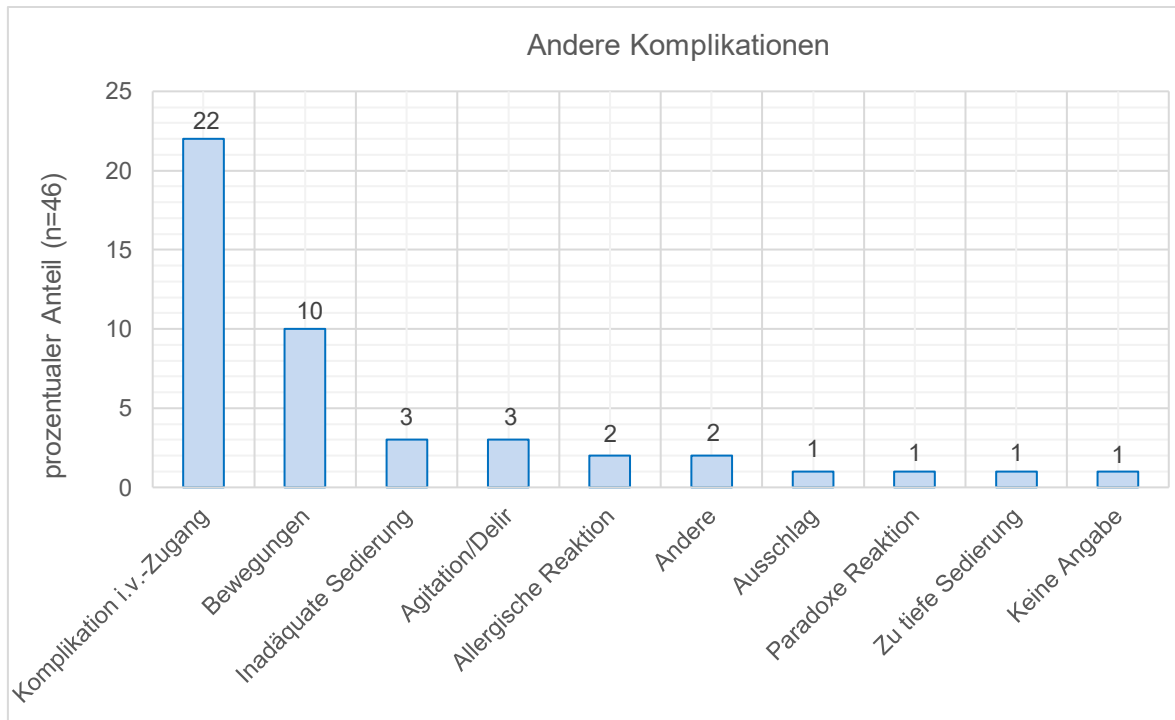


Abbildung 22: Ursachen für andere Komplikationen (n=46)

4.4.3.4 Schwerwiegende und nicht schwerwiegende Komplikationen

Als schwerwiegende Komplikationen wurden Aspiration, Herz-Kreislaufstillstand, Hypotension, Laryngospasmus, Sättigungsabfälle <90%, Thoraxrigidität, eine ungeplante Intubation oder Versorgung des Patienten mit einer Larynxmaske oder das Eintreten des Todes definiert. Bei insgesamt 45 Sedierungen traten Komplikationen (22,6%, n=199) auf, die als schwerwiegend bewertet wurden. Bezogen auf das Gesamtkollektiv entspricht dies einem Anteil von 0,85% (45, n=5314). Die häufigste schwerwiegende Komplikation war bei 33 Sedierungen die Gruppe der Sättigungsabfälle. Bei jeweils 3 der Patienten, die einen Sättigungsabfall erlitten, musste intubiert oder eine Larynxmaske platziert werden. Bei 3 Patienten trat ein Laryngospasmus auf. Bei insgesamt 2 Sedierungen kam es zu einem Herz-Kreislaufstillstand, wobei bei einem dieser Fälle zusätzlich intubiert werden musste. In jeweils einem Fall litt ein Patient unter einer Hypotension oder einer Thoraxrigidität. Zusätzlich zu den bereits oben genannten Intubationen und Anwendungen der Larynxmaske, musste noch in 2 weiteren Fällen intubiert und bei

3 Sedierungen eine Larynxmaske platziert werden. Aspirationen und Todesfälle traten bei keiner Sedierung auf.

Abbildung 23 gibt einen Überblick über die Entwicklung der schwerwiegenden und nicht-schwerwiegenden Komplikationen im Laufe der 5 Jahre. Die Abbildung verdeutlicht, dass eine Abnahme der Komplikationen besonders in der Gruppe der nicht-schwerwiegenden Komplikationen stattgefunden hat. Während im 1. Jahr bei 5,3% (41; n=775) der Sedierungen nicht schwerwiegende Komplikationen beobachtet werden konnten, waren es im 4. Jahr nur noch 1% (14; n=1430) und im 5. Jahr nur 1,4% (21; n=1496). Die schwerwiegenden Komplikationen bewegen sich auf einem gering variierenden niedrigen Niveau.

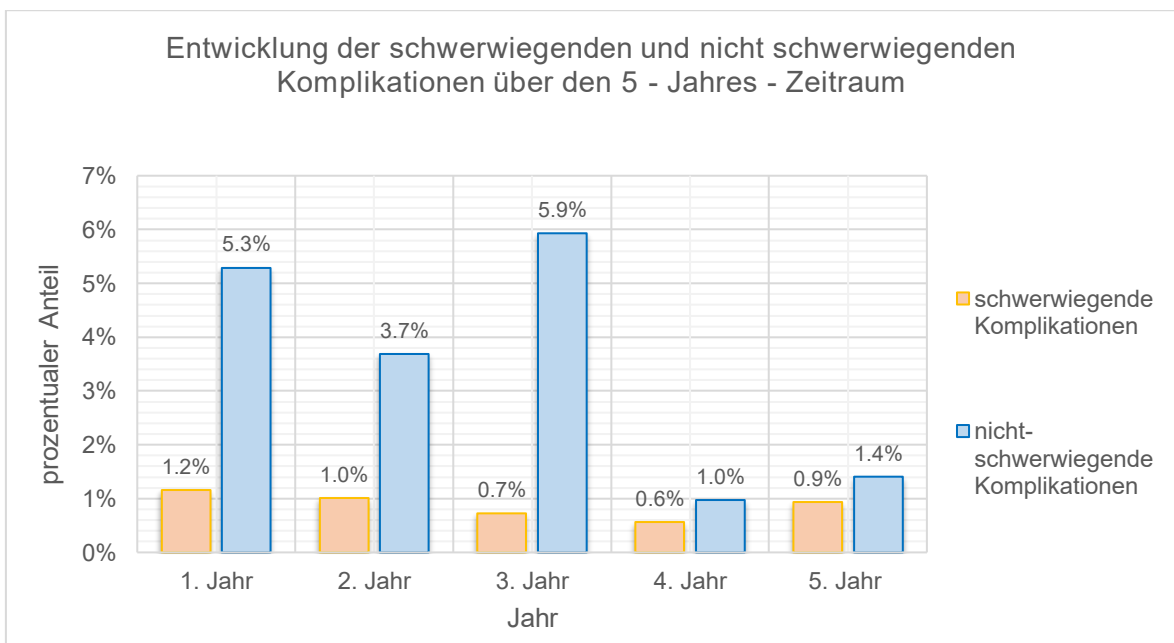


Abbildung 22: Entwicklung der schwerwiegenden und nicht schwerwiegenden Komplikationen im 5. Jahres-Überblick (1. Jahr: n=775; 2. Jahr: n=787; 3. Jahr: n=826; 4. Jahr: n=1430; 5. Jahr: n=1496)

4.4.4 Interventionen

Bezogen auf das Gesamtkollektiv war bei 3,8% der Sedierungen (203, n=5111) eine Intervention erforderlich. Bei 160 Sedierungen (78,8%, n=203) erfolgte eine Intervention bei Vorliegen einer Komplikation. Im Hinblick auf das Gesamtkollektiv war somit in 3% aller Sedierungen (160, n=5111) eine Intervention erforderlich, da eine Komplikation auftrat. Bei 43 (21,2%, n=203) Sedierungen wurde eine Intervention durchgeführt, ohne dass eine Komplikation vorlag. Lag eine Komplikation vor, so erfolgte in 81,3% (130, n=160) eine Intervention aufgrund einer respiratorischen Komplikation, in 15% (24, n=160) aufgrund einer anderen Komplikation und in 3,8% (6, n=160) aufgrund einer hämodynamischen

Komplikation. Bei 130 (89,7%, n=145) respiratorischen Komplikationen war eine Intervention erforderlich. In 15 Fällen (10,3%, n=145) wurde trotz respiratorischer Komplikation keine Intervention durchgeführt. Bei 24 anderen Komplikationen (52,2%, n=46) erfolgte eine Intervention, ebenso bei 6 hämodynamischen Komplikationen (75%, n=8).

4.4.4.1 Art der Intervention

Insgesamt erfolgten 269 Interventionen. Dabei mussten teilweise mehrere Interventionen während einer Sedierung durchgeführt werden. Die Höchstzahl waren 6 Interventionen während einer Sedierung.

4.4.4.2 Interventionen bei respiratorischen Komplikationen

Insgesamt erfolgten 186 Interventionen (83,0%, n=224) aufgrund einer respiratorischen Komplikation. Die häufigste Intervention mit 39 Durchführungen (21,0%, n=186) war dabei die Maskenbeatmung. Bei 37 Sedierungen (19,9%, n=186) kam ein Wendl-Tubus zum Einsatz. 24-mal (12,9%, n=186) musste abgesaugt werden. Bei 17 Sedierungen (9,1%, n=186) mussten mit Hilfe des Esmarch-Handgriffes die Atemwege freigehalten werden. Bei weiteren 17 Sedierungen (9,1%, n=186) erfolgte eine Atropin-Gabe (Abbildung 24).

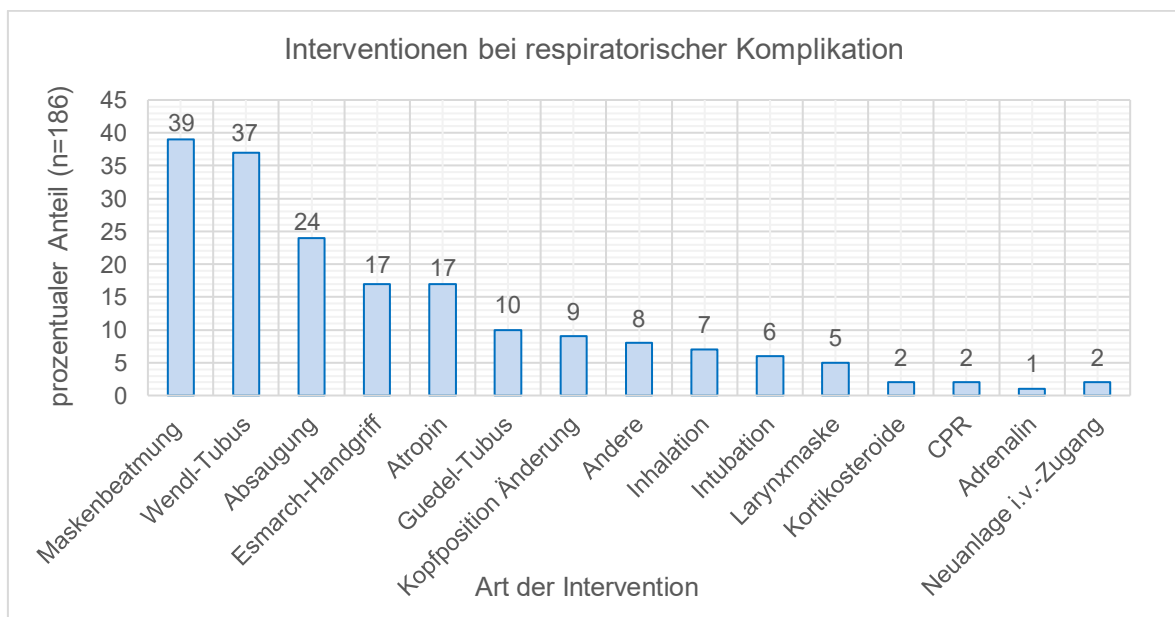


Abbildung 23: Interventionen bei respiratorischer Komplikation (n=186)

4.4.4.3 Interventionen bei hämodynamischen Komplikationen

Insgesamt erfolgten 8 (3,6%, n=224) Interventionen aufgrund einer hämodynamischen Komplikation. Bei 4 Sedierungen (50%, n=8) wurde Atropin verabreicht und bei 2 Sedierungen (25%, n=8) Adrenalin. In einem Fall (12,5%, n=8) erfolgte die Gabe von Noradrenalin und ebenfalls in einem Fall (12,5%, n=8) erfolgte eine Nitroprussidnatrium-Infusion bei arterieller Hypertonie im Rahmen eines Neuroblastoms.

4.4.4.4 Interventionen bei anderen Komplikationen

Bei insgesamt 30 Sedierungen (13,4%, n=224) musste eine Intervention aufgrund einer „anderen“ Komplikation durchgeführt werden. Am häufigsten mit 17 Fällen (56,7%, n=30) musste ein intravenöser Zugang erneut angelegt werden. In 5 Fällen (16,7%, n=30) wurde die Sedierung inhalativ eingeleitet. Bei einer geringen Fallzahl mussten Atropin (2, 6,7%, n=30), ein Kortikosteroid (2, 6,7%, n=30) oder ein Antihistaminikum (1, 3,3%, n=30) aufgrund einer „anderen“ Komplikation verabreicht werden. In weiteren Einzelfällen erfolgte die Anwendung eines Wendl-Tubus (1, 3,3%, n=30) oder eines Guedel-Tubus (1, 3,3%, n=30). In einem Fall (3,3%, n=30) war der Einsatz einer Larynxmaske notwendig.

4.4.5 Unterbrechung und Abbruch des Eingriffs

In 98,9% (5258, n=5315) der Sedierungen war keine Unterbrechung der Prozedur notwendig, während in 1,1% (57, n=5315) der Sedierungen aufgrund einer Komplikation eine Unterbrechung erfolgte. In nur 0,3% (15, n=5315) der Sedierungen musste die Prozedur aufgrund einer Komplikation abgebrochen werden.

4.4.6 Risikofaktoren für Komplikationen

Zur Identifizierung von Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen bei der Analgosedierung von Kindern wurde eine binär logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Dabei wurde das Auftreten einer Komplikation als abhängige Variable definiert.

4.4.6.1 Binär logistische Regressionsanalyse - Gesamtmodell

		Variablen in der Gleichung							95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Unterer Wert	Oberer Wert	
Schritt 1 ^a	< 12 Jahre (Säuglinge) (Referenzgruppe)			34,944	2	,000				
	1-6 Jahre (Kleinkinder)	-,970	,201	23,377	1	,000	,379	,256	,562	
	> 6 Jahre (Schulkinder)	-1,229	,216	32,445	1	,000	,293	,192	,447	
	männlich (Referenzgruppe: weiblich)	,285	,153	3,456	1	,063	1,330	,985	1,795	
	ASA I (Referenzgruppe)			5,650	4	,227				
	ASA II	-,465	,259	3,232	1	,072	,628	,378	1,043	
	ASA III	-,161	,249	,419	1	,518	,851	,523	1,386	
	ASA IV	,143	,440	,105	1	,745	1,153	,487	2,731	
	ASA V	-18,534	40192,970	,000	1	1,000	,000	,000	.	
	nur Anästhesie (Referenzgruppe)			,602	2	,740				
	nur Pädiatrie	,027	,178	,023	1	,880	1,027	,725	1,455	
	Anästhesie und Pädiatrie	,589	,765	,592	1	,442	1,801	,402	8,067	
	1. Jahr (Referenzgruppe)			55,500	4	,000				
	2. Jahr	-,411	,235	3,060	1	,080	,663	,418	1,051	
	3. Jahr	-,111	,217	,263	1	,608	,895	,584	1,369	
	4. Jahr	-1,707	,288	35,027	1	,000	,181	,103	,319	
	5. Jahr	-1,186	,241	24,161	1	,000	,305	,190	,490	
	Propofol (Referenzgruppe)			7,100	2	,029				
	Midazolam	-,322	,373	,748	1	,387	,725	,349	1,504	
	Propofol und Midazolam	1,238	,503	6,069	1	,014	3,449	1,288	9,234	
	Konstante	-1,600	,315	25,734	1	,000	,202			

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Alter_gruppiert, Geschlecht, ASA, Fachabteilung_Arzt, Jahr, Hypnotikum.

Abbildung 24: binär logistische Regressionsanalyse - Gesamtmodell

Als signifikante Einflussfaktoren konnten im Gesamtmodell das Patientenalter und das Durchführungsjahr der Sedierung ermittelt werden. Für beide beträgt der gepoolten p-Wert 0,001. In der Gruppe „Durchführungsjahr“ wurde das 1. Jahr als Referenzgruppe definiert. Im 4. und 5. Jahr kann gegenüber dem 1. Jahr eine geringere Komplikationsrate beobachtet werden. Mit einem Signifikanzniveau von $p=0,001$ ist dieser Effekt signifikant. Die Art des Hypnotikums hat mit einem gepoolten p-Wert von 0,029 ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Komplikationsrate. Die Kombination von „Propofol und Midazolam“ hat gegenüber der Referenzgruppe „Propofol“ mit einem p-Wert von 0,014 eine signifikant höhere Komplikationsrate.

4.4.6.2 Binär logistische Regressionsanalyse – Reduziertes Modell

		Variablen in der Gleichung					95% Konfidenzintervall für EXP(B)		
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 ^a	<12 Monate (Säuglinge) (Referenzgruppe)			45,957	2	,000			
	1-6 Jahre (Kleinkinder)	-1,640	,307	28,499	1	,000	,194	,106	,354
	> 6 Jahre (Schulkinder)	-2,059	,311	43,803	1	,000	,128	,069	,235
	männlich (Referenzgruppe: weiblich)	-,409	,229	3,210	1	,073	,664	,424	1,039
	ASA I (Referenzgruppe)			2,326	3	,508			
	ASA II	-,602	,423	2,031	1	,154	,548	,239	1,254
	ASA III	-,432	,406	1,133	1	,287	,649	,293	1,439
	ASA IV	-,795	,767	1,075	1	,300	,452	,100	2,030
	nur Anästhesie (Referenzgruppe)			7,233	2	,027			
	nur Pädiatrie	,488	,251	3,786	1	,052	1,629	,996	2,662
	Anästhesie und Pädiatrie	1,731	,845	4,200	1	,040	5,648	1,078	29,583
	1. Jahr (Referenzgruppe)			17,005	4	,002			
	2. Jahr	,125	,407	,094	1	,759	1,133	,511	2,515
	3. Jahr	,306	,390	,616	1	,433	1,358	,632	2,916
	4. Jahr	-1,013	,468	4,690	1	,030	,363	,145	,908
	5. Jahr	-,746	,422	3,125	1	,077	,474	,207	1,084
	Propofol und S-Ketamin (Referenzgruppe)			10,199	2	,006			
	Midazolam und S-Ketamin	-,292	,445	,431	1	,512	,746	,312	1,787
	Propofol und Remifentanyl	1,396	,495	7,954	1	,005	4,040	1,531	10,662
	Konstante	-1,088	,572	3,610	1	,057	,337		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Alter_gruppiert, Geschlecht, ASA, Fachabteilung_Arzt, Jahr, Hypnotikum_und_Analgetikum.

Abbildung 25: binär logistische Regressionsanalyse - reduziertes Modell

Die unabhängigen Variablen Alter und Durchführungsjahr der Sedierung haben auch in der reduzierten Fallgruppe einen signifikanten Einfluss auf die Komplikationen. Der gepoolte p-Wert für das Alter beträgt 0,001, der für das Durchführungsjahr 0,002. Als Referenzgruppe in der Gruppe „Durchführungsjahr“ wurde wieder das 1. Jahr gewählt. Mit einem p-Wert von 0,03 konnte im 4. Durchführungsjahr eine signifikant niedrigere Komplikationsrate im Vergleich zum 1. Durchführungsjahr beobachtet werden, während für das 5. Durchführungsjahr mit einem p-Wert von 0,077 knapp keine signifikante Reduktion der Komplikationsrate nachgewiesen werden konnte.

Während im Gesamtmodell nur das Alter und das Durchführungsjahr einen signifikanten Einfluss auf die Komplikationsrate hatten, konnten in der reduzierten Fallgruppe zusätzlich die Fachabteilung und die Art der Kombination von Hypnotikum und Analgetikum als Einflussgrößen identifiziert werden. Für die

Fachabteilung lag ein gepoolter p-Wert von 0,027 vor. Als Referenzgruppe wurde die Fachabteilung „Anästhesie“ definiert. Bei den Sedierungen, die durch die Pädiatrie und Anästhesie gemeinsam erfolgten, lag gegenüber der Gruppe der Kinder, die nur durch einen Arzt der Anästhesie sediert wurden, ein höheres Risiko für Komplikationen vor. Dieser Effekt ist mit einem p-Wert von 0,04 signifikant. Ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Komplikationen in der Gruppe Pädiatrie gegenüber der Gruppe Anästhesie ist mit einem p-Wert von 0,052 knapp nicht signifikant. Die Art der Kombination von Hypnotikum und Analgetikum hat mit einem gepoolten p-Wert von 0,006 einen signifikanten Einfluss auf die Komplikationsrate. Als Referenzgruppe wurde die Kombination von Propofol und S-Ketamin definiert. Gegenüber der Gabe von Propofol und S-Ketamin zeigte sich bei Gabe von Propofol gemeinsam mit Remifentanyl eine höhere Komplikationsrate. Mit einem p-Wert von 0,005 ist dieser Effekt signifikant.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Methodik

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Untersuchung. Die Datenerhebung erfolgte durch die Auswertung von Sedierungsprotokollen. Aufgrund der retrospektiven Auswertung kann es an unterschiedlichen Stellen zu Auswertungsfehlern gekommen sein. Die Sedierungsprotokolle wurden von den sedierenden Ärzten handschriftlich ausgefüllt, sodass aufgrund einer unleserlichen Schrift Übertragungsfehler möglich sind. Zudem war die Dokumentation in den Sedierungsprotokollen nicht immer vollständig, sodass einzelne Werte fehlen. Die Datenerhebung verteilte sich auf drei verschiedene Doktorandinnen, welche einheitlich in der Auswertung der Sedierungsprotokolle geschult wurden. Dennoch sind durch individuelle Einschätzung Unterschiede in der Interpretation der Protokolle möglich. Außerdem wurden diese manuell in eine Excel-Tabelle übertragen. Hierbei kann es zu Übertragungsfehlern gekommen sein.

Zur statistischen Auswertung der Ergebnisse und zur Identifikation von Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikation bei prozeduralen Sedierungen von Kindern wurde eine binär logistische Regressionsanalyse mit Komplikationen als abhängige Variable durchgeführt. Die Komplikationsrate in der Studie ist mit 3,7% insgesamt sehr niedrig, sodass der Datensatz nur eine geringe Auftrennung der Daten aufwies und Untergruppen teilweise nur sehr gering besetzt waren. Insgesamt traten bei der Mehrzahl der Patienten keine Komplikationen auf. Das Modell bot daher nur wenig Erklärpotential für die Komplikationen, da bereits im 0-Modell über 95% der Ereignisse als richtig („Komplikation nein“) vorhergesagt werden konnten. Unabhängig davon, welche unabhängige Variable dem Modell nun hinzugefügt wurde, bestand wenig Potential das Modell zu verbessern. Somit ist eine genaue Vorhersage von Komplikationen mit Hilfe des Regressionsmodells nicht möglich. Jedoch kann der Zusammenhang zwischen bestimmten Einflussfaktoren und der Komplikationsrate beschrieben und damit mögliche Risikofaktoren für Komplikationen identifiziert werden. Die erhobenen Daten enthalten Patienten, die mehrfach sediert wurden und sich somit doppelten. Durch die Doppelung kann es zu einer Anhäufung von Patienten mit gleichen Eigenschaften gekommen sein und somit in der statistischen Analyse ein Cluster-Effekt entstanden sein.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Ergebnisse der deskriptiven Statistik

Alle Analgosedierungen von Kindern werden im Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf durch ein spezialisiertes, interdisziplinäres Kinderanalgosedierungsteam durchgeführt. Dieses Team wird aus Ärzten der Anästhesie sowie aus Ärzten der Pädiatrie mit intensivmedizinischer Erfahrung gebildet. Die Studie umfasst 5317 Analgosedierungen bei 2575 Patienten, die im Zeitraum vom 20.08.2014–19.08.2019 am Universitätsklinikum Hamburg–Eppendorf durch das KAST sediert wurden.

Innerhalb dieser 5 Jahre zeigt sich eine Umverteilung der Hauptdiagnosen. Es kann eine relative Abnahme der hämato-onkologischen, hepatologischen und nephrologischen Erkrankungen und eine Zunahme der neurologischen Erkrankungen beobachtet werden. Während im 1. Jahr 53,2% hämato-onkologische, 11,9% hepatologische und 7,0% nephrologische Diagnosen verzeichnet wurden, waren es im 5. Jahr nur noch 41,2%, 7,4 % und 3,1%. Die Anzahl der neurologischen Diagnosen stieg hingegen von 16,9% im 1. Jahr auf 24,9% im 5. Jahr an.

Der Anstieg der neurologischen Diagnosen könnte durch eine Erweiterung der Kapazitäten für Sedierungen im MRT begründet sein. Ab Oktober 2017 standen zwei Sedierungsteams zur Verfügung, von denen eins täglich ausschließlich Sedierungen für MRT-Untersuchungen durchführte, und ein weiteres Team, welches alle restlichen Sedierungen übernahm. Durch diese Verdopplung der Kapazität wurden mehr MRT-Sedierungen durchgeführt, welchen oft eine neurologische Diagnose zu Grunde liegt. So verzeichnet die Zahl der MRTs über die 5 Jahre einen starken Zuwachs. Während es sich im 1. Jahr bei 30,3% der Eingriffe um eine Bildgebung durch ein MRT handelte, waren es im 5. Jahr 49,7%. Durch die Zunahme der MRT-Sedierungen resultiert zusätzlich eine Verschiebung von schmerzhaften Eingriffen hin zu nicht schmerzhaften Eingriffen, da bildgebende Verfahren wie das MRT oder ein CT den nicht schmerzhaften Eingriffen zugeordnet sind. Hämato-onkologische, hepatologische und nephrologische Erkrankungen hingegen sind Erkrankungen, die oftmals schmerzhafteste Eingriffe, wie Knochenmarkpunktion, Liquorpunktion, Leberbiopsien und Nierenbiopsien erfordern. Während es sich im 1. Jahr bei 60% der Sedierungen um einen

schmerzhaften Eingriff handelte, waren es im 5. Jahr nur 34,6% schmerzhaftes Eingriffe.

Die Abnahme an schmerzhaften Eingriffen bedingt eine Abnahme der Notwendigkeit der Kombination eines Hypnotikums mit einem Analgetikum, da für den nicht schmerzhaften Eingriff keine zusätzliche Analgesie nötig ist. Somit müssen seltener Medikamentenkombinationen verabreicht werden, was eine Verringerung der Komplikationsrate zur Folge haben kann. Coté et al. untersuchten 118 Fallberichte des Adverse Event Reporting System des FDA (Food and Drug Administration) mit der Fragestellung der Assoziation von Medikamenten mit unerwünschten Ereignissen während pädiatrischen Sedierungen. Sie konnten feststellen, dass Komplikationen auf Medikamenteninteraktionen zurückgeführt werden können, insbesondere wenn drei oder mehr Medikamente verabreicht wurden (Coté et al. 2000b).

Sanborn et al. beschreiben Risikofaktoren für hämodynamische und respiratorische Komplikationen bei bildgebenden Verfahren und konnten ebenfalls feststellen, dass die Verwendung eines einzelnen Sedierungsmedikaments mit einem geringeren Risiko für Komplikationen als die Verwendung mehrerer Sedierungsmedikamente einhergeht (Sanborn et al. 2005). Auch eine Auswertung der Datenbank des Pediatric Sedation Research Consortium, einer der größten Datenbanken zu Analgosedierungen bei Kindern, konnte zeigen, dass Kombinationen aus verschiedenen Sedierungsmedikamenten mehr Komplikationen haben als die Mono-Sedierung mit einzelnen Medikamenten, unabhängig davon, ob ein Sedativum mit einem weiteren Sedativum oder einem Analgetikum kombiniert wurde (Kamat et al. 2015). Zudem bedingt die Etablierung des zweiten Sedierungsteams für MRT-Untersuchungen, dass insgesamt mehr Sedierungen durch die Anästhesie als durch die Pädiatrie durchgeführt wurden. Denn das zusätzliche Team ist ausschließlich durch Anästhesisten besetzt. So wurden 76,5% der Sedierungen durch einen Arzt der Anästhesie durchgeführt, während nur 22,9% der Sedierungen durch einen Arzt der Pädiatrie durchgeführt wurden.

5.2.2 Entwicklung der Komplikationen im 5-Jahres-Überblick

Für den gesamten 5-Jahres-Zeitraum liegt die Komplikationsrate bei 3,7% und befindet sich auf einem Niveau wie es auch in der Literatur zu finden ist. Biber et al. beobachteten eine Komplikationsrate von 4,8% (Biber et al. 2015). Cravero et al.

untersuchten die Datenbank des Pediatric Sedation Research Consortium (PSRC) auf unerwünschte Ereignisse während Analgosedierungen unter der Anwendung von Propofol und gaben eine Komplikationsrate von 6,3% an (Cravero et al. 2009). Die weiterführende Auswertung der Folgejahre ergab insbesondere ab dem 4. und 5. Jahr eine deutliche Abnahme der Komplikationen im Vergleich zum ersten Tätigkeitsjahr des KAST. Während das 1. Jahr eine Komplikationsrate von 6,5% aufwies, lagen die Komplikationsraten für das 4. und 5. Jahr bei nur 1,5% und 2,3%. Mit 2,7% liegt in unserer Untersuchung dem Hauptanteil der Komplikationen eine respiratorische Ursache zu Grunde. Der hohe Anteil respiratorischer Ursachen für Komplikationen bei Analgosedierungen wurde auch in anderen Untersuchungen gefunden. In der Datenbank des PSRC findet sich eine Komplikationsrate für respiratorische Komplikationen von 4,3%. Damit bewegen sich die ersten 3 Jahre unserer Studie mit 4,4%, 3,4% und 3,9% auf einem ähnlichen Niveau. Für das 4. und 5. Jahr konnten niedrigere Komplikationsraten für respiratorische Komplikationen von 1,5% und 2,1% berechnet werden. Bei den respiratorischen Komplikationen wurde insbesondere ein Rückgang von Sättigungsabfällen, Apnoen und Atemwegobstruktionen verzeichnet. Da es sich bei bildgebenden Eingriffen, wie dem MRT, um Eingriffe handelt, bei welchen der Patient nicht einsehbar und die Atmung klinisch nicht überwachbar sind, wird für eine solche Sedierung die Verwendung der Kapnographie empfohlen und am UKE standardgemäß angewandt (Coté and Wilson 2006).

In einer Meta-Analyse von Saunders et al. konnte gezeigt werden, dass respiratorische Komplikationen wie Sättigungsabfälle unter Anwendung der Kapnographie frühzeitiger erkannt und reduziert werden können (Saunders et al. 2017). Daud et al. berichten, dass eine Abnahme der Sauerstoffsättigung bei einer Hypoventilation oder einer Apnoe erst spät auftreten. Die Kapnographie kann hier helfen, ein früheres Eingreifen zu ermöglichen, bevor sich eine ernsthafte respiratorisch Komplikation manifestiert (Daud and Carlson 2014).

Langhan et al. untersuchten Sedierungen von Kindern in der Notaufnahme und konnten ebenfalls feststellen, dass Atemdepressionen durch eine Überwachung mit Hilfe der Kapnographie frühzeitiger erkannt wurden. Interventionen konnten früher durchgeführt werden, sodass es zu weniger Episoden an Hypoventilationen oder Sauerstoffentsättigungen kam (Langhan et al. 2015). Die Zunahme der MRT-Sedierungen mit standardmäßiger Überwachung mittels Kapnographie ermöglicht

also eine frühzeitige Detektion einer Beeinträchtigung der Atmung und könnte so zu einer Reduktion der respiratorischen Komplikationen beigetragen haben.

Eine weitere Erklärung für die Abnahme der Komplikationen in der respiratorischen Kategorie könnte die zunehmende Erfahrung der Team-Mitglieder sein. Je größer die Erfahrung des sedierenden Arztes, desto vorausschauender ist auch die Durchführung der Sedierungen. Durchgeführte Interventionen wie z.B. der Esmarch-Handgriff oder eine Erhöhung der Sauerstoffzufuhr zur Verhinderung eines Sättigungsabfalls können durch die Erfahrung des sedierenden Arztes als vorhersehbare und geplante Intervention und nicht als Komplikation gewertet worden sein. Dies konnte auch durch Cravero et. al festgestellt werden. Sie berichten, dass Anästhesisten weniger unerwünschten Ereignisse als Komplikationen einschätzen als andere Fachabteilungen (Cravero et al. 2009).

Auch für die Kategorie der „anderen Komplikationen“ lassen sich für die ersten drei Jahre vergleichbare Werte in der Literatur finden. In der Datenbank des PSRC traten „andere“ Komplikation bei 1,4% der Sedierungen auf. In unserer Untersuchung waren es für die ersten drei Jahre 1,9%, 1,1 % und 2,5%. Im 4. und 5. Jahr waren die Komplikation der Kategorie „andere“ wieder deutlich niedriger. So wurden im 4. Jahr keine anderen Komplikationen verzeichnet und im 5. Jahr nur 0,1%.

Die deutliche Abnahme in der Kategorie der „anderen Komplikationen“ liegt in einem Rückgang von Bewegungen, inadäquaten Sedierungen, Agitation und in einem Rückgang der Komplikation mit dem intravenösen Zugang begründet. Gleichzeitig kann eine höhere Propofol-Laufrate im Verlauf der Jahre beobachtet werden. Höhere Propofol-Dosierungen werden von Kindern gut vertragen (van Dijk et al. 2023). Eine höhere Propofol-Dosierung bedingt eine tiefere Sedierung, durch welche Bewegungen und als inadäquate eingeschätzte Sedierungen vermieden werden können.

In unserer Untersuchung wurden 0,85% der Komplikationen als schwerwiegende eingestuft. Vergleicht man die einzelnen Jahre so fällt auf, dass die Abnahme der Komplikationen vorwiegend in einer Abnahme der nicht schwerwiegenden Komplikationen begründet liegt. Auch hier kann der Erfahrungszuwachs der Team-Mitglieder eine Rolle gespielt haben. In der Analgosedierung erfahrene Ärzte werten und dokumentieren leichtgradige Komplikationen oder Interventionen möglicherweise nicht als solche, da die Intervention für sie vorhersehbar und damit

geplant war. Die Rate der schwerwiegenden Komplikationen variiert über die einzelnen Jahre hingegen nur geringfügig und liegt mit 0,85% im Bereich vergleichbarer Untersuchungen. Die Datenbank des PSRC verzeichnet 1,7% schwerwiegende Komplikationen (Cravero et al. 2009) und die von Bhatt et al. beobachteten 11,7% unerwünschten Ereignisse während pädiatrischen Sedierungen im Rahmen von schmerzhaften Eingriffen in der Notaufnahme, von welchen 1,1% als schwerwiegend eingestuft wurden (Bhatt et al. 2017).

5.2.3 Identifikation von personellen und strukturellen Risikofaktoren

5.2.3.1 Durchführungsjahr als Maß der Erfahrung des KAST

In der binär logistischen Regressionsanalyse dieser Studie wurde das Durchführungsjahr der Sedierung sowohl im Gesamtmodell als auch in der reduzierten Fallgruppe mit kombinierter Gabe von Hypnotikum und Analgetikum als signifikanter Risikofaktor für Komplikationen identifiziert. Schon in der vorangegangenen Studie konnte im Verlauf des 1. Durchführungsjahres des KAST mit zunehmender Erfahrung des Teams eine signifikante Verringerung unerwünschter Ereignisse beobachtet werden (Apostolidou et al. 2022). Coté et al. untersuchten 118 Fallberichte des Adverse Event Reporting System der FDA mit der Fragestellung nach Risikofaktoren für das Auftreten unerwünschter Ereignisse während der Sedierung von Kindern. Als Risikofaktor fanden sie unter anderem eine unzureichende Qualifikation des sedierenden Fachpersonals (Coté et al. 2000a). Zu den sedierenden Ärzten des KAST zählt ein hoch qualifiziertes Team bestehend aus Fachpersonal der Anästhesie und Pädiatrie mit intensivmedizinischer Erfahrung. Dieses verfügt über eine hohe Fachkenntnis und viel Erfahrung im Umgang und Management von Notfallsituationen. Obwohl im 5-Jahreszeitraum eine Erweiterung des Teams von 6 auf 16 ärztliche Mitarbeiter stattfand, konnte keine Erhöhung der Komplikationsrate festgestellt werden. Hier kann eine gute Einarbeitung durch die erfahrenen Team-Mitglieder eine wichtige Rolle gespielt haben. Kerkhofs et al. führten ebenfalls eine Auswertung von Sedierungen durch ein spezialisiertes Sedierungsteam durch. Hierbei handelte es sich um eine kleine Gruppe speziell geschulter Pflegekräfte, die sowohl pharmakologische als auch nicht-pharmakologische Ansätze zur Sedierung verwendeten. Die Rate an Komplikationen (2%) und abgebrochenen Sedierungen (2%) blieb trotz einer stetig

zunehmenden Anzahl von Sedierungen auf einem sehr niedrigen Niveau stabil (Kerkhofs et al. 2022). Auch Gozal et al. betrachteten Daten von über 8.000 Sedierungen eines spezialisierten Sedierungsteams bestehend aus zwei intensivmedizinischen Pflegekräften und zwei Anästhesisten. Hier findet sich ebenfalls eine niedrige Komplikationsrate von 1,7%, wobei keine Sedierungen abgebrochen werden mussten (Gozal et al. 2004).

Spezialisierte Sedierungsteams mit gut ausgebildetem Personal ermöglichen einen schnellen Erfahrungszuwachs innerhalb des Teams und eine strukturierte Ausbildung neuer Teammitglieder. Dies kann, wie am Beispiel des KAST gezeigt, zu einer signifikanten Reduktion der Komplikationsrate beitragen.

5.2.3.2 Fachabteilung des Arztes

In der Patientengruppe, die sowohl ein Hypnotikum als auch ein Analgetikum erhielten, konnte die Fachabteilung des sedierenden Arztes als Einflussgröße für Komplikationen identifiziert werden. Dabei ergab sich bei der Gruppe der Sedierungen, die durch die Fachabteilungen „Anästhesie und Pädiatrie“ gemeinsam durchgeführt wurden, ein signifikant erhöhtes Risiko für Komplikationen gegenüber der Gruppe der Sedierungen, die nur durch die Fachabteilung „Anästhesie“ durchgeführt wurden. Eine mögliche Erklärung hierfür kann sein, dass bei besonders schwer vorerkrankten Kindern ein höheres Risiko für Komplikationen durch eine adäquate Risikoabschätzung und Voruntersuchung identifiziert wurde und die Sedierung dann gemeinsam durch Pädiatrie und Anästhesie durchgeführt wurde. Die Gruppe „nur Pädiatrie“ wies ebenfalls ein erhöhtes Risiko für Komplikationen gegenüber der Gruppe „nur Anästhesie“ auf. Mit einem p-Wert von 0,052 war dieser Wert zwar nicht signifikant, könnte jedoch eine Tendenz eines höheren Risikos für das Auftreten einer Komplikation in der Gruppe der Pädiatrie aufzeigen. Couloures et al. analysierten die Daten des PSRC mit der Fragestellung, ob die Fachrichtung des sedierenden Arztes die Komplikationsrate beeinflusst. Sie konnten keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Fachabteilungen feststellen. Die Daten zeigen dennoch ebenfalls eine Tendenz zu mehr Komplikationen bei Nicht-Anästhesisten (Couloures et al. 2011). Aufgrund ihrer täglichen Routine haben Anästhesisten mehr Erfahrung in der Durchführung geeigneter manueller Manöver und pharmakologischer Behandlungen bei Komplikationen wie einem Laryngospasmus als Pädiater (Bartkowska-Sniatkowska

et al. 2014). Für eine möglichst komplikationsfreie Sedierung sind unabhängig von der Fachabteilung Kenntnisse, Fertigkeiten und vor allem die regelmäßige Tätigkeit des durchführenden Arztes von Bedeutung. Die ASA definierte bereits 2002 in ihren Richtlinien zur Sedierung und Analgesie durch Nicht-Anästhesisten klare Anforderungen und erforderliche Fachkenntnisse an den sedierenden Arzt (American Society of Anesthesiologists 2002). Coté et al. gaben unzureichend ausgebildetes Fachpersonal und fehlende Erfahrung im Umgang mit Notfallsituationen als Risikofaktoren für das Auftreten von Komplikationen bei der Durchführung von Analgosedierung an (Coté et al. 2000a). Leroy et al. führten 2010 eine systematische Literaturrecherche mit der Fragestellung nach Fähigkeiten und Kompetenzen für die Gewährleistung einer optimalen Wirksamkeit und Sicherheit der prozeduralen Sedierung bei Kindern durch. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die prozedurale Sedierung von Kindern nur durch gut ausgebildetes und erfahrenes Fachpersonal durchgeführt werden sollte. Fähigkeiten und Kompetenzen seien dabei ausschlaggebend für eine sichere und wirksame prozedurale Sedierung und nicht die Berufsbezeichnung. Zudem sind Standards für Ausrüstung, Monitoring und die Durchführung der Analgosedierungen essenziell, um eine optimale Qualität und größtmögliche Sicherheit bei der Analgosedierung zu erreichen (American Society of Anesthesiologists 2002).

5.2.3.3 Hypnotikum

Im Gesamtmodell der binär logistischen Regressionsanalyse konnte mit einem gepoolten p-Wert von 0,029 gezeigt werden, dass die kombinierte Gabe von Propofol und Midazolam gegenüber der Referenzgruppe „nur Propofol“ ein erhöhtes Risiko für Komplikationen aufweist.

Kang et al. untersuchten in einer retrospektiven Studie 897 pädiatrische Sedierungen für MRT-Untersuchungen mit der Fragestellung, ob durch die gleichzeitige Verabreichung von Midazolam und Propofol die für eine angemessene Sedierung erforderliche Propofol-Dosis verringert und möglicherweise die Häufigkeit von Atemwegsobstruktionen reduziert werden kann. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Verabreichung einer geringen Dosis Midazolam während einer pädiatrischen MRT-Sedierung mit Propofol, die Häufigkeit von Atemwegskomplikationen verringern kann, ohne die Erholungszeit zu verlängern (Kang et al. 2017). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Schmitz et al., die die

Kombination von Propofol und Ketamin im Vergleich zur Mono-Sedierung mit Propofol bei 347 MRT-Sedierungen untersuchten. Es zeigten sich keine Unterschiede bezüglich der Komplikationsrate bei einer signifikant kürzeren Erholungszeit unter der Kombination von Propofol und Ketamin (Schmitz et al. 2018). Die Daten großer Datenbanken weisen jedoch eher auf ein erhöhtes Komplikationsrisiko bei Verwendung von Medikamentenkombinationen hin. Kamat et al. führten eine Analyse der Datenbank des PSRC zur Identifizierung von Risikofaktoren für Komplikationen während einer Analgosedierung unter Anwendung von Propofol durch. Sie stellten fest, dass das Risiko für Komplikationen mit der Verwendung von Begleitmedikation zum Propofol steigt (Kamat et al. 2015).

5.2.3.4 Kombination von Hypnotikum und Analgetikum

In der binär logistischen Regressionsanalyse der reduzierten Fallgruppe, welche Patienten betrachtete, die sowohl ein Hypnotikum als auch ein Analgetikum erhielten, konnte ein signifikant höheres Risiko für ein Auftreten von Komplikationen bei der kombinierten Gabe von Propofol und Remifentanil gegenüber der kombinierten Gabe von Propofol und S-Ketamin festgestellt werden. Keidan et al. untersuchten 2001 in einer prospektiven Studie 80 Kinder, die eine Knochenmarkspunktion erhielten. Dabei verglichen sie die Gabe von Propofol mit der kombinierten Gabe von Propofol und Remifentanil. Sie konnten feststellen, dass die Zugabe von Remifentanil die Bedingungen während des Eingriffs zwar verbesserte, die Gesamtmenge des verabreichten Propofols verringerte und die Erholungszeit nach dem Eingriff verkürzte, jedoch mit einem erhöhten Risiko für die Entwicklung einer Atemdepression verbunden war (Keidan et al. 2001).

Kisilewicz et al. führten eine Literaturrecherche zur prozeduralen Sedierung und Analgesie mit Remifentanil durch. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass insbesondere bei pädiatrischen Patienten häufig eine Atemdepression zu beobachten war und dass durch fehlende standardisierte Dosierungsprotokolle Remifentanil nur mit Vorsicht eingesetzt werden sollte. Remifentanil fand in dieser Studie insbesondere im 1. Durchführungsjahr des KAST Anwendung. Während es im 1. Durchführungsjahr des KAST bei insgesamt 65 Sedierungen verwendet wurde, wurde es in den Folgejahren nur noch bei 3 Sedierungen eingesetzt, da unter den Team-Mitgliedern des KAST der Eindruck entstand, dass bei der Anwendung von

Remifentanyl mehr Komplikationen auftraten als unter der kombinierten Gabe von Propofol und S-Ketamin. Dieser Eindruck konnte nun durch die Regressionsanalyse der 5-Jahres-Daten bestätigt werden.

5.3 Schlussfolgerung

Im betrachteten 5-Jahreszeitraum der Tätigkeit des KAST hat sich die Komplikationsrate trotz der personellen Ausweitung von 6 auf 16 Mitarbeiter signifikant reduziert, insbesondere die Rate der respiratorischen Komplikationen. Eine gute Einarbeitung neuer Team-Mitglieder sowie ein stetiger Erfahrungszuwachs innerhalb des Teams können zur Reduktion der Komplikationsrate beigetragen haben. Im betrachteten 5-Jahreszeitraum konnte eine Zunahme der MRT-Sedierungen beobachtet werden. Die dadurch bedingte relative Abnahme der schmerzhaften Eingriffe ohne Anwendung von Medikamentenkombination sowie die standardmäßige Überwachung mittels Kapnographie während aller MRT-Sedierungen können ebenfalls zu einer Reduktion der Komplikationsrate beigetragen haben.

Als Risikofaktoren für Komplikationen ließen sich die kombinierte Gabe von Propofol und Midazolam im Vergleich zur Mono-Sedierung mit Propofol sowie die kombinierte Gabe von Propofol und Remifentanyl im Vergleich mit der Kombination von Propofol und S-Ketamin identifizieren. Zudem konnte das Durchführungsjahr als Maß für die Erfahrung des KAST als signifikanter Risikofaktor identifiziert werden. Das Risiko für Komplikationen nahm mit der zunehmenden Expertise des Teams über die Jahre signifikant ab. Die Untersuchung verdeutlicht die essenzielle Bedeutung von Kompetenzen und Fähigkeiten des sedierenden Arztes sowie der Anwendung von einheitlichen Standards für Ausrüstung, Monitoring und Sedierungsdurchführung, um eine optimale Qualität und größtmögliche Sicherheit bei der Analgosedierung von Kindern zu gewährleisten.

6 Zusammenfassung

Einleitung und Fragestellung: Analgosedierungen von Kindern werden am UKE durch ein interdisziplinäres Kinderanalgosedierungsteam (KAST) durchgeführt. Für das 1. Jahr konnte eine mit internationalen Datenbanken vergleichbare Komplikationsrate ermittelt werden. Die Analyse der Folgejahre soll die Entwicklung der Komplikationsrate bei personeller Ausweitung des Teams betrachten sowie strukturelle und personelle Risikofaktoren für Komplikationen identifizieren.

Material und Methode: Es handelt sich um eine retrospektive Studie, welche die Anästhesieprotokolle aller Patienten, die im Zeitraum vom 20.08.2014-19.08.2019 am UKE durch das KAST sediert wurden, einschließt. Es wurden 5317 Protokolle bei 2575 Patienten in einer deskriptiven Analyse und einer binär logistischen Regressionsanalyse ausgewertet.

Ergebnisse: Die 5-Jahres-Komplikationsrate lag bei 3,7%. Mit 2,7% trat am häufigsten eine respiratorische Komplikation auf. Ab dem 4. Jahr wurde ein signifikanter Rückgang der Komplikationsrate beobachtet ($p=0,001$) und das Durchführungsjahr der Sedierung konnte als signifikanter Risikofaktor für Komplikationen ($p=0,001$) identifiziert werden. Durch eine Zunahme an MRT-Sedierungen im 5-Jahreszeitraum nahm der Anteil an nicht-schmerzhaften Prozeduren (1. Jahr: 40%, 5. Jahr: 65,4%) im Verhältnis zu schmerzhaften Prozeduren (1. Jahr: 60%; 5. Jahr: 34,6%) zu. Die gemeinsame Gabe von Propofol mit Midazolam ($p=0,014$) im Vergleich zur Mono-Sedierung mit Propofol und die Verwendung von Propofol mit Remifentanyl ($p=0,005$) im Vergleich mit der Verwendung von Propofol und S-Ketamin erhöhten die Komplikationsrate.

Diskussion und Schlussfolgerung: Der signifikante Rückgang der Komplikationen ab dem 4. Jahr sowie die Identifikation des Durchführungsjahrs als Risikofaktor für Komplikationen zeigen den positiven Effekt des Erfahrungszuwachs im KAST sowie die gute Einarbeitung der neuen Teammitglieder. Dies verdeutlicht die Bedeutung der Erfahrung und der Fähigkeiten des sedierenden Arztes. Die standardmäßige Kapnographie-Überwachung während einer MRT-Sedierung ermöglicht die frühzeitige Detektion einer Beeinträchtigung der Atmung und eine Reduktion respiratorischer Komplikationen. Die Zunahme von MRT-Sedierungen mit Kapnographie-Überwachung könnte daher zur Reduktion der respiratorischen Komplikationsrate beigetragen haben. Das vermehrte Auftreten von Komplikationen bei der Gabe von Propofol mit Midazolam/Remifentanyl steht im Einklang mit der Beschreibung höherer Komplikationsraten bei Anwendung von Medikamentenkombinationen in der internationalen Literatur.

Objective: Analgosedation of children is carried out at the University Medical Center Hamburg-Eppendorf (UKE) by an interdisciplinary pediatric analgosedation team (KAST). According to the results for the first year, the complication rate is within the range of international comparative databases. The analysis of the subsequent years is intended to examine the development of the complication rate with the expansion of the team and to identify structural and personnel risk factors for complications.

Methods: This is a retrospective study that includes the anesthesia protocols of all patients who were sedated by the KAST at the UKE in the period from 20.08.2014-19.08.2019. A total of 5317 protocols in 2575 patients were evaluated in a descriptive analysis and a binary logistic regression analysis.

Results: The 5-year complication rate was 3.7%. At 2.7%, respiratory complications occurred most frequently. From the 4th year onwards, a significant decrease in the complication rate was observed ($p=0.001$) and the year in which the sedation was performed was identified as a significant risk factor ($p=0.001$) to reduce the complications. Due to an increase in MRI sedation over the 5-year period, the proportion of non-painful procedures (1st year: 40%, 5th year: 65.4%) increased in relation to painful procedures (1st year: 60%; 5th year: 34.6%). The co-administration of propofol with midazolam ($p=0.014$) compared to mono-sedation with propofol and the use of propofol with remifentanyl ($p=0.005$) compared to the use of propofol and S-ketamine increased the complication rate.

Discussion and Conclusions: The significant decrease in complications from the 4th year onwards and the identification of the year in which the sedation was performed as a risk factor to reduce the complications shows the positive effect of the increase in experience of the KAST and the good familiarization of the new team members. This illustrates the importance of the experience and skills of the sedating physician. Standard monitoring using capnography during MRI sedation enables early detection of respiratory impairment and a reduction in respiratory complications. The increase in MRI sedations with capnography monitoring could have contributed to a reduction in the complication rate. The increased incidence of complications with the administration of propofol with midazolam/remifentanyl is consistent with the description of higher complication rates with the use of drug combinations in the international literature.

7 Literaturverzeichnis

Adams, H. A. 1997 Dec. 'S-(+)-ketamine. Circulatory interactions during total intravenous anesthesia and analgesia-sedation', *Anaesthetist*, 46 (12): 1081-7.

American Society of Anesthesiologists. 2002 Apr. 'Practice Guidelines for Sedation and Analgesia by Non-anesthesiologists; A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists', *Anesthesiology*, 96 (4): 1004-17.

American Society of Anesthesiologists. 2014 Oct. 'Statement on ASA Physical Status Classification System': URL: <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-asa-physical-status-classification-system> (Stand: 06.04.2025, 17:20).

American Society of Anesthesiologists. 2018 Mar. 'Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia 2018: A Report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Moderate Procedural Sedation and Analgesia, the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons, American College of Radiology, American Dental Association, American Society of Dentist Anesthesiologists, and Society of Interventional Radiology*', *Anesthesiology*, 128 (3): 437-79.

Apostolidou, S., M. Kintscher, G. Schon, C. U. Ebenebe, H. J. Bartz, D. Singer, C. Zollner, and K. Roher. 2022 Jul 2. 'The Impact of a Dedicated Sedation Team on the Incidence of Complications in Pediatric Procedural Analgosedation', *Children (Basel)*, 9 (7): 998.

Barends, C. R. M., A. R. Absalom, M. M. R. F. Struys, and et al. 2018 Dec. 'Drug selection for ambulatory procedural sedation', *Curr Opin Anaesthesiol*, 31 (6): 673-78.

- Bartkowska-Sniatkowska, A., J. Rosada-Kurasinska, I. Ignys, M. Grzeskowiak, M. Zielinska, and A. Bienert. 2014. 'Procedural sedation and analgesia in children undergoing digestive endoscopic procedures - paediatrician or anaesthesiologist?', *Prz Gastroenterol*, 9 (2): 77-81.
- Beach, M. L., D. M. Cohen, S. M. Gallagher, and J. P. Cravero. 2016 Jan. 'Major Adverse Events and Relationship to Nil per Os Status in Pediatric Sedation/Anesthesia Outside the Operating Room: A Report of the Pediatric Sedation Research Consortium', *Anesthesiology*, 124 (1): 80-8.
- Begum, U., P. R. Singh, B. Naithani, V. Singh, G. P. Singh, and T. Tiwari. 2019 Jan-Mar. 'Dexmedetomidine as Bolus or Low-dose Infusion for the Prevention of Emergence Agitation with Sevoflurane Anesthesia in Pediatric Patients', *Anesth Essays Res*, 13 (1): 57-62.
- Bellolio, M. F., H. A. Puls, J. L. Anderson, W. I. Gilani, M. H. Murad, P. Barrionuevo, P. J. Erwin, Z. Wang, and E. P. Hess. 2016 Jun 15. 'Incidence of adverse events in paediatric procedural sedation in the emergency department: a systematic review and meta-analysis', *BMJ Open*, 6 (6): e011384.
- Bhatt, M., R. M. Kennedy, M. H. Osmond, B. Krauss, J. D. McAllister, J. M. Ansermino, L. M. Evered, M. G. Roback, Canada Consensus Panel on Sedation Research of Pediatric Emergency Research, and Network the Pediatric Emergency Care Applied Research. 2009 Apr. 'Consensus-based recommendations for standardizing terminology and reporting adverse events for emergency department procedural sedation and analgesia in children', *Ann Emerg Med*, 53 (4): 426-35 e4.
- Bhatt, M., D. W. Johnson, J. Chan, M. Taljaard, N. Barrowman, K. J. Farion, S. Ali, S. Beno, A. Dixon, C. M. McTimoney, A. S. Dubrovsky, N. Sourial, M. G. Roback, and Canada Sedation Safety Study Group of Pediatric Emergency Research. 2017 Okt 1 'Risk Factors for Adverse Events in Emergency

Department Procedural Sedation for Children', *JAMA Pediatr*, 171 (10): 957-64.

Biber, J. L., V. Allareddy, V. Allareddy, S. M. Gallagher, K. G. Couloures, D. G. Speicher, J. P. Cravero, and A. G. Stormorken. 2015 Oct. 'Prevalence and Predictors of Adverse Events during Procedural Sedation Anesthesia-Outside the Operating Room for Esophagogastroduodenoscopy and Colonoscopy in Children: Age Is an Independent Predictor of Outcomes', *Pediatr Crit Care Med*, 16 (8): e251-9.

Coruh, B. , M. R. Tonelli, D. R. Park, and et al. 2013 Apr. 'Fentanyl-induced chest wall rigidity', *Chest*, 143 (4): 1145-46.

Coté, C. J., D. A. Notterman, H. W. Karl, J. A. Weinberg, C. McCloskey, and et al. 2000 Apr. 'Adverse sedation events in pediatrics: a critical incident analysis of contributing factors', *Pediatrics*, 105 (4 Pt 1): 805-14.

Coté, C. J., H. W. Karl, D. A. Notterman, J. A. Weinberg, C. McCloskey, and et al. 2000 Oct. 'Adverse sedation events in pediatrics: analysis of medications used for sedation', *Pediatrics*, 106 (4): 633-44.

Coté, C. J., and S. Wilson. 2006 Dec. 'Guidelines for monitoring and management of pediatric patients during and after sedation for diagnostic and therapeutic procedures: an update', *Pediatrics*, 118 (6): 2587-602.

Coté, C. J., S. Wilson, Pediatrics American Academy Of, and Dentistry American Academy Of Pediatric. 2016 Jul. 'Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures: Update 2016', *Pediatrics*, 138 (1): e20161212.

Coté, C. J., S. Wilson, Pediatrics American Academy Of, and Dentistry American Academy Of Pediatric. 2019 Jun. 'Guidelines for Monitoring and

Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures', *Pediatrics*, 143 (6): e20191000.

Couloures, K. G., M. Beach, J. P. Cravero, K. K. Monroe, and J. H. Hertzog. 2011 May. 'Impact of provider specialty on pediatric procedural sedation complication rates', *Pediatrics*, 127 (5): e1154-60.

Cravero, J. P. 2009 Aug. 'Risk and safety of pediatric sedation/anesthesia for procedures outside the operating room', *Curr Opin Anaesthesiol*, 22 (4): 509-13.

Cravero, J. P., G. T. Blike, M. Beach, S. M. Gallagher, J. H. Hertzog, J. E. Havidich, B. Gelman, and Consortium Pediatric Sedation Research. 2006 Sep. 'Incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anesthesia for procedures outside the operating room: report from the Pediatric Sedation Research Consortium', *Pediatrics*, 118 (3): 1087-96.

Cravero, J. P., M. L. Beach, G. T. Blike, S. M. Gallagher, J. H. Hertzog, and Consortium Pediatric Sedation Research. 2009 Mar. 'The incidence and nature of adverse events during pediatric sedation/anesthesia with propofol for procedures outside the operating room: a report from the Pediatric Sedation Research Consortium', *Anesth Analg*, 108 (3): 795-804.

Daud, Y. N., and D. W. Carlson. 2014 Aug. 'Pediatric sedation', *Pediatr Clin North Am*, 61 (4): 703-17.

Gallagher, J. J. 2018 Winter. 'Capnography Monitoring During Procedural Sedation and Analgesia', *AACN Adv Crit Care*, 29 (4): 405-14.

Gozal, D., B. Drenger, P. D. Levin, A. Kadari, and Y. Gozal. 2004 Jul. 'A pediatric sedation/anesthesia program with dedicated care by anesthesiologists and nurses for procedures outside the operating room', *J Pediatr*, 145 (1): 47-52.

- Green, S. M., and D. M. Yealy. 2009 Apr. 'Procedural sedation goes Utstein: the Quebec guidelines', *Ann Emerg Med*, 53 (4): 436-8.
- Grunwell, J. R., C. Travers, A. G. Stormorken, P. D. Scherrer, C. E. Chumpitazi, J. A. Stockwell, M. G. Roback, J. Cravero, and P. P. Kamat. 2017 Aug. 'Pediatric Procedural Sedation Using the Combination of Ketamine and Propofol Outside of the Emergency Department: A Report From the Pediatric Sedation Research Consortium', *Pediatr Crit Care Med*, 18 (8): e356-e63.
- Hampson-Evans, D. , P. Morgan, M. Farrar, and et al. 2008 Apr. 'Pediatric laryngospasm', *Paediatr Anaesth*, 18 (4): 303-7.
- Havel, C. J. Jr. , R. T. Strait, H. Hennes, and et al. 1999 Oct. 'A clinical trial of propofol vs midazolam for procedural sedation in a pediatric emergency department', *Acad Emerg Med*, 6 (10): 989-97.
- Heinrichs, W. , W. Blumrich, S. Deil, M. Freitag, N. Kutz, I. Lüdtkke, R. Röhrig, R. Streuf, 2010. 'Aktualisierung und Erläuterung des Kerndatensatzes Anästhesie, Kerndatensatz Anästhesie Version 3.0 / 2010', *Anästhesiologie Intensivmedizin* 2010; 51: S33-S55 Aktiv Druck & Verlag GmbH, URL: https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2010/05-2010/supplement-2-2010/2010_5_s33-s55_Supplement%20Nr.%202%20-%202010%20%20Kerndatensatz%20Anaesthesie%20Version%203.0%20%20%202010.pdf (Stand 20.04.2025, 12:13 Uhr)
- Himmelseher, S., and E. Pfenninger. 1998 Dec. 'The clinical use of S-(+)-ketamine--a determination of its place', *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 33 (12): 764-70.
- Irlbeck, T. , B. Zwissler, A. Bauer, and et al. 2017 Jan. 'ASA classification : Transition in the course of time and depiction in the literature', *Anaesthesist*, 66 (1): 5-10.

- Jenkins, E., K. B. Hebbar, K. K. Karaga, D. A. Hirsh, J. D. Fortenberry, C. E. McCracken, S. F. Simoneaux, M. D. Mallory, and P. P. Kamat. 2017 Jul. 'Experience with the use of propofol for radiologic imaging in infants younger than 6 months of age', *Pediatr Radiol*, 47 (8): 974-83.
- Kamat, P. P., C. E. McCracken, S. E. Gillespie, J. D. Fortenberry, J. A. Stockwell, J. P. Cravero, and K. B. Hebbar. 2015 Jan. 'Pediatric critical care physician-administered procedural sedation using propofol: a report from the Pediatric Sedation Research Consortium Database', *Pediatr Crit Care Med*, 16 (1): 11-20.
- Kang, R., Y. H. Shin, N. S. Gil, K. Y. Kim, H. Yeo, and J. S. Jeong. 2017 Oct. 'A comparison of the use of propofol alone and propofol with midazolam for pediatric magnetic resonance imaging sedation - a retrospective cohort study', *BMC Anesthesiol*, 17 (1): 138.
- Kannikeswaran, N., M. Lieh-Lai, M. Malian, B. Wang, A. Farooqi, and M. G. Roback. 2016 Aug. 'Optimal dosing of intravenous ketamine for procedural sedation in children in the ED-a randomized controlled trial', *Am J Emerg Med*, 34 (8): 1347-53.
- Keidan, I., H. Berkenstadt, A. Sidi, and A. Perel. 2001 May. 'Propofol/remifentanil versus propofol alone for bone marrow aspiration in paediatric haemato-oncological patients', *Paediatr Anaesth*, 11 (3): 297-301.
- Kerkhofs, L., K. Allegaert, J. Toelen, and K. Vanhonsbrouck. 2022 May. 'Pediatric Procedural Sedation and Analgesia (PROSA) in the Leuven University Hospitals: An Audit on Efficacy and Safety', *Children (Basel)*, 9 (6): 776.
- Krauss, B., and S. M. Green. 2006 Mar 4. 'Procedural sedation and analgesia in children', *Lancet*, 367 (9512): 766-80.

- Lameijer, H., Y. T. Sikkema, A. Pol, M. G. E. Bosch, F. Beije, R. Feenstra, B. W. J. Bens, and E. Ter Avest. 2017 May. 'Propofol versus midazolam for procedural sedation in the emergency department: A study on efficacy and safety', *Am J Emerg Med*, 35 (5): 692-96.
- Langhan, M. L., V. Shabanova, F. Y. Li, S. L. Bernstein, and E. D. Shapiro. 2015 Jan. 'A randomized controlled trial of capnography during sedation in a pediatric emergency setting', *Am J Emerg Med*, 33 (1): 25-30.
- Mallory, M. D., C. Travers, C. E. McCracken, J. Hertzog, and J. P. Cravero. 2017 Jul. 'Upper Respiratory Infections and Airway Adverse Events in Pediatric Procedural Sedation', *Pediatrics*, 140 (1): e20170009.
- Mason, K. P., S. M. Green, Q. Piacevoli, and Force International Sedation Task. 2012 Jan. 'Adverse event reporting tool to standardize the reporting and tracking of adverse events during procedural sedation: a consensus document from the World SIVA International Sedation Task Force', *Br J Anaesth*, 108 (1): 13-20.
- Mencia, S., A. Palacios, M. Garcia, A. M. Llorente, O. Ordonez, B. Toledo, and J. Lopez-Herce. 2018 Jul. 'An Exploratory Study of Sevoflurane as an Alternative for Difficult Sedation in Critically Ill Children', *Pediatr Crit Care Med*, 19 (7): e335-e41.
- Miller, K. A., G. Andolfatto, J. R. Miner, J. H. Burton, and B. S. Krauss. 2019 May. 'Clinical Practice Guideline for Emergency Department Procedural Sedation With Propofol: 2018 Update', *Ann Emerg Med*, 73 (5): 470-80.
- Neuhauser, C., B. Wagner, M. Heckmann, M. A. Weigand, and K. P. Zimmer. 2010 Apr. 'Analgesia and sedation for painful interventions in children and adolescents', *Dtsch Arztebl Int*, 107 (14): 241-7, I-II, I.

- Park, C. H., and S. Kim. 2016 Dec. 'Survey of the sevoflurane sedation status in one provincial dental clinic center for the disabled', *J Dent Anesth Pain Med*, 16 (4): 283-88.
- Philippi-Höhne, C. , K. Becke, B. Wulff, B. Schmitz, J. Strauß, P. Reinhold, and et al. 2010. 'Analgesedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter'. *Anästh Intensivmed*, 51: S598-S602 Aktiv Druck & Verlag GmbH, URL: https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2010/06-2010/supplement-4-2010/2010_6_S598-S602_Analgesedierung%20fuer%20diagnostische%20und%20therapeutische%20%20Massnahmen%20bei%20Erwachsenen.pdf (Stand: 20.04.2025, 12:53 Uhr)
- Riphaus A., Wehrmann T., Hausmann J., Weber B., von Delius S., Jung M., Tonner, P., Arnold J., Behrens A., Beilenhoff U., Bitter H., Domagk D., In der Smitten S., Kallinowski B., Meining A., Schaible A., Schilling D., Seifert H., Wappler F., Kopp I., and et al. 2015 Aug. 'Update S3-Leitlinie „Sedierung in der gastrointestinalen Endoskopie“ 2014 (AWMF-Register-Nr. 021/014)', *Z Gastroenterol* 2015; 53 (8): 802–42.
- Roback, M. G., D. W. Carlson, F. E. Babl, and R. M. Kennedy. 2016 Mar. 'Update on pharmacological management of procedural sedation for children', *Curr Opin Anaesthesiol*, 29 Suppl 1: S21-35.
- Roback, M. G., S. M. Green, G. Andolfatto, P. L. Leroy, and K. P. Mason. 2018 Jan. 'Tracking and Reporting Outcomes Of Procedural Sedation (TROOPS): Standardized Quality Improvement and Research Tools from the International Committee for the Advancement of Procedural Sedation', *Br J Anaesth*, 120 (1): 164-72.
- Sanborn, P. A., E. Michna, D. Zurakowski, P. E. Burrows, P. J. Fontaine, L. Connor, and K. P. Mason. 2005 Oct. 'Adverse cardiovascular and respiratory events during sedation of pediatric patients for imaging examinations', *Radiology*, 237 (1): 288-94.

- Saunders, R., Mmrf Struys, R. F. Pollock, M. Mestek, and J. R. Lightdale. 2017 Jun 30. 'Patient safety during procedural sedation using capnography monitoring: a systematic review and meta-analysis', *BMJ Open*, 7 (6): e013402.
- Schmitz, A., M. Weiss, C. Kellenberger, R. O'Gorman Tuura, R. Klaghofer, I. Scheer, M. Makki, C. Sabandal, and P. K. Buehler. 2018 Mar. 'Sedation for magnetic resonance imaging using propofol with or without ketamine at induction in pediatrics-A prospective randomized double-blinded study', *Paediatr Anaesth*, 28 (3): 264-74.
- Taeger, K. 2002 Oct. 'Leitlinie zur Sedierung und Analgesie (Analgesedierung) von Patienten durch Nicht-Anästhesisten', *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 43: 639-41. URL: https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2002/10-2002/AI%2002_10_639-641.pdf (Stand: 20.04.25, 13:13 Uhr)
- Thackeray, E. M., and K. B. Johnson. 2019 Aug. 'Airway rescue during sedation: a proposed airway rescue pathway for nonanesthesiologists', *Curr Opin Anaesthesiol*, 32 (4): 464-71.
- Tilz R.R., Chun K.R. J., Deneke T., Kelm M., Piorkowski C., Sommer P., Stellbrink C., Steven D., and et al. 2017 Aug 3. 'Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie zur Kardioanalgesedierung', *Der Kardiologe*, 11: 369–82.
- Twite, M. D., and R. H. Friesen. 2005 Aug. 'Pediatric sedation outside the operating room: the year in review', *Curr Opin Anaesthesiol*, 18 (4): 442-6.
- van Dijk, H., M. P. Hendriks, M. M. van Eck-Smaling, L. van Wolfswinkel, and K. van Loon. 2023 Mar 1. 'Age-Stratified Propofol Dosage for Pediatric Procedural Sedation and Analgesia', *Anesth Analg*, 136 (3): 551-58.

Yildzdas, D., H. Yapcoglu, H. L. Yilmaz, and et al. 2004 Mar. 'The value of capnography during sedation or sedation/analgesia in pediatric minor procedures', *Pediatr Emerg Care*, 20 (3): 162-5.

Zalunardo, M. , S. Kraye, T. Brunner, B. Walder, P. Bauerfeind, S. Hartmeier, T. Ehmann, P. Ammann, D. Weilenmann, L. Jacob, D. Franzen, C. von Garnier, and et al. 2018 Apr. 'Empfehlungen und Standards für die Analgosedierung durch Nicht-Anästhesisten, Konsensuspapier der SGAR, SGG, SGK, SSVIR und SGP': URL:
https://sggssg.ch/fileadmin/user_upload/dokumente/Dokumente_Propofol_WebKurs/Empfehlungen_Analgosedation_Minirevision_publ_04_2018.pdf
(Stand: 06.04.25, 16:55 Uhr).

8 Abkürzungsverzeichnis

AAP: American Academy of Pediatrics

ASA: American Society of Anesthesiologists

DGAI: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin

BDA: Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten

ASA-Klassifikation: Definition des Krankheitszustandes durch die American Society of Anesthesiologists

EKG: Elektrokardiogramm

mg: Milligramm

kg: Kilogramm

KG: Körpergewicht

EMLA-Pflaster: Eutetic Mixture of Local Anaesthetics

h: Stunde

PSRC: Pediatric Sedation Research Consortium

ÖGD: Oesophago-Gastro-Duodenoskopie

KAST: Kinderanalgesiedierungsteam

UKE: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

myMedis: OP-Planungssystem des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

MEDLINQ-Anästhesie: System zur Narkose Dokumentation

ID: Identifikationsnummer

MRT: Magnetresonanztomographie

CT: Computertomographie

MIBG-Szintigraphie: Metaiodbenzylguanidin-Szintigraphie

BERA: brainstem-evoked response audiometry; Hirnstammaudiometrie

PTCD: perkutane transhepatische Cholangiodrainage

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

ZVK-Anlage: Anlage eines Zentralvenenkatheters

µg: Mikrogramm

FDA: Food and Drug Administration

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sedierungen pro Durchführungsjahr	24
Abbildung 2: Altersverteilung im Gesamtkollektiv	24
Abbildung 3: ASA-Klassifikation im Gesamtkollektiv.....	25
Abbildung 4: Hauptdiagnose im Gesamtkollektiv	26
Abbildung 5: Entwicklung der Hauptdiagnosen im 5-Jahres-Überblick.....	27
Abbildung 6: Eingriffsart im Gesamtkollektiv	28
Abbildung 7: Eingriffsart im 5-Jahres-Überblick	29
Abbildung 8: schmerzhafte und nicht-schmerzhafte Eingriffe im 5. Jahres- Überblick.....	30
Abbildung 9: Eingriffsdauer im Gesamtkollektiv	30
Abbildung 10: Fachabteilung im Gesamtkollektiv.....	31
Abbildung 11: Analgetikum im Gesamtkollektiv	32
Abbildung 12: Kombination von Hypnotikum mit Analgetikum	33
Abbildung 13: Dosierung von Propofol als Bolus	33
Abbildung 14: Laufrate von Propofol	34
Abbildung 15: Laufrate von Propofol im 5-Jahres-Überblick.....	35
Abbildung 16: Dosierung von Midazolam als Bolus	35
Abbildung 17: Komplikationen im Gesamtkollektiv	37
Abbildung 18: Komplikationen im 5. Jahres-Überblick in absoluten Zahlen.....	38
Abbildung 19: Entwicklung der Komplikationsrate im 5. Jahres-Überblick.....	38
Abbildung 20: Art der Komplikation im 5. Jahres-Überblick.....	39
Abbildung 21: Ursachen für respiratorische Komplikationen	40
Abbildung 23: Entwicklung der schwerwiegenden und nicht schwerwiegenden Komplikationen im 5. Jahres-Überblick	42
Abbildung 24: Interventionen bei respiratorischer Komplikation.....	43
Abbildung 25: binär logistische Regressionsanalyse - Gesamtmodell.....	45
Abbildung 26: binär logistische Regressionsanalyse - reduziertes Modell.....	46

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sedierungstiefen	8
Tabelle 2: ASA-Klassifikation	10
Tabelle 3: Übersicht über die erhobenen Parameter	76
Tabelle 4: Variablen der binär logistischen Regressionsanalyse	77

11 Erklärung des Eigenanteils

Die Arbeit wurde unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Singer am Zentrum für Geburtshilfe, Kinder- und Jugendmedizin des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorfs durchgeführt.

Die Datenerhebung wurde durch Fr. Dr. Apostolidou, Oberärztin am Zentrum für Geburtshilfe, Kinder- und Jugendmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorfs, betreut. Die Betreuung der deskriptiven und statistischen Datenauswertung sowie die Betreuung Anfertigung der Dissertationsschrift erfolgte durch Frau Dr. Röher, Oberärztin am Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorfs. Für die statistische Auswertung im Rahmen der binär logistischen Regressionsanalyse wurde zusätzlich das Beratungsangebot des Instituts für Medizinische Biometrie und Epidemiologie des UKE unter der Beratung von Frau Susanne Lezius, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Zentrum für Experimentelle Medizin und Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie, wahrgenommen.

Die Datenerhebung verteilte sich auf insgesamt drei Doktorandinnen. Dabei wurde die Datenerhebung nach Jahresabschnitten unterteilt.

Folgende Anteile wurden durch mich selbstständig oder in Zusammenarbeit durchgeführt:

- Datenerhebung: Verteilung auf insgesamt drei Doktorandinnen
 - Datenerhebung 20.08.2014 – 19.08.2015: Dr. Mirna Kintscher
 - Datenerhebung 20.08.2015 – 18.08.2017: Maike Schmidt
 - Datenerhebung 22.08.2017 – 19.08.2019: Jacqueline Schubert
- Datenübertragung in Excel
- Deskriptive Auswertung der Daten in Excel
- Datenübertragung in SPSS Statistics Version 27
- Binäre logistische Regressionsanalyse in SPSS Statistics Version 27 unter Wahrnehmung des Beratungsangebots des Instituts für Medizinische Biometrie und Epidemiologie des UKE
- Verfassung der monographischen Dissertationsschrift

12 Eidelstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe, insbesondere ohne entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten, verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Das gilt insbesondere auch für alle Informationen aus Internetquellen.

Soweit beim Verfassen der Dissertation KI-basierte Tools („Chatbots“) verwendet wurden, versichere ich ausdrücklich, den daraus generierten Anteil deutlich kenntlich gemacht zu haben. Die „Stellungnahme des Präsidiums der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zum Einfluss generativer Modelle für die Text- und Bilderstellung auf die Wissenschaften und das Förderhandeln der DFG“ aus September 2023 wurde dabei beachtet.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Datum

Unterschrift

13 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

Mein Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Dominique Singer für die Ermöglichung und die Betreuung dieser Arbeit an der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin des UKE.

Ebenfalls danke ich Frau Dr. med. Sofia Apostolidou für ihre tatkräftige Unterstützung im Rahmen der Datenerhebung sowie Susanne Lezius für die hilfreiche Beratung zur statistischen Auswertung der Daten.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin, Frau Dr. med. Katharina Röher, für ihre hervorragende Betreuung und die äußerst kompetente Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit. Ihre hilfreichen und konstruktiven Anregungen waren eine große Motivation und haben die Umsetzung dieser Arbeit bereichert.

Mein größter Dank gilt meinen Großeltern, meinen Eltern und meinem Verlobten. Meinen Großeltern, welchen die Ausbildung ihrer Enkel immer sehr wichtig war, danke ich von Herzen für ihre liebevolle Unterstützung.

Meinen Eltern bin ich sehr dankbar für die Möglichkeit, mein Studium zu verfolgen, sowie für ihre fortwährende, liebevolle Unterstützung und ihren ermutigenden Zuspruch.

Und meinem Verlobten danke ich für seinen Rückhalt und seine ständige Motivation und Ermutigung, diese Arbeit zu vollenden.

14 Anhang

Tabelle 3: Übersicht über die erhobenen Parameter

Allgemeine Parameter	<ul style="list-style-type: none"> ○ Patienten-ID und Laufende-ID
Patientenimmanente Parameter	<ul style="list-style-type: none"> ○ Eingriffsdatum ○ Haupt- und Nebendiagnose ○ Syndromale Erkrankung ○ ASA-Klassifikation ○ Geburtsdatum, Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht ○ Vorherige Sedierungen ○ Aktuelle Atemwegsinfekte
Eingriffsbezogene Parameter	<ul style="list-style-type: none"> ○ Art und Dauer des Eingriffs
Personelle Parameter	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fachabteilung des sedierenden Arztes
Strukturelle Parameter	<ul style="list-style-type: none"> ○ Art des Hypnotikums <ul style="list-style-type: none"> - Bolus: Dosierung, Menge, Menge pro kgKG - Kontinuierlich: Dosierung und durchschnittliche Laufrate ○ Art des Analgetikums <ul style="list-style-type: none"> - Bolus: Dosierung, Menge, Menge pro kgKG - kontinuierlich: Dosierung und durchschnittliche Laufrate ○ Weitere Medikamente ○ Vorhandensein eines intravenösen Zugangs ○ Inhalative Einleitung ○ Applikation eines Lokalanästhetikum
Komplikationen	<ul style="list-style-type: none"> ○ Komplikationen: Kategorie, Benennung, Beschreibung ○ Intervention: Benennung und Beschreibung ○ Angabe zur Unterbrechung der Prozedur ○ Angabe zum Abbruch der Prozedur
Aufwachphase	<ul style="list-style-type: none"> ○ Dauer im Aufwachraum

Tabelle 4: Variablen der binär logistischen Regressionsanalyse

abhängige Variable	unabhängige Variable
Komplikation ○ „Nein“ ○ „Ja“	Fachabteilung (kategorial) <ul style="list-style-type: none"> ○ „Anästhesie“ ○ „Pädiatrie“ ○ „Anästhesie und Pädiatrie“
	Durchführungsjahr (kategorial) <ul style="list-style-type: none"> ○ „1. Jahr“ ○ „2. Jahr“ ○ „3. Jahr“ ○ „4. Jahr“ ○ „5. Jahr“
	Hypnotikum (kategorial) <ul style="list-style-type: none"> ○ „nur Propofol“ ○ „nur Midazolam“ ○ „Midazolam und Propofol“
	Hypnotikum und Analgetikum (kategorial) <ul style="list-style-type: none"> ○ „Propofol und S-Ketamin“ ○ „Midazolam und S-Ketamin“ ○ „Propofol und Remifentanyl“
	Dosierung als Bolus (stetig) <ul style="list-style-type: none"> ○ Propofol in mg/kgKG ○ Midazolam in mg/kgKG
	Dosierung kontinuierlich (stetig) <ul style="list-style-type: none"> ○ Propofol in mg/kg/h