

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum für Geburtshilfe, Kinder- und Jugendmedizin
Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin
Sektion Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin

Prof. Dr. med. Dominique Singer

Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie

Prof. Dr. med. Christian Zöllner

Ein-Jahres-Bilanz eines interdisziplinären Kinderanalgesiedierungsteams an einem Universitätsklinikum

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Mirna Regina Anneliese Kintscher
aus Oldenburg

Hamburg 2019

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 08.10.2019**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Dominique Singer

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: PD Dr. Rainer Nitzschke

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Historische Entwicklung und heutiger Stellenwert der Analgosedierung	9
1.2	Empfehlungen der Fachgesellschaften	12
1.2.1	Patientenauswahl und Vorbereitung	12
1.2.2	Risikoeinschätzung und ASA Klassifikationen	13
1.2.3	Stadien der Analgosedierung.....	14
1.2.4	Räumlich-apparative Voraussetzungen und Monitoring	15
1.2.5	Personelle Voraussetzungen: Das Analgosedierungsteam.....	16
1.2.6	Überwachung und Entlassung nach Beendigung der Analgosedierung	16
1.2.7	Medikamente zur Analgosedierung.....	17
1.2.7.1	Medikamente zur Sedierung.....	17
1.2.7.2	Medikamente zur Analgesie	19
1.3	Aufstellung eines Konzepts am UKE	19
1.4	Formulierung der Fragestellung.....	21
2	Material und Methode.....	22
2.1	Studiendesign.....	22
2.2	Informationsquellen und Datenbasis/Datenerfassung	22
3	Ergebnisse	26
3.1	Patientenbezogene Erhebungsparameter.....	26
3.1.1	Alter	26
3.1.2	Geschlecht	27
3.1.3	Größe und Gewicht.....	27
3.1.4	ASA-Klassifikation	27
3.1.5	Hauptdiagnose	28
3.1.6	Vorherige Analgosedierung	28
3.1.7	Atemwegsinfektion.....	29
3.1.8	Liegender intravenöser Zugang	29
3.2	Eingriffsbezogene Erhebungsparameter.....	29
3.2.1	Art des Eingriffs	29
3.2.2	Dauer des Eingriffs	32
3.2.3	Fachabteilung des Arztes	33
3.3	Medikamente.....	33
3.3.1	Art des Hypnotikums.....	33
3.3.2	Art des Analgetikums.....	34

3.3.3	Kombination aus Hypnotikum und Analgetikum	34
3.3.4	Dosierung des Hypnotikums	35
3.3.5	Dosierung des Analgetikums	38
3.3.6	Einsatz eines zusätzlichen Hypnotikums	40
3.3.7	Zusätzliche Medikamente	41
3.3.8	Lokalanästhetikum.....	41
3.3.9	Inhalative Sedierung.....	42
3.4	Komplikationen	42
3.4.1	Art der Komplikation	42
3.4.2	Interventionen.....	46
3.4.2.1	Art der Interventionen	47
3.4.2.2	Interventionen bei respiratorischer Komplikation	48
3.4.2.3	Interventionen bei Komplikation der Kategorie „Andere“	50
3.4.3	Unterbrechung der Prozedur	51
3.4.4	Abbruch der Prozedur.....	51
3.5	Aufwachphase	51
4	Diskussion	52
4.1	Diskussion der Methodik.....	52
4.2	Diskussion der Ergebnisse	53
4.2.1	Patientenkollektiv.....	53
4.2.2	Diagnose und Art der Prozedur.....	55
4.2.3	Dauer der Prozedur und postinterventionelle Überwachung	58
4.2.4	Intravenöser Zugang.....	59
4.2.5	Komplikationen	60
4.2.6	Interventionen.....	65
4.2.7	Unterbrechung und Abbruch von Prozeduren	68
4.3	Schlussfolgerung	68
5	Zusammenfassung	69
6	Summary	70
7	Anhang.....	71
8	Literaturverzeichnis	76
9	Danksagung	82
10	Lebenslauf.....	83
11	Eidesstattliche Versicherung	84

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Altersverteilung im Gesamtkollektiv (n=784)
- Abbildung 2: ASA- Verteilung im Gesamtkollektiv (n=784)
- Abbildung 3: Verteilung der Hauptdiagnosen der Kinder in Prozent (n=784)
- Abbildung 4: Art der Eingriffe in Prozent
- Abbildung 5: Art der Eingriffe nach Gruppierung in KMP und LP, Bildgebende Verfahren, Biopsien und Anderweitige Prozeduren (ZVK-Anlage, MIBG-Szintigraphie, Nierenszintigraphie, Endoskopie, Sonstige Prozeduren (Bronchoskopie/TEE/Kardioversion, TTE/EKG, sonographische Desinvagination, Thoraxdrainage, BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie, Thoraxdrainagenentfernung, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm)) (n=784)
- Abbildung 6: Anteil an Schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Prozeduren (n=784)
- Abbildung 7: OP-Dauer in Minuten (n=784)
- Abbildung 8: Dosierungsverteilung der Propofolgabe in mg pro kg Körpergewicht (n=618)
- Abbildung 9: Verteilung der Midazolamgabe in mg pro kg Körpergewicht (n=132)
- Abbildung 10: Verteilung der Laufrate von Propofol in mg/kg/h (n=350)
- Abbildung 11: Verteilung der S-Ketamingabe in mg pro kg Körpergewicht
- Abbildung 12: Verteilung der Laufrate von Remifentanil in µg/kg/min
- Abbildung 13: Verteilung der respiratorischen Komplikationen (n=33)
- Abbildung 14: Verteilung der Komplikationen in der Kategorie „Andere“
- Abbildung 15: Anzahl und prozentualer Anteil von keinen Komplikationen, nicht schwerwiegenden Komplikationen und schwerwiegenden Komplikationen (Aspiration, Erbrechen/Regurgitation, Herz-Kreislaufstillstand, Hypotension, Laryngospasmus, Sättigungsabfall < 90%, Thoraxrigidität, Tod, ungeplante Aufnahme auf die Intensivstation und ungeplante Intubation/Larynxmaske)

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Klassifikationen nach ASA
- Tabelle 2: Darstellung der Sedierungstiefen
- Tabelle 3: Übersicht über die erfassten Parameter (Kurzform)
- Tabelle 4: Art der Komplikationen (n=52)
- Tabelle 5: Verteilung der Art der Interventionen
- Tabelle 6: Verteilung der Interventionen bei respiratorischer Komplikation
- Tabelle 7: Übersicht über die erfassten Parameter

Abkürzungsverzeichnis

- µg: Mikrogramm
- AAP: American Academy of Pediatrics
- ASA: American Society of Anesthesiologists
- BERA: engl.: brainstem evoked response audiometry (Hirnstammaudiometrie)
- BDA: Berufsverband Deutscher Anästhesisten
- CRP: C-reaktives Protein
- CT: Computertomographie
- DGAI: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
- EKG: Elektrokardiogramm
- g: Gramm
- h: Stunde
- kg: Kilogramm
- KG: Körpergewicht
- KMP: Knochenmarkpunktion
- LP: Liquorpunktion
- MIBG-Szintigraphie: Metaiodbenzylguanidin-Szintigrafie
- min: Minuten
- MRT: Magnetresonanztomographie
- myMedis: Medical Information System
- PRSC: Pediatric Sedation Research Consortium
- s: Sekunden
- TEE: transesophageal echocardiography (transösophageale Echokardiographie)
- UKE: Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
- ZVK: Zentraler Venenkatheter

1 Einleitung

Die Zahl der Analgosedierungen von Kindern für diagnostische Zwecke und schmerzhaft Eingriffe außerhalb des Operationssaales stieg in den letzten zwei Jahrzehnten stark an (Lalwani, 2006). Die Zunahme aktueller Literatur zu Analgosedierungen von Kindern spiegelt diese Entwicklung wider (Havidich and Cravero, 2012).

Analgosedierungen gewinnen in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung, da sie den Patienten schmerz- und stressfreie Behandlungen ermöglichen und viele Interventionen schneller und qualitativ besser durchgeführt werden können (Neuhäuser et al., 2010, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2010).

Eine präventive und suffiziente Schmerzbehandlung durch eine Analgesie ist von Bedeutung, um das Kind vor den negativen Folgen einer unzureichenden Schmerztherapie, wie Traumatisierung oder Chronifizierung, zu schützen. Die Analgosedierung schützt das Kind und den Jugendlichen vor Ängsten und psychischen Belastungen, die mit einem Eingriff einhergehen können.

Zusätzlich erfordern viele Eingriffe eine Mitarbeit des Patienten, die besonders im Kleinkindalter nicht erbracht werden kann. Dazu zählen vor allem bildgebende Verfahren, wie zum Beispiel die Magnetresonanztomographie (MRT), bei denen man von Kleinkindern nicht erwarten kann, dass sie eine solche Prozedur bewegungslos über sich ergehen lassen (Neuhäuser et al., 2010, Cote and Wilson, 2016).

Aufgrund dieser Bedeutung von Analgosedierungen für den täglichen Klinikalltag wurden in den USA im Jahre 2002 Leitlinien von der American Society of Anesthesiologists (ASA) publiziert (Gross et al., 2002) und Standards für Analgosedierungen von Kindern festgelegt. Daran orientieren sich die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) und des Berufsverband Deutscher Anästhesisten (BDA), um eine Sicherung und Verbesserung der Qualität der Analgosedierungen in Deutschland zu erhalten.

1.1 Historische Entwicklung und heutiger Stellenwert der Analgosedierung

Die ersten Bemühungen, ambulante Anästhesien mit Distickstoffmonoxid (Lachgas) durchzuführen, sind auf Zahnärzte zurückzuführen. 1916 gründete der Anästhesist Ralph Waters die erste Klinik (Downtown Anesthesia Clinic in Sioux City, Iowa) für kleine chirurgische und zahnärztliche Eingriffe unter Einsatz von Distickstoffmonoxid.

1906 stellte Gauss den schon länger bekannten Dämmerschlaf vor, der durch eine Kombination aus Skopolamin und Morphin erreicht wurde. Gauss verbreitete diese Methode an der Frauenklinik Freiburg in der Geburtshilfe. Diese Technik war zu der Zeit jedoch noch nicht reif genug, den schmalen therapeutischen Spielraum zwischen zu tiefer Analgosedierung mit Schmerzlosigkeit und zu oberflächlicher Analgosedierung mit Beibehaltung des Bewusstseins ohne Schmerzausschaltung zu beherrschen.

Nach einer langen Unterbrechung stieg das Interesse in den 1960er Jahren wieder für kurzwirksame Anästhesien mit schneller postoperativer Erholung der Patienten. Dieses Interesse wurde durch den Fortschritt von diagnostischen Verfahren, wie der Computertomographie (CT) (1974), der Magnetresonanztomographie (MRT) (1977) und anderen radiologischen bildgebenden Verfahren, beeinflusst. Später kamen noch weitere diagnostische und therapeutische Verfahren wie die Endoskopie hinzu, die außerhalb des Operationstraktes und des traditionellen Anästhesieumfeldes stattfinden (Holzmann, 2015).

Die ersten Empfehlungen (Guidelines for Teaching the Comprehensive Control of Pain and Anxiety in Dentistry) erschienen 1972 von der American Dental Association und richteten sich an zahnärztliches Personal, um Standards im Patientenumgang festzulegen (Burton and Epstein, 2003).

Zur Erfüllung der angestrebten Ziele zur Angstreduktion unter maximaler Sicherheit wurde eine „Consensus Development Conference on Anesthesia and Sedation in the Dental office“ gebildet. Experten, darunter Anästhesisten, entwickelten 1985 Antworten auf die am häufigsten gestellten Fragen. Der Begriff „Conscious Sedation“ („bewusste Sedierung“/Analgosedierung) wurde als ein Zustand definiert, indem der Patient eigenständig atmet, auf verbale Kommandos reagiert und seine Schutzreflexe beibehält. Die Medikamente sollten durch

vorsichtige Titration gegeben werden und auf die Wichtigkeit eines Monitorings wird hingewiesen (Burton and Epstein, 2003, National Institutes of Health, 1985). Da es in Zusammenhang mit Analgosedierungen zu einigen Todesfällen in Zahnarztpraxen kam (Cravero, 2015), entwickelte die American Academy of Pediatrics (AAP) 1985 die ersten allgemeingültigen Empfehlungen (Creedon, 1985, Burton and Epstein, 2003, Cravero, 2015).

In diesen Empfehlungen wurden drei Sedierungsstufen definiert, sowie Anforderungen an die Patientenauswahl und -aufklärung, das Personal, das Monitoring (Messung der Vitalparameter), die Ausstattung und das alters- und größengerechte Equipment sowie das Management von Notfällen und Reanimationen aufgestellt. Bei tiefen Analgosedierungen sollen der sedierende Arzt und der behandelnde Arzt nicht aus der gleichen Person bestehen. (Creedon, 1985, Burton and Epstein, 2003, Cravero, 2015).

Aufgrund der steigenden Zahl von invasiven diagnostischen, radiologischen und kleinen chirurgischen Prozeduren außerhalb des Operationsraumes und dem damit verbundenen vermehrten Gebrauch von Sedativa und Analgetika, erschien 1992 eine überarbeitete Version der Empfehlungen von 1985 durch die AAP (Kauffman et al., 1992, Burton and Epstein, 2003).

In dieser Empfehlung wurde angemerkt, dass es, unabhängig vom angestrebten Sedierungslevel und der Applikationsart, einen fließenden Übergang von leichter zu tiefer Analgosedierung und zur Allgemeinanästhesie gibt und der Behandler auf solche Situationen adäquat reagieren können muss.

2002 veröffentlichte die AAP eine Ergänzung ihrer Empfehlungen von 1992 und beendete den Gebrauch des Begriffes „conscious sedation“ (Gorman et al., 2002, Burton and Epstein, 2003, Cravero, 2015).

Dieses Dokument wurde 2006 nochmals überarbeitet und stellt einen wichtigen Meilenstein im Bereich der Kinderanalgosedierungen dar (Cravero, 2015, Coté and Wilson, 2006).

Die American Society of Anesthesiologists (ASA Task Force on Sedation and Analgesia by Non-Anesthesiologists) veröffentlichte erstmals 1996 ihre erste eigene evidenzbasierte Empfehlung, die von einer Gruppe Experten aus den Bereichen Anästhesie und Spezialisten, die Analgosedierungen außerhalb des Operationssaales durchführen, entworfen wurde (Burton and Epstein, 2003, Gross

et al., 1996). 2002 wurde eine überarbeitete Version publiziert (Gross et al., 2002). Diese wurde durch eine 2018 publizierte Empfehlung zur Durchführung moderater Sedierungen ersetzt (American Society of Anesthesiologists, 2018).

1999 wurden die vier heute gebräuchlichen Stadien der Sedierungstiefen im Dokument "Continuum of Depth of Sedation" von der ASA definiert und damit der Begriff „Conscious Sedation“ ersetzt (American Society of Anesthesiologists, 2014).

In vielen Gesichtspunkten gleichen sich die Empfehlungen der AAP und ASA. Die ASA betont, dass Nicht-Anästhesisten eine spezielle Ausbildung und Zertifikate vorweisen müssten, um eine eigenständige Überwachung der Analgosedierung übernehmen zu können (Philip, 2010, American Society of Anesthesiologists, 2016, American Society of Anesthesiologists, 2012).

Hierhingehend entwickeln sich die Empfehlungen heutzutage weiter, um festzulegen, wie die Qualifikation und Ausbildung von Nicht-Anästhesisten sein sollte, um sie zur Durchführung von tiefen Analgosedierungen zu lizenzieren (Hinkelbein et al., 2018).

In den letzten 40 Jahren stieg die Zahl der Analgosedierungen und die damit verbundenen Erfahrungen und Weiterentwicklungen. Damit einhergehend wurden Empfehlungen unterschiedlicher Fachgesellschaften für Kinderanalgosedierungen entwickelt und durch den Fortschritt und neu gewonnene Erkenntnisse, neue Ausgaben, Überarbeitungen und Ergänzungen veröffentlicht.

Die ersten Studien zu Sicherheit und Effektivität von Kinderanalgosedierungen wurden Ende der 1980er Jahre von verschiedenen Fachdisziplinen und Nichtanästhesisten durchgeführt und veröffentlicht (Pena and Krauss, 1999).

Die erste Studie zu unerwünschten Ereignissen und Komplikationsraten von Kinderanalgosedierungen, die durch pädiatrische Intensivmediziner praktiziert wurden, wurde 1999 von Pena et al. veröffentlicht (Pena and Krauss, 1999). 2000 publizierten Coté CJ et al. eine Studie, die sich mit den Faktoren beschäftigt, die Komplikationen und seltenen Ereignisse während Kinderanalgosedierungen begünstigen (Cote et al., 2000).

2003 gründete sich das Pediatric Sedation Research Consortium (PSRC) aus einer Gruppe von Institutionen, die Analgosedierungen praktizieren, mit dem Ziel, Analgosedierungen von Kindern verbessern zu wollen, indem sie ihre Ergebnisse

über Prozeduren mit Analgosedierungen veröffentlichen (Society for Pediatric Sedation, o.J.). Das PSRC besteht aus Mitgliedern unterschiedlichster pädiatrischer Fachdisziplinen, wie Anästhesisten, pädiatrische Subspezialisten, Notärzten, Intensivmedizinern, Pflegekräften und ärztlichen Assistenten (Cravero et al., 2006). Eine Vielzahl der Analgosedierungen wird heutzutage durch Nicht-Anästhesisten durchgeführt (Couloures et al., 2011). Über eine Internetplattform können die Daten der Mitglieder über ihre Prozeduren erfasst werden. Die Datenbank enthält mittlerweile über 300 000 Prozeduren und wird für wissenschaftliche Arbeiten verwendet (Society for Pediatric Sedation, o.J.).

1.2 Empfehlungen der Fachgesellschaften

Um sichere und patientenorientierte Analgosedierungen durchzuführen, wurden in den USA im Jahre 2002 Leitlinien von der American Society of Anesthesiologists und im Jahre 2006 Leitlinien von der American Academy of Pediatrics publiziert (Gross et al., 2002). Daran orientieren sich die Empfehlungen der DGAI und des BDA, die die Qualität und Sicherheit von Analgosedierungen in Deutschland optimieren sollen.

Dieser Abschnitt bezieht sich in erster Linie auf die Empfehlungen der American Academy of Pediatrics (Gorman et al., 2002, Coté and Wilson, 2006, Cote and Wilson, 2016, Kauffman et al., 1992), der American Society of Anesthesiologists (Gross et al., 1996, Gross et al., 2002, American Society of Anesthesiologists, 2018), der DGAI und des BDA (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2010, Philippi-Höhne et al., 2010, Taeger, 2002).

1.2.1 Patientenauswahl und Vorbereitung

Vor jeder Analgosedierung sind Eltern bzw. Sorgeberechtigte und Kinder über das Verfahren einer Analgosedierung und deren Risiken nach den Leitlinien zur anästhesiologischen Voruntersuchung aufzuklären (Philippi-Höhne et al., 2010).

Zu den ärztlichen Vorbereitungen zählen folgende Punkte:

- Die Erfassung von demographischen Daten (Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht), der Anamnese (Allergien, Allgemeinerkrankungen,

Vitalfunktionen, frühere Analgosedierungen und Allgemeinanästhesien), bestehenden Diagnosen und der Medikamentenanamnese (Neuhäuser et al., 2010)

- Eine körperliche Untersuchung, insbesondere der oberen Atemwege, um Komplikationen bei der Maskenbeatmung oder Intubation abschätzen zu können (Neuhäuser et al., 2010)
- Eine Risikoeinschätzung des Patienten und Einstufung in die ASA-Klassifikation (Neuhäuser et al., 2010)
- Einhaltung der Nahrungskarenzregeln (sechs Stunden nach fester Kost und zwei Stunden nach klarer Flüssigkeit) (Spies et al., 2003)
- Ein permanenter intravenöser Zugang sollte vor Beginn der Analgosedierung gelegt sein (Taeger, 2002)

1.2.2 Risikoeinschätzung und ASA Klassifikationen

Wie vor einer Narkose üblich, müssen auch vor Analgosedierungen mögliche Risikofaktoren durch Anamnese und körperliche Untersuchungen erfasst werden. Denn das Risiko für Komplikationen während einer Analgosedierung steigt mit den Begleiterkrankungen des Kindes (Taeger, 2002, Biber et al., 2015).

Vor jedem Eingriff sollte daher der allgemeine Gesundheitszustand eines Patienten festgestellt werden. Um dies zu erleichtern und eine einheitliche Einteilung vorzunehmen, wird die ASA-Klassifikation verwendet.

Es erfolgt eine Einteilung in fünf Kategorien (I-V).

Tabelle 1: Klassifikationen nach ASA

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

(Neuhäuser et al., 2010, Gross et al., 2002, Cote and Wilson, 2016)

1.2.3 Stadien der Analgosedierung

Bei der Durchführung von Analgosedierungen können unterschiedliche Sedierungstiefen erreicht werden. Diese wurden von der American Academy of Pediatrics (AAP 2006) und der ASA (ASA Task Force 2002) einheitlich definiert (Tabelle 1).

Bei einer minimalen Sedierungstiefe ist das Kind leicht erweckbar und ansprechbar. Atemwege, Spontanatmung und kardiovaskuläre Funktionen sind nicht beeinträchtigt.

Während einer moderaten Sedierung sind Patienten durch taktile und akustische Reize gezielt erweckbar. Die Atemwegskontrolle ist ohne Hilfsmittel möglich, die Spontanatmung ist adäquat und die kardiovaskulären Funktionen werden normalerweise aufrechterhalten.

Bei einer tiefen Sedierung können Patienten nur gezielt durch wiederholte oder schmerzhafte Stimulation erweckt werden. Die Atemwegskontrolle fehlt teilweise, die Spontanatmung kann inadäquat sein, aber die kardiovaskulären Funktionen sind normalerweise unbeeinträchtigt.

Das Stadium IV ist die Allgemeinanästhesie, wobei der Patient nicht erweckbar ist, die Atemwegskontrolle komplett fehlt, die Spontanatmung inadäquat ist und die kardiovaskuläre Funktion eingeschränkt sein kann (American Society of Anesthesiologists, 2018, Philippi-Höhne et al., 2010).

Tabelle 2: Darstellung der Sedierungstiefen (23)

Stadium	Benennung	Charakterisierung
I	minimal sedation (anxiolysis) = minimale Sedierung	Erweckbarkeit durch akustische Reize, volle Atemwegskontrolle, uneingeschränkte Spontanatmung
II	moderate sedation = moderate Sedierung	Schutzreflexe erhalten, volle Atemwegskontrolle ohne Hilfsmittel, Erweckbarkeit durch taktile und akustische Reize
III	deep sedation = tiefe Sedierung	Teilverlust der Schutzreflexe, teilweise fehlende Atemwegskontrolle, keine unmittelbare Erweckbarkeit
IV	general anesthesia =Allgemeinanästhesie	Vollständiger Verlust der Schutzreflexe, komplett fehlende Atemwegskontrolle, völlige Bewusstlosigkeit und Schmerzausschaltung

1.2.4 Räumlich-apparative Voraussetzungen und Monitoring

Da Analgosedierungen vor allem aus logistischen Gründen und zum Komfort des Patienten an verschiedenen dezentralen Arbeitsplätzen außerhalb des üblichen Operationstraktes durchgeführt werden (Radiologie, Endoskopie, auf Kinderstationen), bedeutet dies einen höheren apparativen und organisatorischen Aufwand (Philippi-Höhne et al., 2010).

Der mobile Arbeitsplatz muss für die reguläre Durchführung einer Analgosedierung mit entsprechenden Medikamenten und Monitoring ausgestattet sein.

Zum Monitoring gehören die Pulsoximetrie, das EKG und die Blutdruckmessung.

Mit der Pulsoximetrie werden die Sauerstoffsättigung und die Herzfrequenz durchgängig kontrolliert (Philippi-Höhne et al., 2010). Dieses Grundmonitoring ist wichtig, um Zwischenfälle möglichst frühzeitig zu erkennen (Twite and Friesen, 2005).

Bei herzkranken Patienten und ab moderater Sedierung (Grad II) empfiehlt sich zusätzlich ein EKG und die Blutdruckmessung (Philippi-Höhne et al., 2010). Die Überwachung der Atemfrequenz kann durch klinische Beobachtung erfolgen, ebenso sollten Atemwege und Kopfposition kontrolliert werden (Philippi-Höhne et al., 2010). Dies kann durch die Kapnographie ergänzt werden und wird bei eingeschränkter klinischer Beurteilbarkeit empfohlen (Cote and Wilson, 2016). Seit 2018 empfiehlt die ASA einen generellen Einsatz der Kapnographie bei moderaten Sedierungen (American Society of Anesthesiologists, 2018). Durch die kontinuierliche Messung des endtidalen Kohlendioxids können Hypoventilationen früher und häufiger erkannt werden (Yldzdas et al., 2004). Bei Spontanatmenden eignen sich hierfür spezielle Nasensonden (Neuhäuser et al., 2010, Philippi-Höhne et al., 2010)

Die Dokumentation der Anamnese, der Befunde und Diagnosen, der verabreichten Medikamente (Art, Dosis, Zeitpunkt, Applikationsweg), der Vitalparameter und das Notieren von Beginn und Ende der Prozedur sind, wie bei jeder Narkose, Standard (Neuhäuser et al., 2010).

Ein zusätzliches Equipment für Zwischenfälle oder Notfallinterventionen ist unabdingbar, um eine notwendige Beatmung, Intubation oder Reanimation und Gabe entsprechender Medikamente durchführen zu können.

Für respiratorische Zwischenfälle ist eine Sauerstoffzufuhr (über einen Anschluss in der Wand oder über eine Sauerstoffflasche) vorgesehen, ebenso eine Absaugmöglichkeit, sowie Material zur Sicherung freier Atemwege und Beatmungsmöglichkeit (Philippi-Höhne et al., 2010).

Hilfsmittel und Gerätschaften zur Durchführung einer Reanimation sind essentiell, ebenso wie Medikamente zur Notfallversorgung von Komplikationen mit dem Herzen und der Atmung, um auf einen anaphylaktischen Schock reagieren und starke Blutungen stillen zu können (Taeger, 2002, Beck et al., 2013)

1.2.5 Personelle Voraussetzungen: Das Analgosedierungsteam

Der untersuchende bzw. operierende Arzt ist nicht in der Lage, zusätzlich die Überwachung des sedierten Patienten zu übernehmen. Um den Anforderungen an das Monitoring, die Dokumentation, die korrekte Gabe von Sedativa und Analgetika und das sichere Management von Zwischenfällen und Komplikationen während einer Analgosedierung gerecht zu werden, wird ein speziell ausgebildetes Team aus Ärzten und Pflegekräften empfohlen (Neuhäuser et al., 2010, Taeger, 2002, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin et al., 2005, Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin et al., 2006).

Der sedierende Arzt/Pflegekraft sollte für die Durchführung von Analgosedierungen geschult und qualifiziert sein. Hierzu gehören der Umgang mit den für eine Analgosedierung benötigten Medikamenten, die Überwachung und Beurteilung des Bewusstseinszustandes, die Techniken zur Atemwegssicherung und die Beherrschung von lebensrettenden Maßnahmen (Neuhäuser et al., 2010, Philippi-Höhne et al., 2010).

1.2.6 Überwachung und Entlassung nach Beendigung der Analgosedierung

Da auch nach Beendigung der Untersuchung Komplikationen auftreten können, sollte das Kind während der Erholungsphase in geeigneten Räumlichkeiten und durch Fachpersonal betreut werden. Erst wenn die Vitalfunktionen stabil sind und das Kind schmerzfrei und erholt ist, darf es entlassen werden (Philippi-Höhne et al., 2010, American Society of Anesthesiologists, 2018).

Es ist entsprechend der Empfehlungen nach Anästhesieverfahren vorzugehen. (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2009)

1.2.7 Medikamente zur Analgosedierung

Eine Analgosedierung wird durch eine systemische, in der Regel intravenöse Gabe von einem Hypnotikum und/oder von Analgetika und nach Bedarf einer zusätzlichen Gabe eines Lokalanästhetikums durchgeführt (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2010).

Ob nur eine sedierende Wirkung ausreicht oder zusätzlich schmerzausschaltende Medikamente eingesetzt werden, hängt von der Art der Prozedur (schmerzhaft oder nicht schmerzhaft) ab.

Der Grat zwischen Analgosedierung und Allgemeinanästhesie ist schmal. Eine Überdosierung an Sedativa kann zur Narkose führen. Besonders bei Kindern ist die Wirkung individuell sehr unterschiedlich, sodass eine sorgfältige Titration der Sedativa nötig ist (Taeger, 2002).

Je tiefer die Analgosedierung, desto eher toleriert der Patient die Prozedur, jedoch steigt auch das Risiko für Komplikationen (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2010, Hoffman et al., 2002). Besonders bei Medikamenten mit geringer therapeutischer Breite ist Erfahrung im Umgang mit den entsprechenden Medikamenten erforderlich (Taeger, 2002).

1.2.7.1 Medikamente zur Sedierung

Als Hypnotikum werden am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf Propofol und das Benzodiazepin Midazolam eingesetzt.

Für minimale Sedierungen ist Midazolam das Hypnotikum der Wahl. Die Anwendung gilt aufgrund der großen therapeutischen Breite als sicher. Der Abstand zwischen sedierender und narkotischer Dosis ist ausreichend groß. Ein Antagonist steht mit Flumazenil ebenfalls zur Verfügung. Zu beachten ist, dass dieser eine kürzere Wirkungsdauer als Midazolam hat (Taeger, 2002).

„Für die Anwendung von Midazolam sprechen die ausgeprägte Anxiolyse und die anterograde Amnesie. Von Vorteil sind auch die geringe Beeinflussung der Hämodynamik, die minimale Irritation des Bronchialsystems, die Anhebung der Krampfschwelle, die zentral muskelrelaxierende Wirkung sowie die gute Steuerbarkeit bei kurzer Anschlagzeit.“ (Philippi-Höhne et al., 2010) Bei intravenöser Gabe von 0.1 mg/kg Körpergewicht tritt die Wirkung nach 1-2 min ein.

Da es keine eng umschriebene Dosis-Wirkungs-Beziehung gibt, empfiehlt sich die Verabreichung durch kleine Einzeldosen, also Titration.

Als Nebenwirkung tritt manchmal Hypersalivation auf und selten Ataxie und Erregungszustände.

Midazolam eignet sich nicht für bildgebende Verfahren (CT, MRT, Szintigraphie), da es keine motorische Ruhigstellung des Kindes gewährleistet (Philippi-Höhne et al., 2010).

Das Hypnotikum Propofol eignet sich für tiefe Sedierungen. Da es nur eine geringe therapeutische Breite aufweist, sollte der sedierende Arzt die Fähigkeit zur Beherrschung von Komplikationen und einen entsprechenden Notfallplan vorweisen. Propofol ist erst ab einem Lebensalter von 1 Monat zugelassen (Neuhäuser et al., 2010).

Ein Bewusstseinsverlust wird innerhalb von 20 Sekunden nach intravenöser Bolus-Applikation für 4-10 min erreicht. Bei längeren Eingriffen wird die Sedierung durch kontinuierliche Gabe von Propofol (6-10 mg/kg Körpergewicht/h) aufrechterhalten.

Vorteilhaft ist der schnelle Wirkungseintritt mit kurzer Wirkdauer.

Bei Säuglingen und Kleinkindern hat Propofol in Dosierungen von 3 mg/kg Körpergewicht kaum einen Effekt auf die Ventilation und Oxygenierung. Propofol muss bei schmerzhaften Eingriffen immer mit einem Analgetikum kombiniert werden, da es keinen klinisch relevanten analgetischen Effekt hat (Philippi-Höhne et al., 2010).

Als weiteres Medikament zur Sedierung steht Ketamin zur Verfügung, welches zusätzlich analgetische und amnestische Eigenschaften besitzt. Es werden zur tiefen Sedierung 0,5-1,0 mg/kg Körpergewicht S-Ketamin intravenös appliziert. Zur Weiterführung der Sedierung sind eine kontinuierliche Gabe oder repetitive Bolusgaben erforderlich. Zu den positiven Eigenschaften von Ketamin zählen der

Erhalt der Spontanatmung und Schutzreflexe, der schnelle Wirkungseintritt und eine kurze Wirkdauer. Bei richtiger Anwendung führt es kaum zu Atemdepression. Es sollte in Kombination mit Midazolam oder Propofol gegeben werden, um psychomimetische Nebenwirkungen zu vermeiden.

Häufige Nebenwirkungen stellen Hypersalivation, Halluzinationen und Apnoe bei Überdosierung dar (Philippi-Höhne et al., 2010).

Falls die Analgosedierung des Kindes über den intravenösen Zugang nicht möglich ist, kann alternativ eine Maskeneinleitung (inhalative Einleitung) durchgeführt werden. Sevofluran ist hierbei das Mittel der Wahl und ermöglicht eine rasche Einleitung. Es kommt selten zu Reizungen der Atemwege oder zu einem Laryngospasmus. Der Blutdruck und die Herzfrequenz bleiben während der Einleitungsphase stabil bzw. sind erhöht (Wodey et al., 1997, Becke et al., 2010)

1.2.7.2 Medikamente zur Analgesie

Lokalanästhetika sollten bei schmerzhaften Prozeduren als Oberflächenanästhetikum immer ergänzend eingesetzt werden. (Philippi-Höhne et al., 2010)

Opioide werden bei sehr schmerzhaften Eingriffen benötigt. Die analgetische und atemdepressorische Wirkung liegen hierbei dicht beieinander und sind von der Dosierung abhängig. Somit müssen Opioide vorsichtig titriert werden (Taeger, 2002, Davis and Cladis, 2005). Für die Analgesie von Kindern werden kurzwirksame Opioide (Alfentanil, Remifentanil) den langwirksamen Opioiden (Piritramid, Morphin, Fentanyl) vorgezogen, da sie besser steuerbar sind. Zur tiefen Analgosedierung eignet sich die Kombination aus Remifentanil mit Propofol, wobei der Übergang zur Allgemeinanästhesie fließend ist. Remifentanil ist ein ultra-kurz wirkendes Analgetikum mit einer Wirkdauer von 10-35 min. Bradykardie und Thoraxrigidität sind als Nebenwirkungen bekannt und müssen während eines Eingriffes behandelt werden können (Taeger, 2002).

1.3 Aufstellung eines Konzepts am UKE

Da ein schmaler Grat zwischen Analgosedierung und Allgemeinanästhesie besteht, die Übergänge oft fließend sind und auf Zwischenfälle während einer

Analgesedierung adäquat reagiert werden muss, sollten Kinder und Jugendliche nur von entsprechend qualifizierten Fachärzten, die Erfahrung in der pädiatrischen Intensivmedizin oder mit der anästhesiologischen Betreuung von Kindern haben sowie von spezialisierten Pflegekräften, analgesediert werden. Die Einrichtung eines spezialisierten „Analgesedierungsteams“ kann dabei Qualität und Sicherheit erhöhen. Da die Untersuchungen häufig nicht im Operationstrakt durchgeführt werden, müssen apparative und räumliche Voraussetzungen geschaffen werden. Alle Geräte und Medikamente für die Beherrschung von Zwischenfällen müssen ebenso wie das entsprechende Monitoring vor Ort sein und ein Ablauf für alle Szenarien standardisiert sein (Philippi-Höhne et al., 2010).

Dieser Anspruch geht aus den aktuellen Empfehlungen der DGAI und BDA hervor (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin and Berufsverband Deutscher Anästhesisten, 2010).

Das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, eine der führenden Kliniken Europas, startete daraufhin ein interdisziplinäres Projekt.

Im Zentrum stehen die sichere, fachgerechte und patientenorientierte Durchführung von Analgesedierungen. Es wurde ein ausgebildetes und erfahrenes Analgesedierungsteam aus Fachärzten der Anästhesie und der pädiatrischen Intensivmedizin und Neonatologie etabliert. Dieses führte ausschließlich die Analgesedierungen für das neue Projekt durch. Das Team wurde im Simulationszentrum der Klinik für Anästhesiologie geschult.

Um Analgesedierungen außerhalb des Operationsraumes sicher durchführen zu können, wurden die räumlichen und apparativen Voraussetzungen optimiert.

Es wurde ein mobiler Arbeitsplatz angeschafft, der entsprechendes Monitoring, Spritzenpumpen, Sauerstoff und Notfallequipment umfasst und somit ein ortsunabhängiges Arbeiten ermöglicht. Um eine Voruntersuchung aller zu sedierenden Kinder und die Aufklärung der Eltern zu ermöglichen, wurden die Kapazitäten der anästhesiologischen Ambulanz (Prämedikationsambulanz) ausgebaut. Die organisatorischen Abläufe von der Aufnahme der Kinder bis zur Entlassung wurden festgelegt, insbesondere die postinterventionelle Überwachung.

Organisatorisch wurde ein eigener Operationsplan für Kinderanalgesedierungen eingeführt, über den die Leistung des Analgesedierungsteams durch die

verschiedenen Untersucher angefordert und das zeitliche Management der Analgosedierungen optimiert werden kann.

1.4 Formulierung der Fragestellung

Seit dem 20.08.2014 werden Analgosedierungen am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf ausschließlich durch das eigens dafür bestimmte Team durchgeführt. In dieser Arbeit wird ein Rückblick auf das erste Jahr der Tätigkeit des Kinderanalgosedierungsteams (20.08.2014 bis 19.08.2015) aufgestellt und ausgewertet.

Durch die deskriptive Auswertung des Patientenkollektivs sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Birgt die Patientenkielentel des UKE ein erhöhtes Risiko für Analgosedierungen?
- Sind die Durchführung von Analgosedierungen und die Etablierung eines Analgosedierungsteams am UKE sinnvoll?
- Wodurch kann Einfluss auf einen reibungslosen und effektiven Ablauf der Analgosedierungen genommen werden?
- Wodurch können Analgosedierungen an Sicherheit gewinnen?

2 Material und Methode

2.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Studie mit 441 Kindern, die im Zeitraum vom 20.08.2014 bis 19.08.2015 von einem hochspezialisierten Team aus Anästhesisten und Pädiatern des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf sediert wurden. Insgesamt wurden 792 Analgosedierungen durchgeführt.

Aufgrund acht fehlender oder unvollständiger Protokolle reduziert sich die Gesamtzahl der auswertbaren Analgosedierungen auf 784.

2.2 Informationsquellen und Datenbasis/Datenerfassung

Mithilfe des OP-Planungssystems myMedis (Medical Information System, c.a.r.u.s. HMS GmbH, Norderstedt) konnten für den Zeitraum vom 20.08.2014 bis 19.08.2015 die am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf gelaufenen Analgosedierungen, sortiert nach Tag des Eingriffes eingesehen werden und der Name des Kindes entnommen werden.

Der Operationsplan in myMedis enthielt eine separate Spalte für die Kinderanalgosedierungen, die durch das spezialisierte Kinderanalgosedierungsteam des UKE durchgeführt wurden. Dieses Team ist mit den Leitlinien und der Durchführung von Sedierungen bei Kindern vertraut, weshalb nur dessen Sedierungen berücksichtigt wurden.

Die Anästhesieprotokolle des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf werden nach gelaufener Sedierung digital eingelesen und stehen über die Software MEDLINQ-Anästhesie (MEDLINQ Softwaresysteme GmbH, Hamburg) im Krankenhausinformationssystem des UKE zur Einsicht zur Verfügung.

Über Name des Kindes und Datum des Eingriffs (aus myMedis) lässt sich das entsprechende Anästhesieprotokoll aufrufen. Zur detaillierten Datenerfassung wurden die Anästhesieprotokolle in eine Excel-Datenbank eingetragen und nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet.

Die Datenbank erfasst demographische und klinisch relevante Parameter. Unterschieden wurde zwischen patientenbezogenen Angaben, eingriffsbezogenen

Parametern, Medikamenten, Komplikationen, der Aufwachphase und Besonderheiten.

Zu den patientenbezogenen Angaben gehört die Patienten-ID, die jedem Patienten eine Nummer zuteilt, um die Daten personenunabhängig bearbeiten zu können. Die Laufende-ID teilt jedem Eingriff eine Nummer zu. Außerdem zählen hierzu Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, ASA-Klassifikation, Hauptdiagnose mit Nebendiagnosen, vorhandene Atemwegsinfektion und vorausgegangene Sedierungen. Die Hauptdiagnose definiert sich durch das übergeordnete Krankheitsbild des Kindes und indiziert die Untersuchung unter Analgosedierung.

Zu den eingriffsbezogenen Parametern gehören Art und Dauer des Eingriffs und die Fachabteilung des sedierenden Arztes (Anästhesie und/oder Pädiatrie). Die Art des Eingriffes konnte in folgende Kategorien einsortiert werden: Bronchoskopie, CT, Endoskopie, Knochenmarkpunktion, Leberbiopsie, Liquorpunktion, MIBG-Szintigraphie, MRT Neurokranium und MRT anderes, Nierenbiopsie, Nierenszintigraphie, ZVK-Anlage und Sonstiges (TEE/Kardioversion, TTE/EKG, sonographische Desinvagination, Thoraxdrainage, BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie, Thoraxdrainagenentfernung, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm). Die Art des Eingriffes konnte als Freitext noch genauer definiert werden.

In der Kategorie Medikamente wurden Angaben zur Art und Dosierung der verabreichten Medikamente gemacht. Das Hypnotikum und Analgetikum konnten in Form eines Bolus oder kontinuierlich gegeben werden. Die körperrgewichtbezogene Dosierung des Bolus konnte so aus Mengenangabe und Gewicht berechnet werden. Bei der Laufrate wurde die durchschnittlich verabreichte Laufrate des Medikaments gewählt. Außerdem wurde noch angegeben, ob ein intravenöser Zugang vor Beginn der Prozedur lag, ob eine inhalative Sedierung nötig war und ob ein Lokalanästhetikum gegeben wurde.

Unter dem Überbegriff Komplikationen wurde eingetragen, um welche Kategorie von Komplikation es sich handelte, dabei gab es eine Unterteilung in „Respiratorisch“, „Hämodynamisch“ und „Andere“. Diese wurden noch weiter unterteilt (siehe Tabelle 7 im Anhang). Ein Freitext ließ eine genauere Beschreibung der Komplikation zu. Auch die während der Prozedur notwendigen Interventionen ließen sich nach ihrer Art kategorisieren (Auswahl siehe Tabelle 7 im Anhang) und konnten durch einen Freitext genauer ausformuliert werden. Bei

einem weiteren Unterpunkt konnte angegeben werden, ob es zur Unterbrechung bzw. zum Abbruch der Prozedur gekommen ist.

Bei der Aufwachphase wurde die Zeit im Aufwachraum der Klinik für Anästhesiologie angegeben, wenn der Patient dort überwacht wurde.

Unter Besonderheiten wurden zusätzlich Angaben erfasst, die bestimmte Auffälligkeiten des Kindes beschreiben oder während der Sedierung aufgetreten sind und durch die anderen Kategorien nicht erfasst werden konnten.

Eine Kurzform der erfassten Parameter liefert nachfolgende Tabelle 3. Eine Tabelle zu allen erfassten Parametern befindet sich im Anhang dieser Dissertation.

Tabelle 3: Übersicht über die erfassten Parameter (Kurzform)

	Parameter
Patientenbezogene Angaben	Patienten-ID und Laufende-ID Datum des Eingriffs Haupt- und Nebendiagnose ASA-Klassifikation Geburtsdatum, Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht Vorherige Sedierung Atemwegsinfekt
Eingriffsbezogene Parameter	Art und Dauer des Eingriffs Fachabteilung des Arztes
Medikamente	Art des Hypnotikums (Bolus) - Dosierung, Menge und Menge pro kg KG Art des Hypnotikums (kontinuierlich) - Dosierung und Laufrate Art des Analgetikums (Bolus) - Dosierung, Menge und Menge pro kg KG Art des Analgetikums (kontinuierlich) - Dosierung und Laufrate Weitere Medikamente Liegender intravenöser Zugang Inhalative Sedierung Lokalanästhesie
Komplikationen	Komplikation - Kategorie, Benennung, Freitext Intervention - Benennung und Freitext Unterbrechung der Prozedur Abbruch der Prozedur
Aufwachphase	Erholungszeit und Dauer im Aufwachraum

Die in der Excel-Tabelle erfassten Daten wurden mit Hilfe von Microsoft Excel 2010 anonymisiert ausgewertet.

Zunächst wurden die Mittelwerte für Alter, Größe, Gewicht, Eingriffsdauer, Dauer des Aufenthalts im Aufwachraum und der Dosierung der verabreichten Medikamente berechnet, um einen Überblick über die durchschnittliche Häufigkeit der 784 Patienten zu bekommen.

Zudem wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten der Merkmale des Patientenkollektivs (Häufigkeiten der Hauptdiagnosen, der ASA-Klassifikationen, der Altersgruppen, des Geschlechts, der Patienten mit vorheriger Sedierung, der Art der Eingriffe und der schmerzhaften Eingriffe, der Anzahl an Prozeduren pro Eingriff, der Operationsdauer, der Fachabteilung des sedierenden Arztes, der verabreichten Hypnotika und Analgetika und deren Dosierung, der liegenden intravenösen Zugänge, der inhalativen Einleitung, der Verwendung eines Lokalanästhetikums, der Komplikationen, der Interventionen, der Unterbrechungen und der Abbrüche einer Analgosedierung sowie die Häufigkeit an Patienten im Aufwachraum) berechnet. Je nach Fragestellung wurde die Häufigkeit mit dem Stichprobenumfang des Gesamtkollektivs oder mit der Gesamtzahl an Patienten, die ein bestimmtes Merkmal, beispielsweise eine Komplikation, aufweisen, berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenbezogene Erhebungsparameter

Die Studie umfasste 441 Patienten, die sich im Zeitraum vom 20.08.2014 bis 19.08.2015 einem Eingriff mit Analgosedierung unterzogen. Insgesamt wurden 784 Analgosedierungen durchgeführt.

3.1.1 Alter

Der Altersdurchschnitt lag bei 7,1 Jahren (85,4 Monate). Die Spannweite des Alters lag zwischen 0 Monaten und 240 Monaten (20 Jahre).

Im folgenden Diagramm (Abbildung 1) wurde eine Einteilung in verschiedene Altersgruppen vorgenommen.

Die Mehrheit der Kinder waren Schulkinder, die älter als sechs Jahre alt waren (374; 47,7 %; n=784), dem folgt die Altersgruppe der Kleinkinder zwischen einem und sechs Jahren mit 44,9 % (352; n=784). Die Minderheit der Kinder war im Säuglingsalter und somit unter einem Jahr alt (58; 7,4 %; n=784).

Anzahl

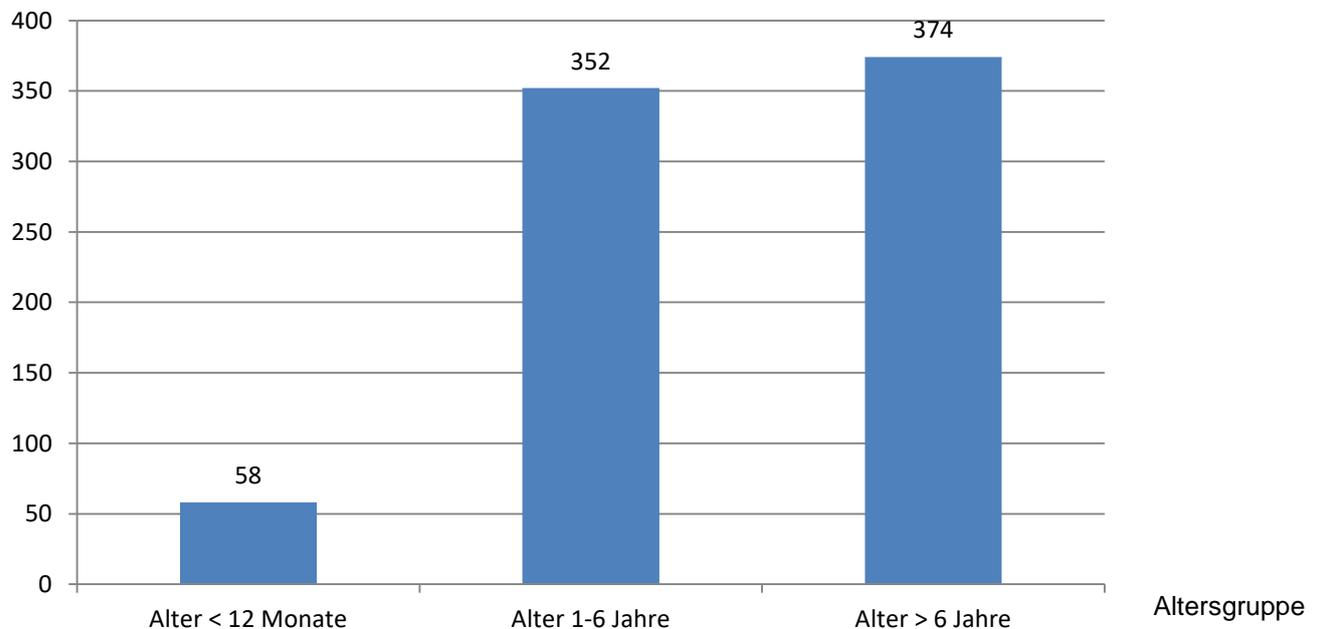


Abbildung 1: Altersverteilung im Gesamtkollektiv (n=784)

3.1.2 Geschlecht

Unter den Patienten befanden sich 327 (41,7 %) weibliche und 457 (58,3 %) männliche Patienten.

3.1.3 Größe und Gewicht

Im Durchschnitt waren die Kinder 119 cm groß und wogen 26,6 kg. Das kleinste und ebenfalls leichteste Kind war ein Säugling. Zum Zeitpunkt der Analgosedierung war es 40 cm groß und 2 kg schwer. Das größte Kind war 1,92 m groß. Das schwerste Kind wog 95 kg.

3.1.4 ASA-Klassifikation

Die Unterteilung in ASA-Klassifikationen ergab, dass 50 % der sedierten Kinder der ASA Klasse 3 angehörten (395), am zweithäufigsten war die ASA Klasse 2 vertreten mit 36 % und 280 Kindern. Nur 11 % (86) gehörten der ASA Klasse 1 an und 3% (23) der ASA Klasse 4. Kein Kind entsprach der ASA Klasse 5.

Die untenstehende Abbildung 2 verdeutlicht diese Verteilung.

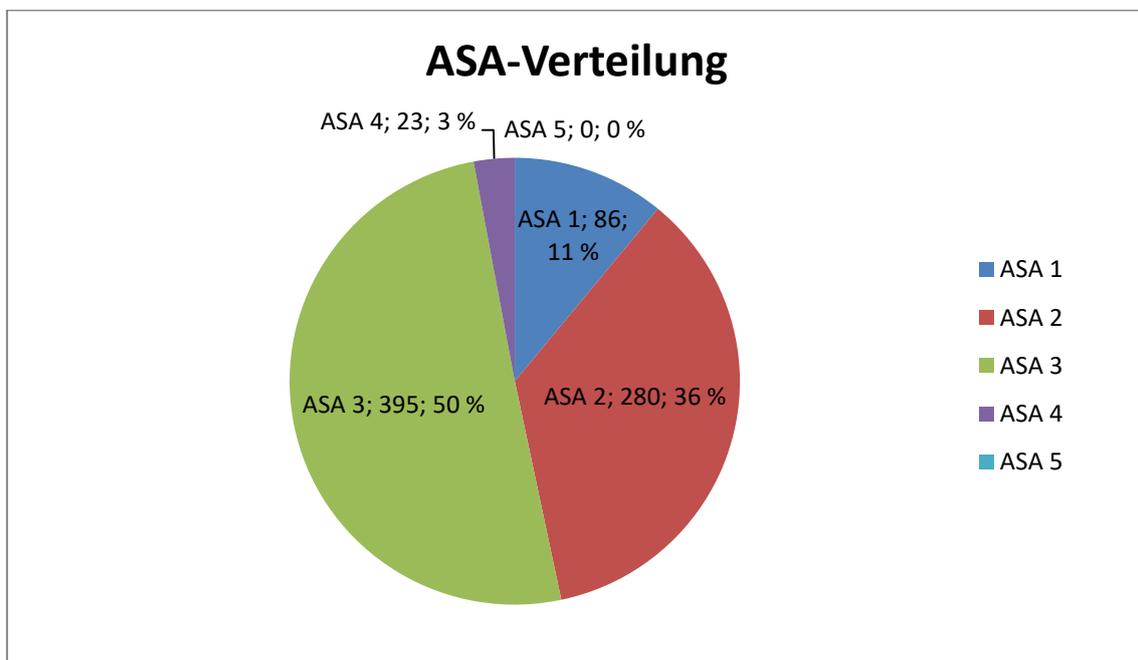


Abbildung 2: ASA-Verteilung im Gesamtkollektiv (n=784)

3.1.5 Hauptdiagnose

Die Hauptdiagnosen der Kinder wurden übergeordneten Kategorien zugeordnet. Die größte Gruppe an Kindern hatte mit 52,9 % (415 Fälle; n=784) eine Hauptdiagnose der Kategorie „hämato-onkologisch“. Dem folgen mit 16,8 % (132; n=784) neurologische Diagnosen. 11,9 % (93; n=784) der Kinder hatten eine Hauptdiagnose der Kategorie „hepatologisch“ und 7,1 % (56; n=784) der Kategorie „nephrologisch“. Nur 2 % (16; n=784) hatten eine kardiologische, 1,4 % (11; n=784) eine pulmonologische, 1 % (8; n=784) eine gastroenterologische und nur ein Kind (0,1 %; n=784) eine metabolische Hauptdiagnose.

6,6 % (52; n=784) der Kinder konnten keiner dieser Kategorien zugeordnet werden.

Eine Übersicht über die Verteilung der Hauptdiagnosen bietet Abbildung 3.

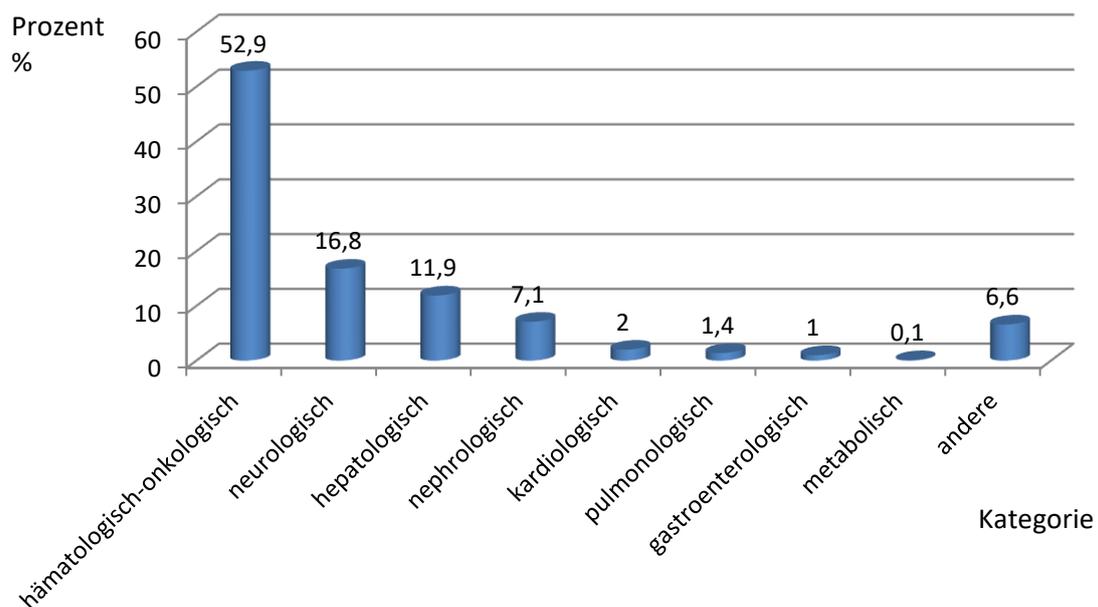


Abbildung 3: Verteilung der Hauptdiagnosen der Kinder in Prozent (n=784)

3.1.6 Vorherige Analgosedierung

Bei insgesamt 376 (47 %) Analgosedierungen wurde zu einem früheren Zeitpunkt schon einmal sediert.

3.1.7 Atemwegsinfektion

Eine Atemwegsinfektion wurde vor dem Eingriff bei 41 Patienten, das entspricht 5 % des Gesamtpatientenkollektivs, festgestellt.

3.1.8 Liegender intravenöser Zugang

Bei jedem Patienten wurde festgestellt, ob ein intravenöser Zugang vor Beginn der Sedierung bereits vorhanden war. Bei der großen Mehrheit der Patienten (715, 91,2 %) wurde der intravenöse Zugang bereits vor dem Eingriff auf der Station oder in der Ambulanz gelegt.

3.2 Eingriffsbezogene Erhebungsparameter

3.2.1 Art des Eingriffs

Am häufigsten wurden Knochenmarkspunktionen und Liquorpunktionen (272, 34,7 %) durchgeführt. Dem folgt mit 30,7 % (241) das bildgebende Verfahren MRT und mit 11,2 % (88) die Leberbiopsie.

Nierenbiopsien und ZVK-Anlagen wurden gleichhäufig durchgeführt, jeweils 38 Eingriffe (4,8 %).

Die Eingriffe MIBG-Szintigraphie (32, 4,1 %), CT (19, 2,4 %), Sonstige (19, 2,4 %), Nierenzintigraphie (17, 2,0 %), Endoskopie (12, 1,5 %) und Bronchoskopie (9, 1,1 %) haben deutlich seltener stattgefunden.

Diese Verteilung wird in der unten stehenden Abbildung 4 nochmals verdeutlicht.

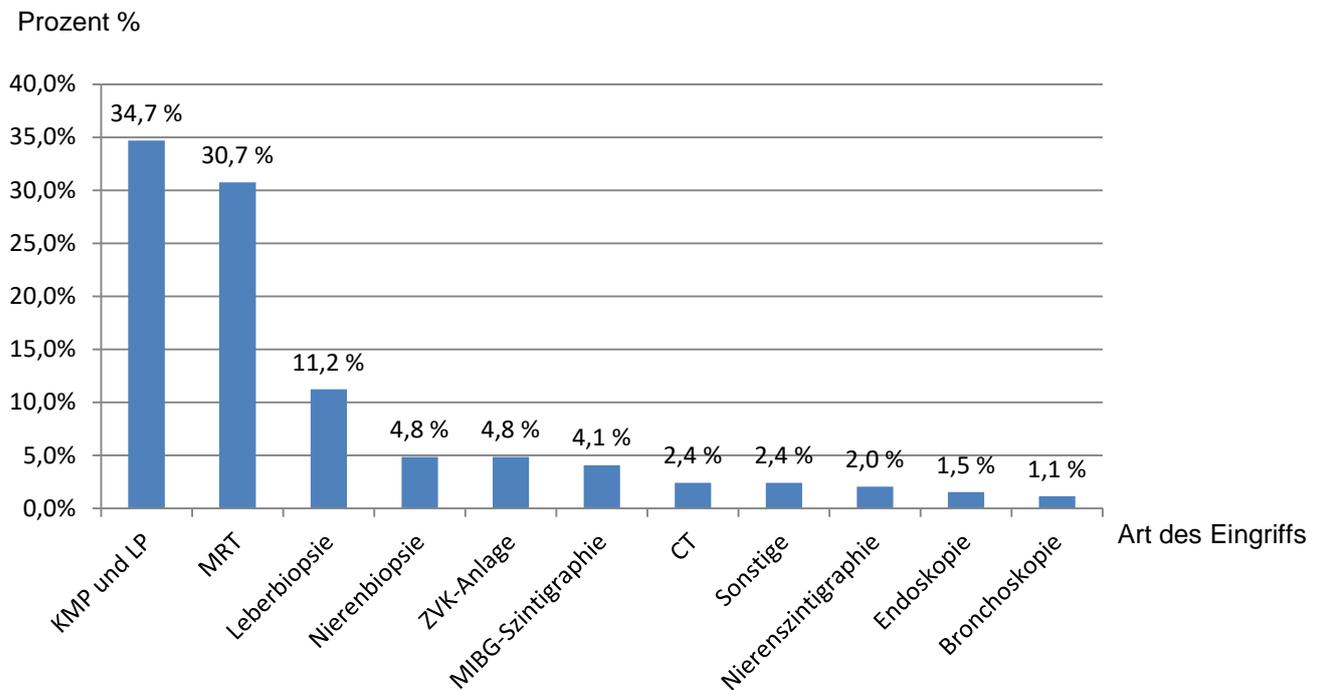


Abbildung 4: Art der Eingriffe in Prozent

Um einen besseren Überblick über die Art des Eingriffes zu schaffen, wurden diese in weitergefasste Gruppen eingeteilt. Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt die Einteilung in die Gruppierungen bildgebende Verfahren (MRT und CT), Knochenmarks- und Liquorpunktionen, Biopsien (Leber- und Nierenbiopsien), und anderweitige Prozeduren (Bronchoskopie, Endoskopie, MIBG-Szintigraphie, Nierenzintigraphie, ZVK-Anlage, Sonstiges (TEE/Kardioversion, TTE/EKG, sonographische Desinvagination, Thoraxdrainage, BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie, Thoraxdrainagenentfernung, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm)).

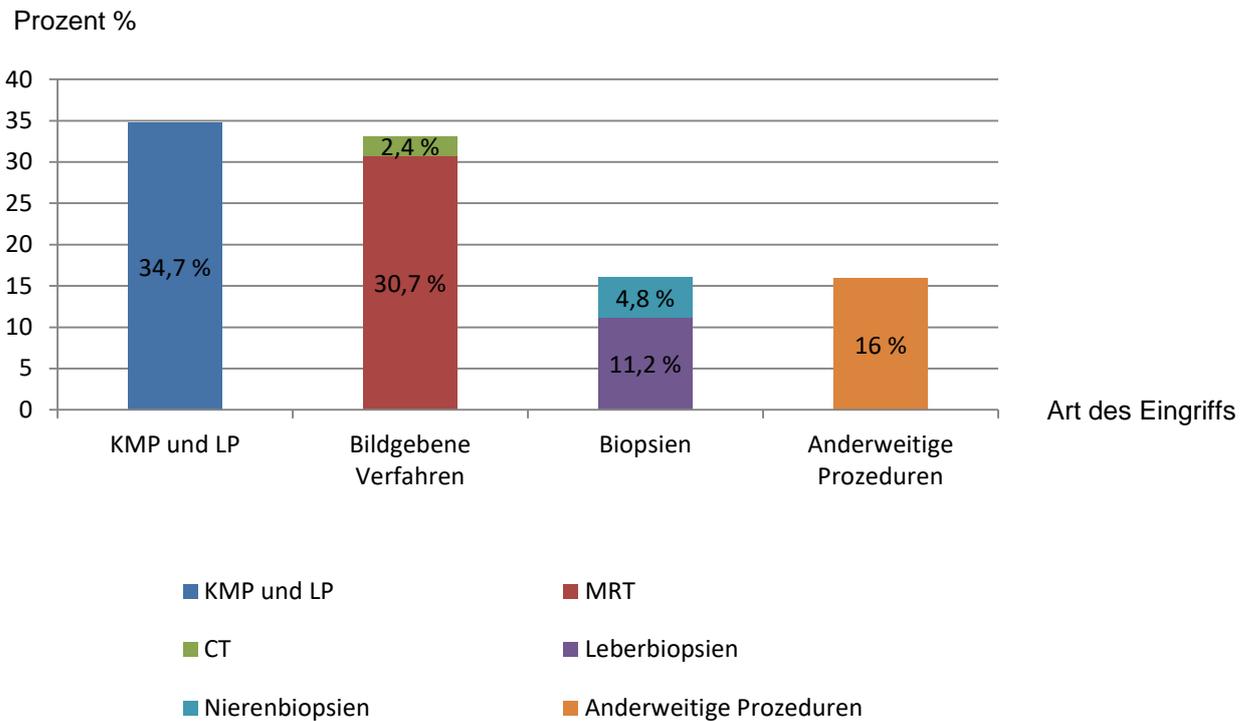


Abbildung 5: Art der Eingriffe nach Gruppierung in KMP und LP, Bildgebende Verfahren, Biopsien und anderweitige Prozeduren (Bronchoskopie, Endoskopie, MIBG-Szintigraphie, Nierenzintigraphie, ZVK-Anlage, Sonstiges (TEE/Kardioversion, TTE/EKG, sonographische Desinvagination, Thoraxdrainage, BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie, Thoraxdrainagenentfernung, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm)) (n=784)

Insgesamt überwiegen die Knochenmarks- und Liquorpunktionen mit 272 Eingriffen (35 %), gefolgt von den bildgebenden Verfahren (MRT und CT) mit 260 Eingriffen (33 %). Es wurden 126 (16 %) Biopsien (Leber- und Nierenbiopsien) und ebenso viele anderweitige Prozeduren (Bronchoskopie, Endoskopie, MIBG-Szintigraphie, Nierenzintigraphie, ZVK-Anlage, Sonstiges (TEE/Kardioversion, TTE/EKG, sonographische Desinvagination, Thoraxdrainage, BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie, Thoraxdrainagenentfernung, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm)) durchgeführt.

Außerdem wurden die Prozeduren in schmerzhaft und nicht-schmerzhaft eingeteilt, die sich durch die Art der Analgosedierung unterscheiden. Zu den schmerzhaften Prozeduren zählen Bronchoskopie, Knochenmarkpunktion, Leberbiopsie, Liquorpunktion, Nierenbiopsie, ZVK-Anlage und die unter sonstigen Prozeduren laufenden Eingriffe wie Thoraxdrainage, TEE und Kardioversion, Schilddrüsenpunktion, Abszessspaltung, Miktionszystourethrogramm und Thoraxdrainagenentfernung

Nicht-schmerzhaft Eingriffe sind CTs, MIBG-Szintigraphie, MRTs, Nierenszintigraphie, Endoskopie und die unter sonstigen Prozeduren laufenden Eingriffe BERA, Duplex-Sonographie, Skelett-Szintigraphie und sonographische Invagination.

Die schmerzhaften Prozeduren überwiegen mit 58 % (453) gegenüber den nicht-schmerzhaften Prozeduren mit 42 % (331) (siehe Abbildung 6).

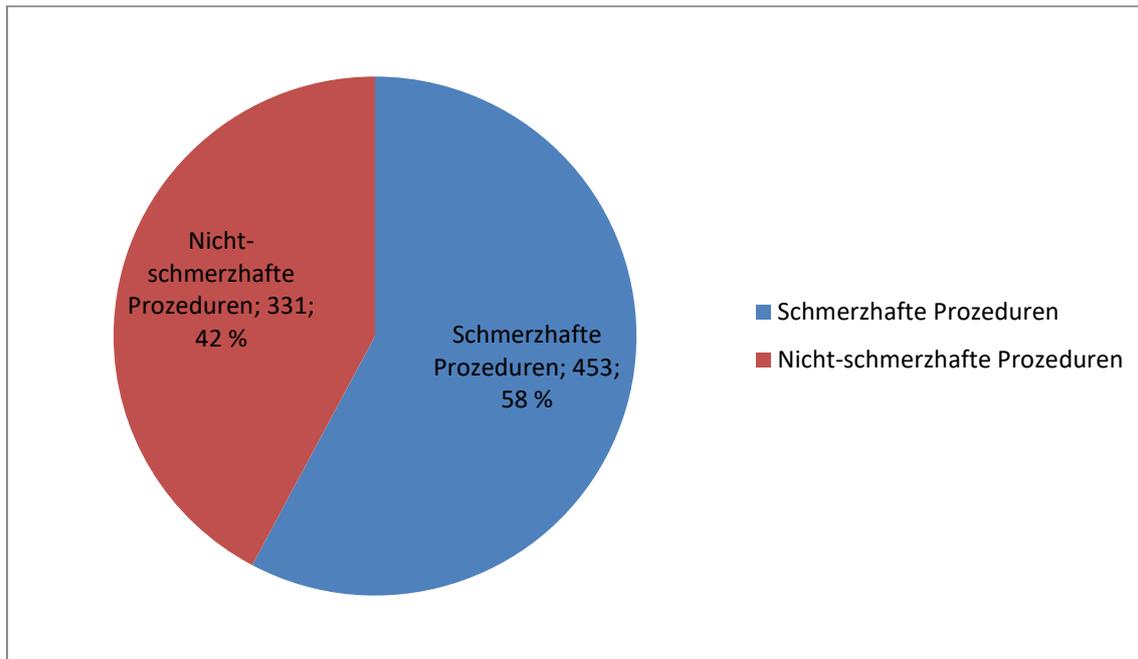


Abbildung 6: Anteil an Schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Prozeduren (n=784)

In einigen Fällen wurden während einer Analgosedierung mehrere verschiedene Prozeduren durchgeführt. In 84,3 % (n=784) der Eingriffe wurde nur eine einzige Prozedur durchgeführt, das entspricht 661 Eingriffen. Zwei verschiedene Prozeduren wurden in 121 Fällen pro Analgosedierung durchgeführt, das entspricht 15,4 % (n=784). In nur 2 Fällen (0,3 %, n=784) wurden 3 verschiedenen Prozeduren während einer Analgosedierung vorgenommen.

3.2.2 Dauer des Eingriffs

Im Durchschnitt dauerte ein Eingriff 25 min. Der längste Eingriff dauerte 250 min, also 4 h und 10 min. Die schnellsten Eingriffe dauerten nur 5 min.

19,8 % der Eingriffe (155 Fälle) dauerten nur 5 min. Über 60 min lange Eingriffe fanden in 40 Fällen (5,1 %) statt. Abbildung 7 gibt eine Übersicht über die zeitlichen Verläufe.

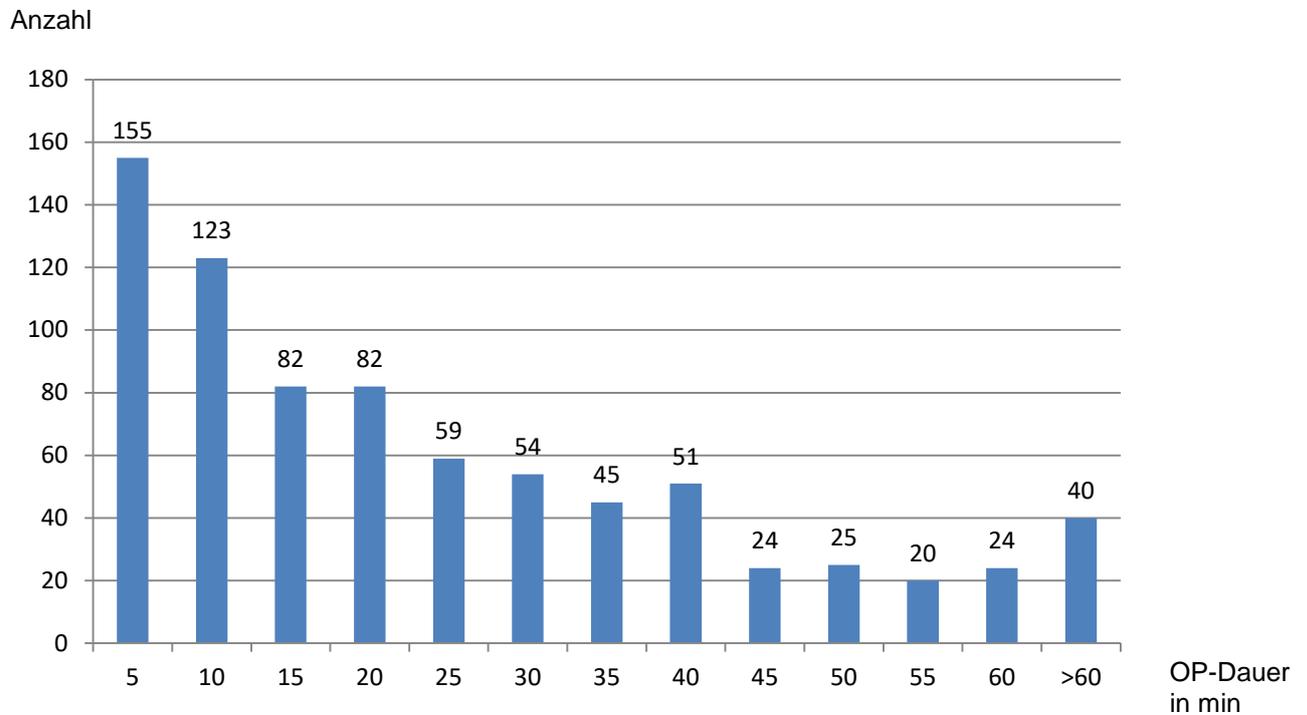


Abbildung 7: OP-Dauer in Minuten (n=784)

3.2.3 Fachabteilung des Arztes

Da das Analgosedierungs-Team aus zwei verschiedenen Fachabteilungen stammte, wurde nach der Zugehörigkeit des Facharztes zur Anästhesie oder Pädiatrie kategorisiert.

Es wurden 456 (58,2 %) Kinder von einem Anästhesisten sediert und 327 (41,7 %) Kinder von einem Pädiater. Ein Kind (0,1 %) wurde von einem Team aus einem Anästhesisten und Pädiater zusammen anästhesiert.

3.3 Medikamente

3.3.1 Art des Hypnotikums

Als Hypnotikum wurden Propofol (Bolusinjektion und kontinuierliche Infusion) und Midazolam verwendet.

Das Hypnotikum Propofol wurde in 620 Fällen (79,1 %, n=784) als Bolus gegeben. Davon wurde 290-mal (47,1 %, n=620) eine alleinige Injektion von einem oder mehreren Boli ohne folgende kontinuierliche Infusion und in 328 Fällen (52,9 %, n=620) Propofol als Bolus und anschließend als kontinuierliche Infusion verabreicht.

Midazolam wurde bei 132 (16,8 %, n=784) Patienten als Bolus injiziert.

In 32 Fällen (4,1 %, n=784) wurde kein Hypnotikum in Form eines Bolus gegeben. Bei 350 (44,6 %, n=784) Patienten erfolgte eine kontinuierliche Propofolinfusion, jedoch nur in 22 Fällen (6,3 %, n=350) als alleiniges Hypnotikum ohne Bolusinjektion.

Bei 10 Patienten (1,3 %, n=784) wurde kein Hypnotikum eingesetzt, also sowohl kein Propofol als auch kein Midazolam.

3.3.2 Art des Analgetikums

Insgesamt wurde in 56,6 % (444, n=784) der Fälle ein Analgetikum als Bolus und/oder kontinuierlich verwendet. Als Bolus wurde nur das Analgetikum S-Ketamin appliziert. Für die kontinuierliche Infusion wurden entweder S-Ketamin oder Remifentanil verwendet.

Insgesamt wurde S-Ketamin bei 381 Patienten (48,6 %, n=784) gegeben. Davon in 378 Fällen (48,2 %, n=784) als Bolusapplikation und in 3 Fällen (0,4 %, n=784) kontinuierlich. Remifentanil wurde 65mal (8,3 %, n=784) infundiert.

Bei schmerzhaften Prozeduren standen also zwei Analgetika zur Verfügung. In 80,8 % der schmerzhaften Prozeduren wurde S-Ketamin als Analgetikum verabreicht, in 13,9 % der Fälle Remifentanil und in 5,3 % kein Analgetikum.

3.3.3 Kombination aus Hypnotikum und Analgetikum

Die Kombination von einem Bolus des Hypnotikums Propofol und einem Bolus des Analgetikums S-Ketamin wurde etwa doppelt so häufig (251; 32 %, n=784) angewendet wie die Kombination von Midazolam (Bolus) und S-Ketamin (Bolus) (126; 16,1 %, n=784).

Sehr selten wurde S-Ketamin kontinuierlich verabreicht (3; 0,4 %, n=784). Davon zweimal (0,3 %, n=784) in Kombination mit dem Hypnotikum Midazolam als Bolusapplikation und einmal (0,1 %, n=784) in Kombination mit einem Propofolperfusor.

In 39 Fällen (5 %, n=784) wurde Propofol als Bolusapplikation zusammen mit dem Analgetikum Remifentanil gegeben. In nur 2 Fällen (0,3 %, n=784) erfolgte eine kontinuierliche Propofolinfusion mit Remifentanil zusammen.

Eine Kombination aus Remifentanil und der Gabe von Propofol als Bolusapplikation und anschließender kontinuierlicher Infusion wurde in 24 Fällen (3,1 %, n=784) gegeben.

3.3.4 Dosierung des Hypnotikums

Die Bolusdosierung von Propofol wurde in mg pro kg Körpergewicht berechnet. Die kleinste Dosis Propofol betrug 0,06 mg pro kg Körpergewicht und wurde bei einem Kind verabreicht. Die maximale kumulative Bolusdosis betrug 17,27 mg Propofol pro kg Körpergewicht.

Durchschnittlich wurden 3,31 mg Propofol pro kg Körpergewicht verabreicht.

Am häufigsten, in 168 Fällen (27,2 %), wurde zwischen 2,1-3 mg Propofol pro kg Körpergewicht gegeben. Dem folgt mit 140 Fällen (22,7 %) eine Dosis zwischen 1,1-2 mg Propofol pro kg Körpergewicht. 123 mal (19,9 %) kam eine Dosis zwischen 3,1-4 mg Propofol pro kg Körpergewicht zur Anwendung. Propofoldosierungen über 6mg pro kg Körpergewicht kamen deutlich seltener vor (siehe Abbildung 8).

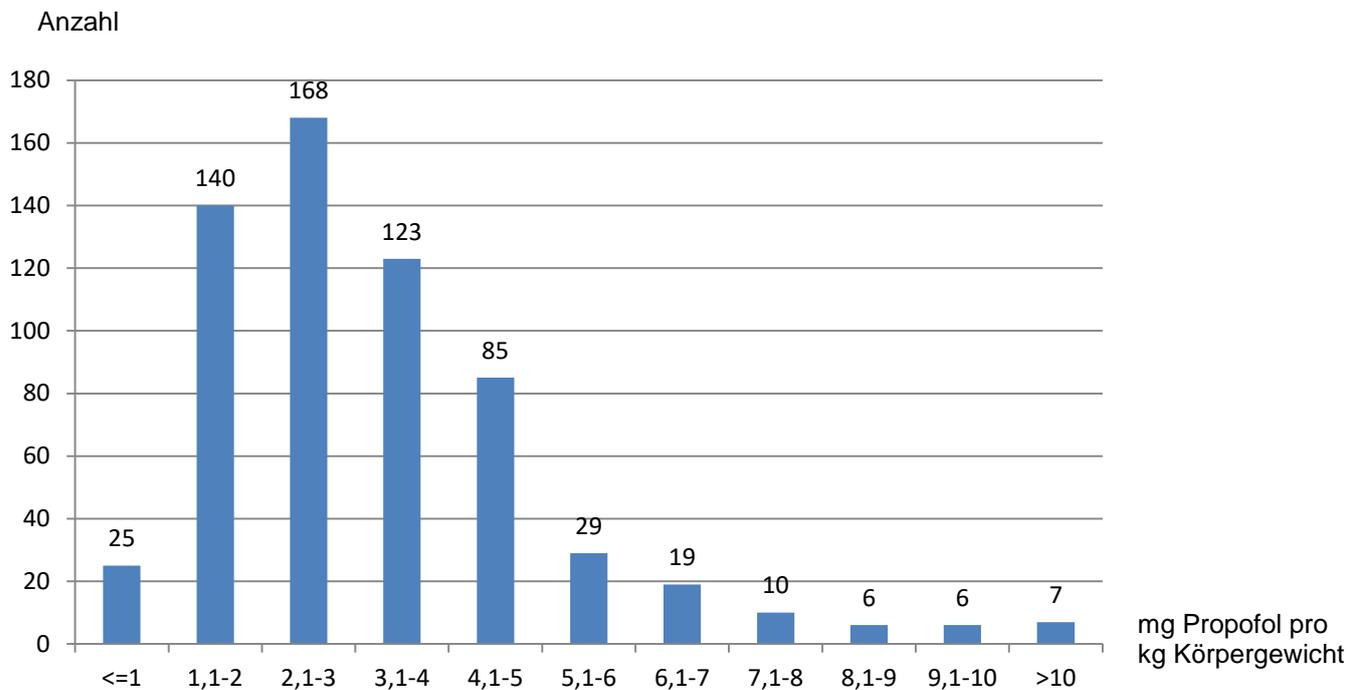


Abbildung 8: Dosierungsverteilung der Propofolgabe in mg pro kg Körpergewicht (n=618)

Als weiteres Hypnotikum wurde Midazolam verwendet. Es kam deutlich seltener zum Einsatz als Propofol. Midazolam wurde, genauso wie Propofol in mg pro kg Körpergewicht dosiert. Im Durchschnitt wurden 0,13 mg Midazolam pro kg Körpergewicht verabreicht. Die kleinste Dosierung betrug 0,02 mg Midazolam pro kg Körpergewicht und wurde bei einem Kind verwendet. Die Höchstdosis betrug 1,92 mg Midazolam pro kg Körpergewicht.

Dosierungen unter 0,05 mg Midazolam pro kg Körpergewicht wurde in nur 4 Fällen gegeben, das entspricht 3 % der Gesamtheit aller Fälle, in denen Midazolam gegeben wurde (n=132).

105 Kinder (79,5 %, n=132) erhielten eine Dosierung von 0,1 mg Midazolam pro kg Körpergewicht. 0,4 und mehr mg Midazolam pro kg Körpergewicht wurde in 4 Fällen (3 %, n=132) verabreicht.

Die Verteilung der Midazolamgabe wird in Abbildung 9 gezeigt.

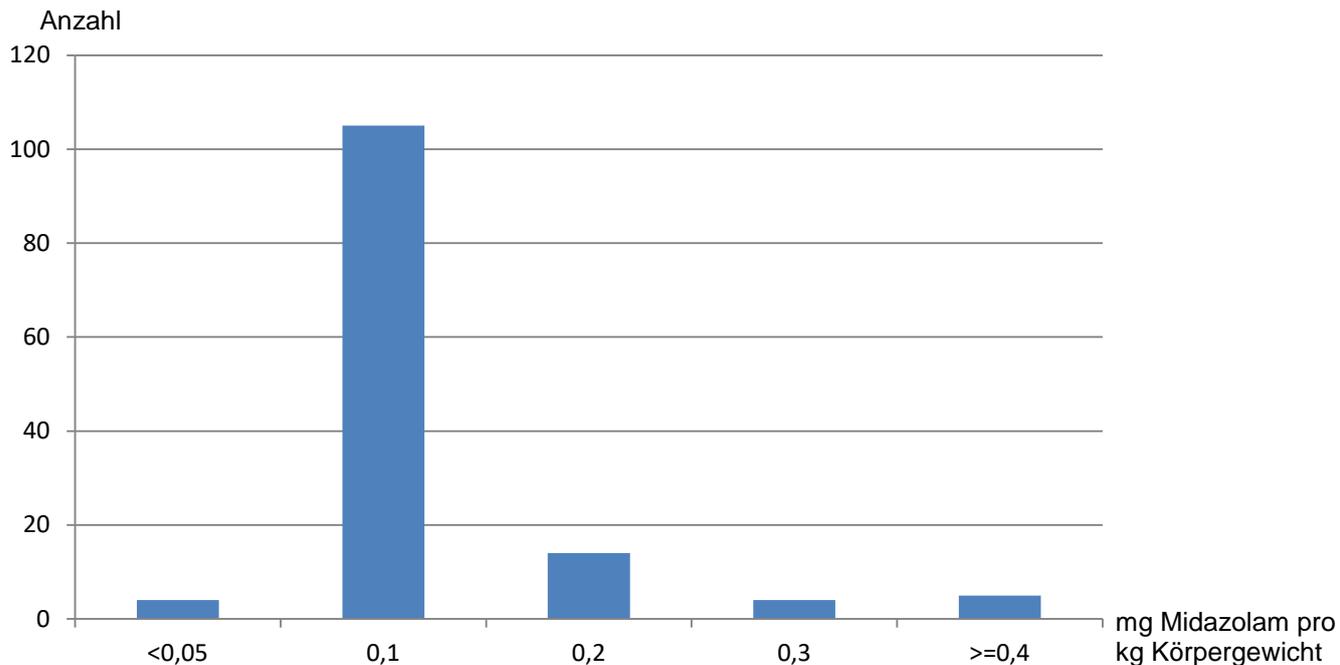


Abbildung 9: Verteilung der Midazolamgabe in mg pro kg Körpergewicht (n=132)

Als kontinuierliches Hypnotikum wurde Propofol gegeben. Die Laufrate wurde in mg/kg/h angegeben. Insgesamt 350 Patienten erhielten eine kontinuierliche Propofolinfusion mit einer durchschnittlichen Dosierung von 6,90 mg/kg/h.

Die geringste Laufrate betrug 1 mg/kg/h und die höchste wurde mit 14 mg/kg/h bei einem Kind erreicht.

Die Verteilung der Laufrate wird in Abbildung 10 näher veranschaulicht.

Eine Laufrate von 6 mg Propofol/kg/h wurde am häufigsten appliziert (113 Fälle; 32,3 %, n=350). Am zweithäufigsten wurde eine Laufrate von 8 mg/kg/h angesetzt (91 Fälle; 26 %, n=350).

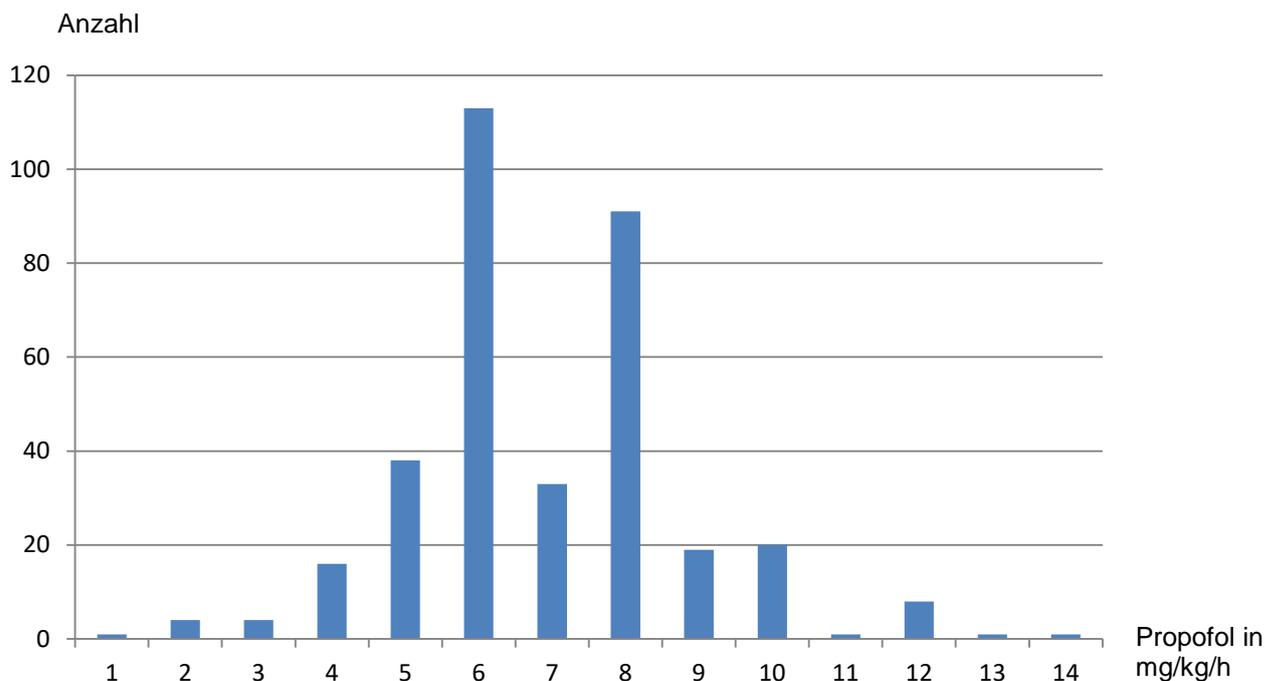


Abbildung 10: Verteilung der Laufrate von Propofol in mg/kg/h (n=350)

3.3.5 Dosierung des Analgetikums

Als Bolusapplikation wurde das Analgetikum S-Ketamin verabreicht. Die Dosierung wurde in mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht berechnet. Bei insgesamt 378 von 784 Patienten wurde S-Ketamin als Analgetikum gegeben bei einer durchschnittlichen Dosierung von 1,12 mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht. Die kleinste Dosis lag bei 0,08 mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht, die maximale kumulative Dosierung nach Gabe mehrerer aufeinanderfolgender Boli betrug 4,62 mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht.

Die Gabe von 0,5 und weniger mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht wurde 45 Patienten (11,9 %, n=378) verabreicht. Am häufigsten, in 139 Fällen (36,8 %, n=378) wurden 0,6 bis 1 mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht injiziert. Dem folgt mit 125 Fällen (33,1 %, n=378) eine Dosierung zwischen 1,1 und 1,5 mg S-Ketamin pro kg Körpergewicht.

Die Erfassung der S-Ketamindosis wird in Abbildung 11 veranschaulicht.

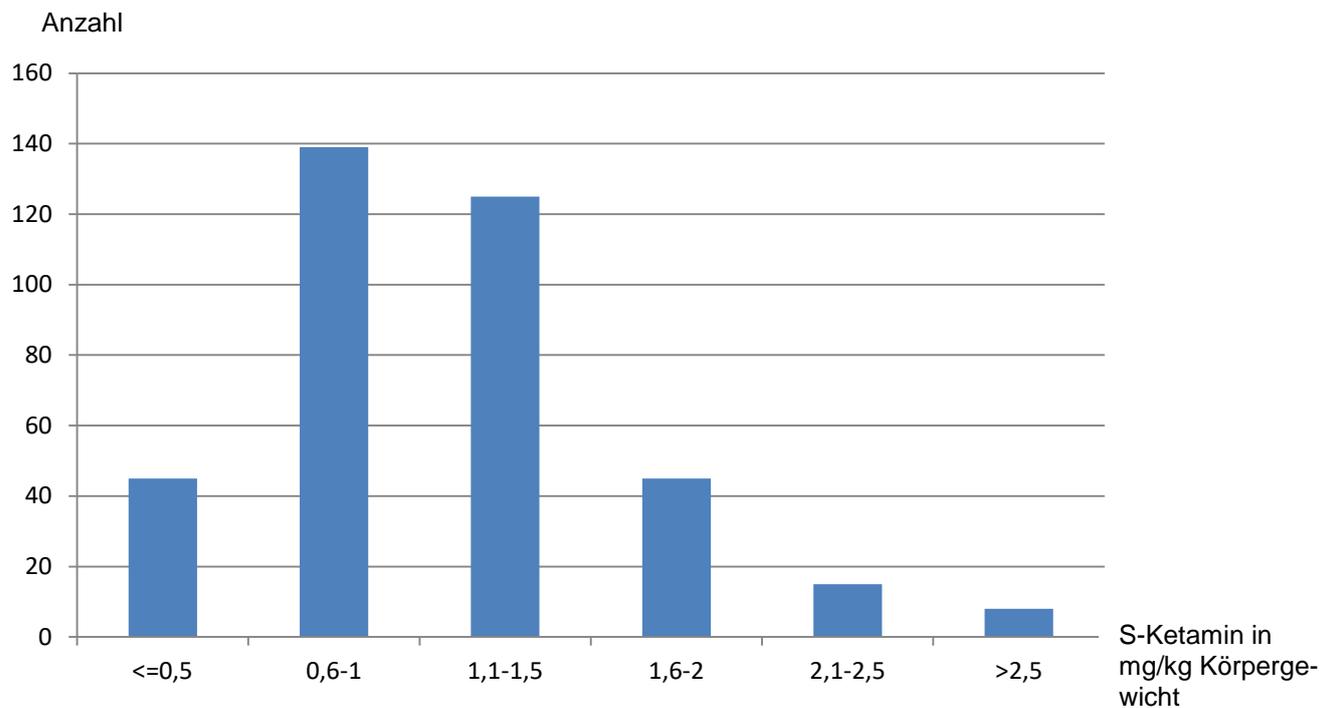


Abbildung 11: Verteilung der S-Ketamingabe in mg pro kg Körpergewicht

Als kontinuierliches Analgetikum wurde S-Ketamin oder Remifentanyl verabreicht. Insgesamt wurde S-Ketamin nur 3-mal kontinuierlich verabreicht und Remifentanyl bei 65 von 784 Patienten.

Die Laufrate von Remifentanyl wurde in $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ angegeben. Die durchschnittliche Laufrate lag bei $0,15 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.

In einem Fall wurde eine maximale Laufrate von $0,3 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ erreicht. Die geringste Laufrate betrug $0,03 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.

Eine Laufrate von weniger als $0,1 \mu\text{g}$ Remifentanyl/kg/min wurde in 4 Fällen (6,2 %, $n=65$) verabreicht. Am häufigsten, in 26 Fällen (40 %, $n=65$), wurde eine Laufrate von $0,2 \mu\text{g}$ Remifentanyl/kg/min appliziert.

Die Verteilung der Laufrate von Remifentanyl stellt sich in Abbildung 12 dar.

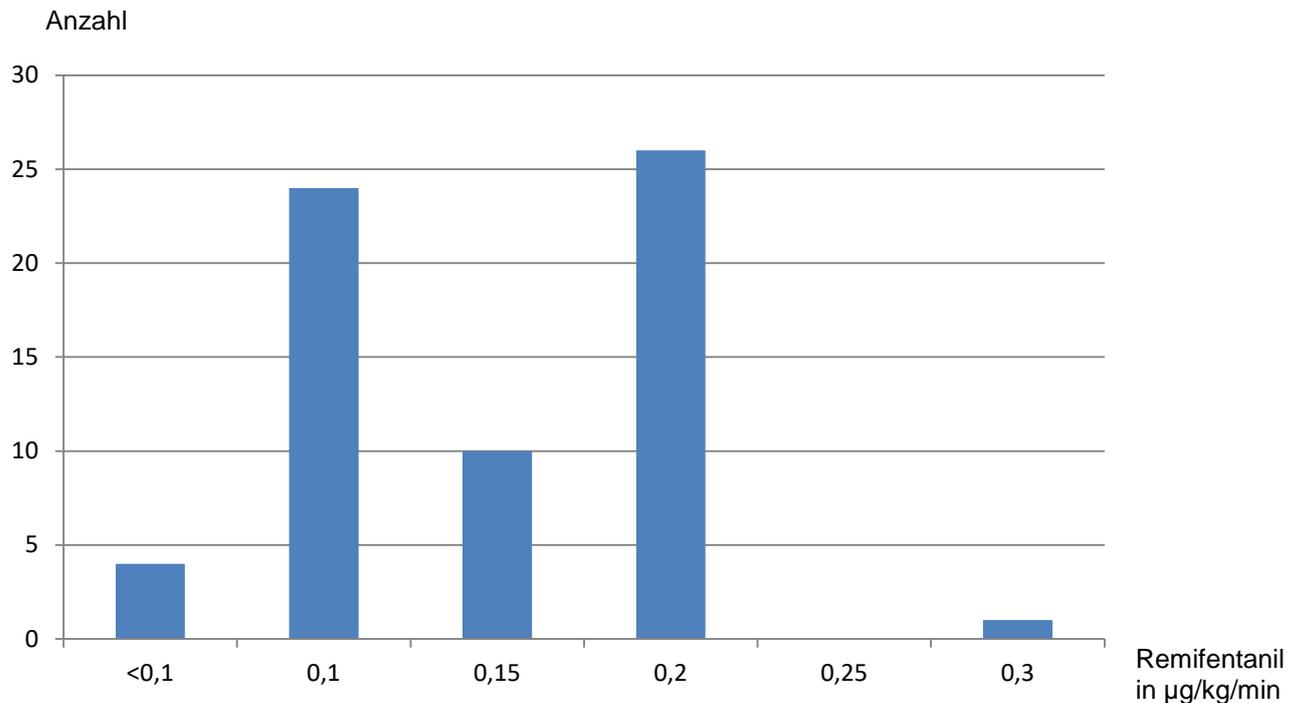


Abbildung 12: Verteilung der Laufrate von Remifentanyl in $\mu\text{g/kg/min}$

S-Ketamin wurde bei nur 3 Patienten kontinuierlich gegeben. Die Laufrate von S-Ketamin wurde in mg/kg/h berechnet. In 2 Fällen (66,7 %, $n=3$) wurde die geringste Laufrate von 3 mg S-Ketamin/kg/h verabreicht und in einem Fall (33,3 %, $n=3$) die höchste Laufrate von 6 mg S-Ketamin/kg/h . Somit betrug die durchschnittliche Laufrate 4 mg S-Ketamin/kg/h .

3.3.6 Einsatz eines zusätzlichen Hypnotikums

In 14 Fällen (1,8 %, $n=784$) wurden zwei Hypnotika (Midazolam und Propofol) in Form eines Bolus verabreicht. Davon in 2 Fällen zusammen mit einem kontinuierlich gegebenen Hypnotikum.

Im Durchschnitt lag die Kombinationsdosierung von Midazolam mit Propofol bei 0,05 $\text{mg pro kg Körpergewicht}$. Die Minimaldosierung lag bei 0,02 mg und die Maximaldosierung bei 0,1 $\text{mg Midazolam pro kg Körpergewicht}$.

Propofol in Kombination mit Midazolam wurde mit einer durchschnittlichen Dosierung von 3,72 $\text{mg pro kg Körpergewicht}$ verabreicht. Von den 3 Fällen erhielt ein Kind die Minimaldosierung von 1,74 $\text{mg Propofol pro kg Körpergewicht}$, ein

weiteres die Maximaldosis von 7,33 mg pro kg Körpergewicht und das dritte Kind erhielt eine Dosierung von 2,08 mg pro kg Körpergewicht.

3.3.7 Zusätzliche Medikamente

Neben den „Standardmedikamenten“ zur Durchführung einer Analgosedierung (s.o.) kamen noch weitere Medikamente zum Einsatz.

Insgesamt wurde 64 Patienten (8,2 %, n=784) mindestens ein zusätzliches Medikament verabreicht.

Am häufigsten wurde das Hypnotikum Sevofluran verabreicht (28mal; 43,8 % bei n=64; 3,6 % bei n=784). Atropin wurde in 15 Fällen (23,4 % bei n=64; 1,9 % bei n=784) und Odansetron in 13 Fällen (20,3 % bei n=64; 1,7 % bei n=784) gegeben. In nur 3 Fällen (4,7 % bei n=64; 0,4 % bei n=784) wurde das Analgetikum Metamizol verabreicht und in 2 Fällen (3,1 % bei n=64; 0,3 % bei n=784) das Opioid Alfentanil.

Es kamen noch 13 weitere Medikamente zum Einsatz, jedoch nur bei jeweils einem Kind, sodass diese hier nicht weiter aufgezeigt werden.

Auf die Dosierung von Atropin soll hier weiter eingegangen werden.

Atropin wurde in mg pro kg Körpergewicht dosiert. Es wurde eine durchschnittliche Dosierung von 0,011 mg Atropin pro kg Körpergewicht verabreicht. Die kleinste Dosierung bekam ein Kind mit 0,0045 mg Atropin pro kg Körpergewicht. Die Maximaldosis betrug 0,018 mg pro kg Körpergewicht.

3.3.8 Lokalanästhetikum

Bei schmerzhaften Eingriffen wurde in einigen Fällen vom behandelnden Arzt ein Lokalanästhetikum als Oberflächenanästhesie gegeben. In den meisten Fällen war aus den Anästhesieprotokollen nicht ersichtlich, ob ein Lokalanästhetikum gegeben wurde (54,6 %, n=784). Bei 37 (4,7 %; n=784) Patienten wurde im Anästhesieprotokoll notiert, dass ein Lokalanästhetikum gegeben wurde. In 40,7 % der Fälle wurde keine Oberflächenanästhesie gegeben.

3.3.9 Inhalative Sedierung

Bei insgesamt 31 Patienten (4,0 %, n=784) musste bei fehlendem intravenösem Zugang eine inhalative Sedierung erfolgen.

3.4 Komplikationen

Insgesamt verliefen 93,4 % (n=784) der Analgosedierungen ohne Komplikationen, das entspricht 732 Eingriffen. Also kam es bei 52 Eingriffe zu Komplikationen (6,6 %, n=784).

3.4.1 Art der Komplikation

Die Art der Komplikation wurde zunächst in „respiratorisch“, „hämodynamisch“ oder „andere“ kategorisiert.

Die Mehrzahl, insgesamt 63,5 % (33, n=52), der Komplikationen war respiratorischen Ursprungs. Das macht 4,2 % (n=784) des Gesamtkollektivs aus.

Der Kategorie „Andere“ wurden 18 Komplikationen zugeordnet, was 2,3 % (n=784) des Gesamtkollektivs und 34,6 % (n=52) aller Komplikationen ausmacht. Zur hämodynamischen Kategorie zählte nur 1 Fall (1,9 % bei n=52; 0,1 % bei n=784).

Die Art der Komplikation konnte durch Wahl einer Unterkategorie noch genauer benannt werden. Dabei kam es in 13 Fällen (25 %, n=52) zu einer Apnoe, in 9 Fällen (17,3 %, n=52) zu einer Komplikation mit dem intravenösen Zugang und in 8 Fällen (15,4 %, n=52) zu einer Atemwegobstruktion. In 6 Fällen (11,5 %, n=52) wurde ein Sättigungsabfall von <90 % für 30 s registriert, in 3 Fällen (5,8 %, n=52) kam es zu einer inadäquaten Analgosedierung und den Komplikationen Agitation/Delir, Bewegungen, Husten und Hypersalivation wurden jeweils 2 Fälle (jeweils 3,8 %, n=52) zugeordnet. Zu den einmalig vorkommenden Komplikationen (1,9 %, n=52) zählen Ausschlag, Bradykardie, Bronchospasmus, paradoxe Reaktionen und Thoraxrigidität.

Die untenstehende Tabelle 4 veranschaulicht diese Verteilung.

Tabelle 4: Art der Komplikationen (n=52)

Kategorie Komplikation	Anzahl	Anteil in %
Apnoe	13	25 %
Komplikation intravenöser Zugang	9	17,3 %
Atemwegsobstruktion	8	15,4 %
Sättigungsabfall <90 % für >30 s	6	11,5 %
Bewegungen	3	5,8 %
Agitation/Delir	2	3,8 %
Husten	2	3,8 %
Hypersalivation	2	3,8 %
Inadäquate Analgosedierung	2	3,8 %
Ausschlag	1	1,9 %
Bradykardie	1	1,9 %
Bronchospasmus	1	1,9 %
Paradoxe Reaktion	1	1,9 %
Thoraxrigidität	1	1,9 %
Gesamt	52	100

In Abbildung 13 wird der Anteil der verschiedenen Komplikationen respiratorischer Art genauer verdeutlicht. Hierbei wurde der Anteil der verschiedenen Komplikationen an der Gesamtzahl der respiratorischen Komplikationen berechnet (n=33).

Die häufigste respiratorische Komplikation ist die Apnoe und macht 39,4 % der respiratorischen Komplikationen aus (13 Fälle, n=33). Dem folgen mit 24,2 % (8 Fälle, n=33) die Atemwegsobstruktionen und mit 18,2 % (6 Fälle, n=33) der Sättigungsabfall von <90 % für 30 s.

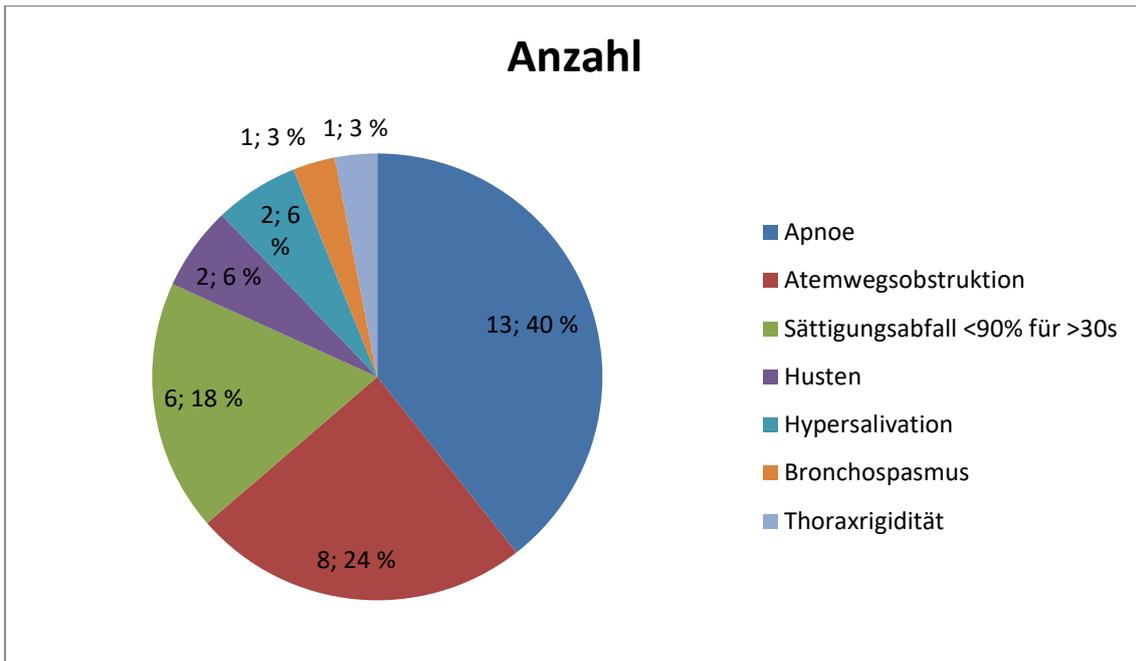


Abbildung 13: Verteilung der respiratorischen Komplikationen (n=33)

In Abbildung 14 wird ebenfalls die Verteilung der Komplikationen der Kategorie „Andere“ verdeutlicht mit einer Gesamtzahl von n=18.

Die Hälfte der Komplikation der Kategorie „Andere“ macht eine Komplikation mit dem intravenösen Zugang aus (9 Fälle, 50 %, n=18). Einen Anteil von 16,7 %, 3 Fälle, n=18) macht die Komplikation inadäquate Analgosedierung aus. In jeweils zwei Fällen (jeweils 11,1 %, n=18) kam es zu Agitation/Delir und zu Bewegungen. In nur 5,6 % der Fälle (jeweils 1-mal, n=18) tritt als Komplikation in der Kategorie „Andere“ ein Ausschlag und eine paradoxe Reaktion auf.

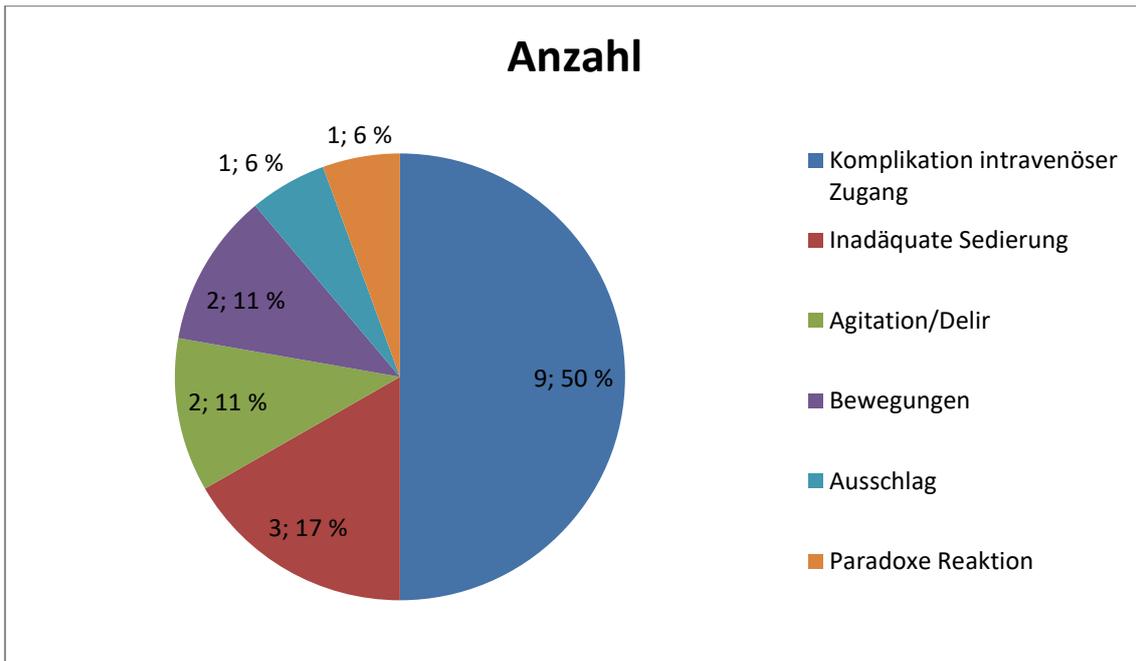


Abbildung 14: Verteilung der Komplikationen in der Kategorie „Andere“

Eine hämodynamische Komplikation in Form einer Bradykardie tritt nur bei einem Kind auf und macht somit 100 % aus (n=1).

Vor dem Hintergrund, das Auftreten einer Komplikation besser werten und einordnen zu können, wurde eine Unterteilung der Art der Komplikation in schwerwiegend und nicht schwerwiegend vorgenommen.

Die folgenden Komplikationen zählen zur Kategorie schwerwiegend: Aspiration, Erbrechen/Regurgitation, Herz-Kreislaufstillstand, Hypotension, Laryngospasmus, Sättigungsabfall <90 %, Thoraxrigidität, Tod und ungeplante Aufnahme auf die Intensivstation. Von allen aufgetretenen Komplikationen zählten insgesamt 7 Fälle zu den schwerwiegenden Komplikationen. Das macht 0,9 % des Gesamtkollektivs (n=784) aus und 13,5 % aller aufgetretenen Komplikationen (n=52).

Die untenstehende Abbildung 15 zeigt die Verhältnisse von keinen Komplikationen zu nicht schwerwiegenden und schwerwiegenden Komplikationen noch einmal auf.

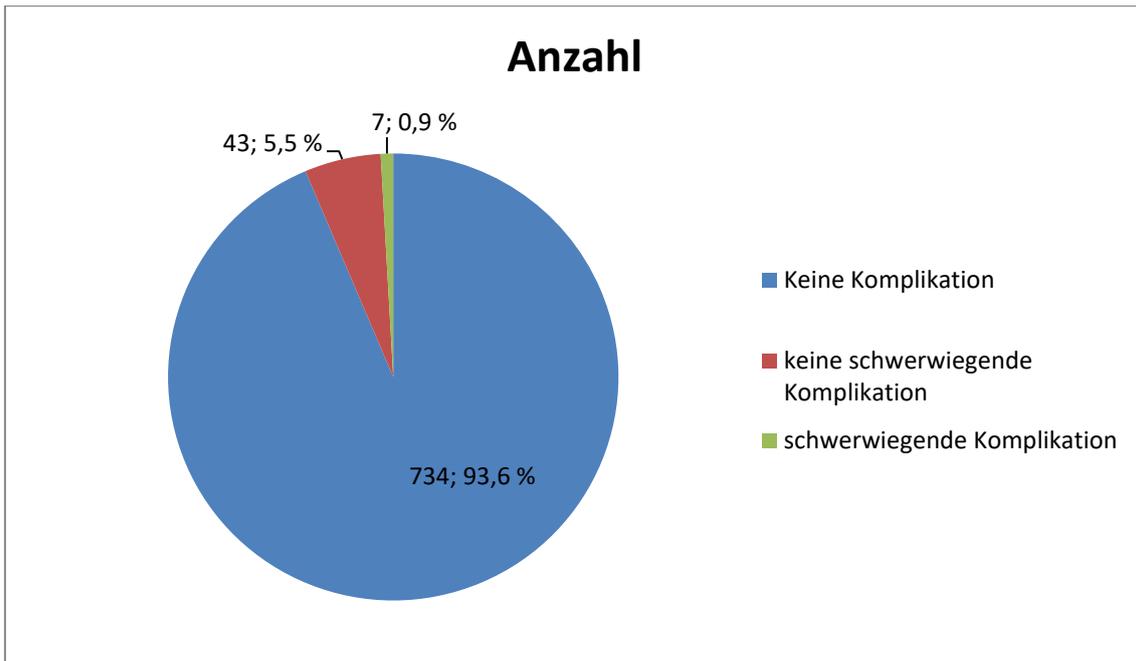


Abbildung 15: Anzahl und prozentualer Anteil von keinen Komplikationen, nicht schwerwiegenden Komplikationen und schwerwiegenden Komplikationen (Aspiration, Erbrechen/Regurgitation, Herz-Kreislaufstillstand, Hypotension, Laryngospasmus, Sättigungsabfall <90 %, Thoraxrigidität, Tod, ungeplante Aufnahme auf die Intensivstation und ungeplante Intubation/Larynxmaske)

Bei 6 von 7 schwerwiegenden Komplikationen handelte es sich um einen „Sättigungsabfall <90 % für >30 s“, das entspricht 0,8 % des Gesamtkollektivs (n=784) und 11,5 % der Gesamtkomplikationen (n=52). Die andere schwerwiegende Komplikation war eine Thoraxrigidität bei einem einzigen Kind. Das macht 14,3 % (n=7) der schwerwiegenden Komplikationen aus, 1,9 % der Gesamtkomplikationen (n=52) und 0,1 % des Gesamtkollektivs (n=784).

3.4.2 Interventionen

Insgesamt wurde bei 43 Eingriffen (5,5 %, n=784) interveniert, davon in 37 Fällen (4,7 %, n=784) in Zusammenhang mit einer Komplikation. Das entspricht 86,1 % (n=43). In 32 Fällen (86,5 %; n=37) war die Komplikation respiratorischen Ursprunges, in 5 Fällen (13,5 %; n=37) aus der Kategorie „Andere“.

3.4.2.1 Art der Interventionen

Da bei einigen der 43 Eingriffe, bei denen interveniert wurde, mehrere verschiedene Arten von Interventionen angewandt wurden, beträgt nun die Gesamtzahl der Interventionen 56.

85,7 % der Interventionen betrafen die Atmung (48 Fälle, n=56). In 17 Fällen (30,4 %, n=56) wurde eine Maskenbeatmung durchgeführt, in 11 Fällen (19,6 %, n=56) ein Wendl-Tubus eingesetzt, und in 9 Fällen musste eine Absaugung erfolgen (16,1 %, n=56). Mit dem Esmarch-Handgriff konnten in 5 Fällen (8,9 %, n=56) die Atemwege gesichert werden, in 3 Fällen (5,4 %, n=56) wurde eine Larynxmaske eingesetzt. In 2 Fällen (3,6 %, n=56) konnten die Atemwege durch Änderung der Kopfposition offen gehalten werden, in einem Fall (1,8 %, n=56) wurde mittels Endotrachealtubus (Intubation) die Atemwegssicherung durchgeführt.

Andere Interventionen machen 14,3 % aus. Darunter 3 Fälle (5,4 %, n=56) mit der Gabe von Benzodiazepinen, 2 Fälle (3,6 %, n=56) mit der Neuanlage eines intravenösen Zugangs, und in einem Fall (1,8 %, n=56) erfolgte eine Medikamenten-Inhalation.

Eine Übersicht über die Verteilung der Art der Interventionen gibt folgende Tabelle 5.

Tabelle 5: Verteilung der Art der Interventionen

	Art der Intervention	Anzahl	Anteil in %
Intervention			
zur Atemwegssicherung:	Maskenbeatmung	17	30,4 %
	Wendl-Tubus	11	19,6 %
	Absaugung	9	16,1 %
	Esmarch-Handgriff	5	8,9 %
	Larynxmaske	3	5,4 %
	Kopfposition Änderung	2	3,6 %
	Intubation	1	1,8 %
Andere Interventionen:			
	Benzodiazepine	3	5,4 %
	Neuanlage intravenöser Zugang	2	3,6 %
	Inhalative Einleitung	2	3,6 %
	Inhalation	1	1,8 %
	Gesamt	56	100

3.4.2.2 Interventionen bei respiratorischer Komplikation

Die Interventionen bei respiratorischen Komplikationen machen den größten Anteil von allen Interventionen aus.

Insgesamt verteilen sich 45 Interventionen auf 32 Eingriffe bei respiratorischer Komplikation, da einige Komplikationen durch zwei verschiedene Interventionen kompensiert wurden.

Die folgende Auswertung bezieht sich nur auf respiratorische Komplikationen bei denen eine Intervention folgte.

Bei einer respiratorischen Komplikation wurde am häufigsten mit einer Maskenbeatmung interveniert. Mit 17 Fällen wurden Maskenbeatmungen bei der Hälfte (53,1 %; n=32) aller respiratorischen Komplikationen eingesetzt. Insgesamt macht die Intervention mit einer Maskenbeatmung einen Anteil von 37,8 % aller Interventionen bei respiratorischen Komplikationen aus (n=45). Mit Absaugung und dem Einsatz vom Wendl-Tubus wurde jeweils bei fast einem Drittel der respiratorischen Komplikationen (je 9 Fälle; 28,1 %; n=32) interveniert. Sie

machen einen Anteil von 20 % (n=45) aller Interventionen infolge einer respiratorischen Komplikation aus. Die Larynxmaske und der Esmarch-Handgriff wurden bei jeweils 9,4 % (jeweils 3 Fälle, n=32) aller respiratorischen Komplikationen angewendet. Bezogen auf die Gesamtzahl aller Interventionen bei respiratorischer Komplikation macht das 6,7 % aus (n=45). Bei zwei respiratorischen Komplikationen wurde durch eine Änderung der Kopfposition interveniert (angewendet bei 6,3 % aller respiratorischer Komplikationen (n=32); 4,4 % aller Interventionen bei respiratorischer Komplikation (n=45)) und in jeweils einem Fall (3,1 % bei n=32; 2,2 % bei n=45) mit Inhalation bzw. Intubation. In der nachfolgenden Tabelle 6 wird die Verteilung der Interventionen bei respiratorischer Komplikation dargestellt.

Tabelle 6: Verteilung der Interventionen bei respiratorischer Komplikation

Art der Intervention bei respiratorischer Komplikation	Anzahl	Anteil in %
Maskenbeatmung	17	37,8 %
Absaugung	9	20 %
Wendl-Tubus	9	20 %
Esmarch-Handgriff	3	6,7 %
Larynxmaske	3	6,7 %
Kopfposition Änderung	2	4,4 %
Inhalation	1	2,2 %
Intubation	1	2,2 %
Gesamt	45	100

Zu den häufigsten respiratorischen Komplikationen gehörten die Apnoe und Atemwegsobstruktionen, gefolgt vom Sättigungsabfall <90 % für > 30 s.

In 12 von 13 Fällen wurde bei einer Apnoe interveniert und eine Atemsicherung vorgenommen.

Auf eine Apnoe wurde in 75 % (9 Fälle, n=12) der Fälle mit einer alleinigen Maskenbeatmung reagiert. In 2 Fällen (16,7 %, n=12) wurde ein Wendl-Tubus und eine Maskenbeatmung zur Atemsicherung eingesetzt und in einem Fall (8,3%, n=12) der Esmarch-Handgriff.

Bei einer Atemwegsobstruktion wurde in allen 8 Fällen interveniert.

Zur Sicherung der Atemwege nach Obstruktion wurde in 3 Fällen (37,5 %, n=8) abgesaugt und ein Wendl-Tubus eingesetzt. In einem Fall (12,5 %, n=8) wurde abgesaugt und mittels Maskenbeatmung gesichert und in einem weiteren Fall (12,5 %, n=8) mit Larynxmaske und Maskenbeatmung. Bei den restlichen Atemwegsobstruktionen wurde als alleinige Atemwegssicherung jeweils einmal ein Wendl-Tubus verwendet, eine Maskenbeatmung durchgeführt und die Kopfposition geändert (jeweils 12,5 %, n=8).

In allen 6 Fällen, bei denen ein Sättigungsabfall von <90 % für >30 s stattfand, wurde interveniert. Es gab sechs unterschiedliche Interventionen. Dazu zählten die alleinige Absaugung, der alleinige Esmarch-Handgriff und die alleinige Änderung der Kopfposition. In 3 Fällen wurden zwei Arten von Interventionen angewendet. Dazu zählen eine Absaugung mit Larynxmaske, ein Esmarch-Handgriff mit Wendl-Tubus und eine Maskenbeatmung mit Intubation.

3.4.2.3 Interventionen bei Komplikation der Kategorie „Andere“

Bei insgesamt 18 Komplikationen der Kategorie „Andere“ wurde in 5 Fällen interveniert, das entspricht 27,8 % (n=18).

Zu den 5 Interventionen bei „anderer“ Komplikation zählen jeweils zwei Neuanlagen von intravenösen Zugängen und zwei inhalative Einleitungen (jeweils 40 % bei n=5). Nur einmal wurde mit der Gabe von Benzodiazepinen interveniert (20 %, n=5).

Zu den häufigsten Komplikationen der Kategorie „Andere“ gehörten Komplikationen mit dem intravenösen Zugang und eine inadäquate Sedierung.

In 5 von 9 Fällen wurde aufgrund einer Komplikation mit dem intravenösen Zugang interveniert. Dabei wurde in 2 Fällen (40 %, n=5) mit einer Neuanlage des intravenösen Zugangs reagiert, genauso häufig wurde inhalativ eingeleitet und in einem Fall wurden Benzodiazepine gegeben (20 %, n=5).

Bei allen drei inadäquaten Sedierungen musste nicht interveniert werden.

3.4.3 Unterbrechung der Prozedur

In 2 % aller Fälle (n=784) musste die Prozedur unterbrochen werden, das entspricht 16 Fällen. In fast allen Fällen geht die Unterbrechung mit einer Komplikation einher (in 15 von 16 Fällen). Bei 11 Prozeduren, die unterbrochen wurden, musste interveniert werden (68,8 %, n=16).

3.4.4 Abbruch der Prozedur

Insgesamt mussten 4 von 784 Analgosedierungen abgebrochen werden, das entspricht 0,5 % des Gesamtkollektivs (n=784).

Dazu zählte ein unruhiges Kind mit Komplikationen beim Legen des intravenösen Zugangs. Deshalb wurde Midazolam per os verabreicht und abgewartet. Bei einem Neugeborenen wurde wegen Unruhe nach Midazolamgabe das MRT abgebrochen. Ein weiteres Kind wurde während des MRTs problemlos sediert, bei anschließender Knochenmarkspunktion ist die Port-Nadel disloziert und das Kind aufgewacht. Ein Abbruch fand nach problemloser BERA statt, worauf eine Sedierungsvertiefung zur ZVK-Anlage mit Sättigungsabfall auf 80% folgte.

3.5 Aufwachphase

Es wurden 290 Patienten mit Überwachung im Aufwachraum der Klinik für Anästhesiologie notiert. Das macht 37,0 % aller Patienten aus (n=784). Im Durchschnitt betrug die Zeit im Aufwachraum 58,4 min.

Der geringste Zeitraum umfasste 5 min und der längste 220 min.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

Durch den retrospektiven Charakter der Studie ist man auf die Dokumentation in den Anästhesieprotokollen angewiesen und kann deren Vollständigkeit nicht garantieren.

Es könnten Übertragungsfehler von den Angaben in den Anästhesieprotokollen in die Datenbank entstanden sein, da die Einträge aus den eingescannten Anästhesieprotokollen manuell in die Datenbank übertragen werden mussten. Zudem könnten Anästhesieprotokolle gegebenenfalls nicht in das Krankenhausinformationssystem und die Software MEDLINQ-Anästhesie (MEDLINQ Softwaresysteme GmbH, Hamburg) eingepflegt und dadurch als fehlend dokumentiert worden sein.

Es ist möglich, dass sehr selten auftretende Komplikationen und Interventionen aufgrund der Größe unseres Patientenkollektivs mit 784 Fällen nicht aufgetreten sind oder unterschätzt wurden. In der vorliegenden Studie gab es beispielsweise keinen Fall mit einer Aspiration. Aspirationen sind insgesamt mit einer Inzidenz von 0,03 % sehr seltene Ereignisse (Andersson et al., 2015).

Unter dem Begriff „Komplikation“ wurden in dieser Studie zunächst alle Ereignisse festgehalten, die während einer Analgosedierung als unerwünscht einzuordnen sind. Das bedeutet, dass die Kategorie „Komplikation“ nicht nur Komplikationen im eigentlichen Sinne erfasst, sondern einen breit gefassten Begriff für unerwünschte Zwischenfälle darstellt. Wie im weiteren Verlauf der Diskussion ersichtlich wird, ist eine Differenzierung zwischen einer schwerwiegenden Komplikation und einem leicht zu handhabenden Zwischenfall von Bedeutung.

Die Einteilung von schwerwiegenden und weniger schwerwiegenden Komplikationen orientiert sich an einer Klassifikation vom Pediatric Sedation Research Consortium (Scherrer et al., 2015).

Ob eine Intervention während einer Analgosedierung als geplante oder ungeplante Intervention bewertet wird, hängt von der subjektiven Einschätzung des Behandlers ab. Beispielsweise kann bei einem unzureichend sedierten Kind die Propofoldosis erhöht werden mit der erwarteten Konsequenz einer Verlegung des oberen Atemwegs, die den Einsatz eines Wendl-Tubus nach sich zieht. Der

Behandler wird diese erwartete Beeinträchtigung des Atemwegs nicht als Komplikation und den Einsatz des Wendl-Tubus nicht als unerwartete Intervention werten und dokumentieren.

In dieser Studie wurden Eingriffe nur von Ärzten aus zwei unterschiedlichen Facharzttrichtungen durchgeführt (Anästhesist und pädiatrischer Intensivmediziner). Somit kann nicht widerspiegelt werden, ob die Fachrichtung des sedierenden Personals Einfluss auf die Ergebnisse nimmt.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden innerhalb eines Jahres bei einer Patientengruppe von 441 Kindern 784 Analgosedierungen durchgeführt. Die hohe Anzahl an Patienten, die öfter als einmal analgosediert wurden, entsteht durch den hohen Anteil an hämato-onkologisch erkrankten Kindern (52,9 %). Nähere Erläuterungen zu dieser Patientengruppe siehe unter 4.4.2. Diagnose und Art der Prozedur.

4.2.1 Patientenkollektiv

Der Altersdurchschnitt lag bei 7,1 Jahren. Die Mehrheit der Kinder dieser Studie war im Schulkindalter und somit älter als 6 Jahre alt (47,7 %), 44,9 % war im Kleinkindalter (1-6 Jahre) und 7,4 % der Kinder im Säuglingsalter.

Vergleichsstudien weisen durchaus jüngere Patienten auf. In der Studie von Gozal et al. sedierte das Analgosedierungsteam eines Universitätsklinikums einen höheren Anteil an Säuglingen (10,3 %) (Gozal et al., 2004). Eine weitere Untersuchung zur Risikoreduktion durch Anwendung der AAP-/ASA-Empfehlungen für Kinderanalgosedierungen hatte allein bei den unter 2 jährigen Kindern einen Anteil von 53 % (Hoffman et al., 2002).

Das Alter des Patienten stellt an das Analgosedierungsteam bezüglich der Planung, Durchführung und dem Komplikationsmanagement von Analgosedierungen eine besondere Anforderung, vor allem im Management von Medikamentengabe, Equipmentgebrauch und Notfällen (Coté and Wilson, 2006). Zusätzlich weisen Kinder mit 5 Jahren oder jünger ein erhöhtes Risiko für

Komplikationen auf (Biber et al., 2015). Diese Erkenntnis unterstützt die Bedeutung eines geschulten Analgosedierungsteams.

Etwa 5 % aller Kinder wiesen zum Zeitpunkt der Prozedur eine Infektion der oberen Atemwege auf. Die Studie von Coté et al. von 2000 zeigt, dass von einer Infektion der Atemwege ein höheres Risiko für Komplikationen ausgehen kann (Cote et al., 2000).

Die ASA Klassifikation gibt Aufschluss über den Gesundheitszustand, in dem sich das zu sedierende Kind befindet. Im Vergleich zu anderen Studien hatten die Patienten dieser Studie einen hohen ASA Status und stellten damit eine erhöhte Anforderung an das Analgosedierungsteam. In der vorliegenden Studie hatten 53 % der Kinder einen ASA Status der Klasse III oder IV. Kinder mit ASA Klasse V gab es keine. Die meisten Studien weisen weit geringere ASA-Klassifikationen bei ihren Patienten auf, zum Beispiel, die 2011 veröffentlichte Studie vom PSRC, mit 15 % einer ASA Klasse von III und IV (Couloures et al., 2011). In Grunwells et al. Untersuchung, in welcher die Prozeduren vergleichbar zu der vorliegenden Studie sind, gab es 32,4 % Patienten mit der ASA-Klassifikation III (Grunwell et al., 2014). Die meisten Studien bleiben deutlich darunter (Cravero et al., 2009, Monroe et al., 2013, Malviya et al., 2000).

In seiner Studie stellt Coté et al. im Jahr 2000 ergänzend fest, dass an Örtlichkeiten außerhalb des Krankenhauses im Durchschnitt ältere, schwerere und gesündere Kinder mit einem geringeren ASA-Status sediert werden (Cote et al., 2000).

Laut einer Studie vom PSRC von 2015 über Häufigkeiten und Prädiktoren von unerwünschten Zwischenfällen während Kinderanalgesedierungen ist die Wahrscheinlichkeit bei einem ASA-Status >II für einen unerwünschten Zwischenfall dreimal so hoch wie bei einem ASA Status I (Biber et al., 2015). Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen der ASA-Klasse und der Inzidenz von negativen Zwischenfällen während Kinderanalgesedierungen zeigt ebenfalls eine höhere Wahrscheinlichkeit für das Auftreten negativer Zwischenfälle bei ASA-Klasse II oder höher (Caperell and Pitetti, 2009).

Der Vergleich mit anderen Studien zeigt eine deutlich risikoanfälliger Patientengruppe am UKE. Diese Patientenzusammensetzung könnte daraus

resultieren, dass das UKE mit zu den größten Kinderkliniken in Hamburg gehört und als einziges Versorgungszentrum dieser Umgebung auf Krankheitsbilder der Hämato-Onkologie, Kinderneurologie und Stoffwechselerkrankungen spezialisiert ist. An der Versorgung von Kindern und Jugendlichen mit schweren, komplexen und seltenen Erkrankungen liegt der Klinik als universitäres Krankenhaus besonderes viel (Cote and Wilson, 2016, Schulz et al., o.J., Muntau, o.J.).

Das von der Patientenklientel ausgehende erhöhte Risiko für Komplikationen stellt besondere Anforderungen an das sedierende Personal. Vor diesem Hintergrund erscheint ein qualifiziertes Analgosedierungsteam sinnvoll, um ernstzunehmende Zwischenfälle frühzeitig zu erkennen, adäquat darauf zu reagieren und dadurch negative Folgen vermeiden zu können.

4.2.2 Diagnose und Art der Prozedur

Die Hauptdiagnose der Kinder wurde übergeordneten Kategorien zugeordnet. Auffällig ist, dass mehr als die Hälfte der Kinder eine Diagnose der Kategorie „hämatologisch-onkologisch“ haben. Dies spiegelt sich auch in den Ergebnissen zur Art des Eingriffes wider, bei denen die Mehrzahl an Eingriffen (34,7 %) aus Knochenmark- und Liquorpunktionen bestand, welches ein diagnostisches Verfahren aus diesem Fachgebiet ist.

Der Vergleich mit anderen Studien verdeutlicht den ungewöhnlich hohen Anteil an hämato-onkologischen Patienten am UKE. Die Studie vom PSRC von 2009 kommt auf 23,6 % Patienten mit hämato-onkologischer Diagnose (Cravero et al., 2009).

Die große Anzahl der hämato-onkologischen Patienten ist unter anderem dadurch begründbar, dass das UKE zu den größten Kliniken im Bereich Kinderhämatologie und -onkologie deutschlandweit zählt. Klinische Studien, Forschung und die Kompetenz der Klinik und Poliklinik für pädiatrische Hämatologie und Onkologie liegen im Bereich der Behandlung von Leukämie, Hirntumoren, Knochentumoren und embryonalen Tumoren. Die Klinik für pädiatrische Hämatologie und Onkologie ist eines der größten Behandlungszentren für hämatologische Funktionsstörungen. Einen großen Therapieschwerpunkt bilden zudem die Blutstammzell- und Knochenmarktransplantationen (Homepage Pädiatrische Hämatologie und Onkologie UKE). Die zweitgrößte Gruppe machen Kinder mit

einer neurologischen Diagnose aus (16,8 %). Diese bekamen zu 95 % ein bildgebendes Verfahren (MRT oder CT) als Untersuchungsmethode. Bildgebende Verfahren machten den zweitgrößten Anteil (33,2 %) an Eingriffen in dieser Studie aus.

Die Art der Prozeduren wird durch den großen Einzugsbereich für Kinder mit hämato-onkologischen, neurologischen Erkrankungen und Stoffwechselerkrankungen am UKE widergespiegelt. Die Prozeduren setzten sich aus einem Drittel Knochenmark- und Liquorpunktionen und einem Drittel bildgebende Verfahren (MRT und CT) zusammen. Das restliche Drittel besteht aus Biopsien und anderweitigen Prozeduren (u.a. ZVK-Anlagen, Szintigraphien, Endos- und Bronchoskopien) besteht. .

Der Vergleich zu anderen Studien zeigt, dass dort der größte Teil an Prozeduren durch bildgebende Verfahren ausgemacht wird. Wie z.B. Untersuchungen vom PSRC von 2016 mit 45,2 % bildgebenden Verfahren (MRT oder CT) und nur 13,3 % Knochenmark- oder Liquorpunktionen (Beach et al., 2016). Eine weitere Studie von Hoffman et al. kommt auf 54,2 % bildgebende Verfahren, und nur 2,6 % hämato-onkologische Prozeduren (Hoffman et al., 2002). Gozal et al. erfassten an einem Universitätsklinikum 37 % bildgebende Verfahren, jedoch konnte eine größere Anzahl (17 %) an onkologischen Eingriffen verzeichnet werden (Gozal et al., 2004).

Bedingt durch die hohe Anzahl an hämato-onkologischen Patienten und den damit verbundenen gehäuften Knochenmark- und Liquorpunktionen steigt die Anzahl an schmerzhaften Eingriffen (58 %) am UKE.

Das PSRC konnte in einer Untersuchung einen Zusammenhang zwischen schmerzhaften Prozeduren und dem vermehrten Auftreten von unerwünschten Zwischenfällen herstellen (Kamat et al., 2015).

Schmerzhafte Eingriffe benötigen eine Kombination aus sedierenden und analgetischen Medikamenten. Das Risiko für unerwünschte Zwischenfälle steigt mit der zusätzlichen Gabe von Medikamenten (Kamat et al., 2015). Diese Aussage deckt sich mit den Ergebnissen von Coté et al., welche zeigten, dass unerwünschte Zwischenfälle mit Wechselwirkungen von Medikamenten assoziiert sind (Cote et al., 2000). Cravero et al. gaben ebenso in seiner Untersuchung zur Inzidenz von unerwünschten Zwischenfällen während Kinderanalgesedierungen

eine erhöhte Komplikationsrate durch zusätzliche Gabe von Opioiden an (Cravero et al., 2009).

63 % der hämato-onkologisch kranken Kinder der zugrundeliegenden Studie erhielten den ASA Status III oder IV, wodurch das Risiko für Komplikationen bei diesen Kindern als erhöht anzusehen ist. Sie machen ebenso 63 % aller Kinder aus der Gruppe ASA Status III oder IV aus.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass, bedingt durch den hohen Anteil an hämato-onkologisch erkrankten Kindern und den daraus resultierenden Einflüssen auf die Art der Prozeduren und den ASA-Status, erhöhte Anforderungen an das sedierende Team gestellt werden.

Bei der großen Mehrheit von Eingriffen (84,3 %), wurde pro Eingriff nur eine Prozedur durchgeführt. In 15,4 % der Fälle wurden zwei Prozeduren vorgenommen und in gerade mal 2 Fällen (0,3 %) drei verschiedene Prozeduren. Für das zu untersuchende Kind und die Eltern ist dies eine Erleichterung, da das Kind nur einmal dem Stress einer Untersuchung ausgesetzt wird und nur einmal nüchtern bleiben muss. Für das behandelnde Team ist es eine Zeitersparnis, das Kind nicht zweimal sedieren zu müssen. Dieser Vorteil steht im Gegensatz zu einer erhöhten Komplikationsrate.

Patel et al. untersuchten in ihrer Studie von 2016 die Komplikationsrate für einzelne Prozeduren gegenüber kombinierten Prozeduren (Liquorpunktion und Knochenmarkpunktion). Sie fanden heraus, dass kombinierte Prozeduren mit einer höheren Propofoldosis, einer längeren Prozedurdauer und einem kleinen Anstieg der Komplikationsrate gegenüber einzeln durchgeführten Prozeduren einhergehen (Patel et al., 2016).

Um den Eltern und Kindern den Stress von zwei separaten Eingriffen nehmen zu können, werden qualifizierte und mit Analgosedierungen vertraute Ärzte benötigt, die die Gabe höherer Propofoldosen und die damit verbundenen Risiken und Komplikationen abschätzen und beherrschen können.

4.2.3 Dauer der Prozedur und postinterventionelle Überwachung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zur Dauer der Prozedur zeigen, dass die Mehrzahl der Prozeduren unter 25 min dauerten. Eingriffe mit einer Dauer von 5 oder 10 min machen insgesamt 35,5 % aus. Dies spiegelt vor allem die Häufigkeit an besonders kurzen Prozeduren wie Lumbal- und Knochenmarkspunktionen am UKE wider. Vergleichsstudien weisen eine etwas längere Sedierungszeit auf, wahrscheinlich bedingt durch die häufigere Durchführung von länger andauernden bildgebenden Untersuchungen (MRTs/CTs) und vergleichsweise weniger kurzen Prozeduren (Knochenmark- und Liquorpunktionen) (Grunwell et al., 2014, Lowrie et al., 1998).

Das Ergebnis der vorliegenden Studie unterstützt die sinnvolle Anwendung von Analgosedierungen am UKE, da sich diese besonders für Prozeduren kurzer Eingriffsdauer eignen.

Im Anschluss an die Analgosedierung wurden 37 % aller Patienten im Aufwachraum der Anästhesie überwacht. Bei den restlichen Patienten erfolgte die Überwachung der Vitalparameter in den Ambulanzen und auf den Stationen der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin. An welchem Ort die Kinder postinterventionell überwacht wurden, entschied sich durch den Ort des Eingriffs. Kinder, die im Hauptgebäude analgosediert wurden, wurden aufgrund logistischer Gründe im regulären Aufwachraum der Anästhesie betreut.

Die Zeit im Aufwachraum betrug im Durchschnitt 58 min. Diese Zeit setzt sich aus der Erholungszeit des Kindes und aus logistischen Gründen auch oftmals aus der Wartezeit auf den Transport zu den Stationen und Ambulanzen zusammen. Dadurch lässt sich die Zeit im Aufwachraum dieser Studie nur schwer mit anderen Studien vergleichen, in denen nur die reine Erholungszeit des Kindes bewertet wurde.

In dieser Studie wurden im Aufwachraum keine schwerwiegenden Zwischenfälle festgestellt. Zu den Zwischenfällen im Aufwachraum zählt ein Kind mit Krampfanfall. Bei einem weiteren Kind kam es zu einem Delir, welches leitliniengetreu mit Propofol behandelt wurde (Ghamari et al., 2016).

Ob während der postinterventionellen Überwachung in den Ambulanzen und auf den Stationen der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin Komplikationen auftraten, kann nicht beurteilt werden, da die entsprechende Dokumentation nicht ausgewertet wurde. Trotz der niedrigen postinterventionellen Komplikationsraten

wird von den Fachgesellschaften eine Überwachung des Patienten mindestens mittels Pulsoxymetrie empfohlen und erst bei stabilen Vitalparametern eine Entlassung auf Station oder nach Hause nahegelegt (Philippi-Höhne et al., 2010, Taeger, 2002).

Hierbei stellt sich die Frage, ob durch die zur Analgosedierung eingesetzten Medikamente Einfluss auf die Komplikationsrate im Aufwachraum genommen werden kann. Der Vorteil von den in dieser Studie eingesetzten Medikamenten (Propofol, Midazolam, Ketanest, Remifentanil) ist eine kurze Wirkdauer. Die Erholungszeit ist sehr kurz und das Risiko von postinterventionelle Komplikationen gering (Davis and Cladis, 2005, Parker et al., 1997, Neuhäuser et al., 2010).

Medikamente wie z.B. Chloralhydrat oder Dexmedetomidin haben eine deutlich längere Erholungszeit. Vergleichsstudien zu Auswirkungen von Dexmedetomidin versus Propofol während Kinderanalgosedierungen bestätigen die deutlich geringere Erholungszeit nach Gabe von Propofol (Kamal et al., 2017, Wu et al., 2014).

Chloralhydrat sollte wegen negativer Eigenschaften, wie sehr langer Halbwertszeit und langer, unzuverlässiger Sedierungsdauer, für diagnostische und interventionelle Prozeduren nicht verwendet werden (Malviya et al., 2004, Philippi-Höhne et al., 2010).

4.2.4 Intravenöser Zugang

Alle Kinder wurden in der vorliegenden Studie über einen intravenösen Zugang sediert. In der Regel wird im UKE bereits vor der Prozedur auf der Station oder in der Ambulanz ein intravenöser Zugang gelegt oder wenn vorhanden, ein zentralvenöser Port punktiert. Dies war bei 91 % der Kinder der Fall. Bei den Kindern ohne liegenden oder mit inadäquat gelegtem intravenösen Zugang konnte in 2/3 der Fälle nachträglich ein intravenöser Zugang gelegt werden. Bei 1/3 war dies aus unterschiedlichen Gründen nicht möglich, sodass das Kind zunächst eine inhalative Sedierung mit Sevofluran erhielt.

Der nicht liegende intravenöse Zugang wurde auch unter den Komplikationen aufgelistet und nimmt damit Einfluss auf die Komplikationsrate. In dieser Studie trat in 9 Fällen eine solche Komplikation auf, in 4 Fällen stand sie in Zusammenhang mit einem präoperativ nicht gelegten intravenösen Zugang.

4.2.5 Komplikationen

Die auftretenden Komplikationen während einer Analgosedierung sind sehr verschieden und reichen von leichten bis zu schwerwiegenden Komplikationen. Die erste Studie zu unerwünschten Ereignissen und Komplikationsraten von Kinderanalgosedierungen, die durch pädiatrische Intensivmediziner durchgeführt wurden, wurde 1999 von Pena et al. veröffentlicht (Pena and Krauss, 1999). Seitdem beschäftigen sich viele Studien mit den Faktoren, die auf die Komplikationsrate von Kinderanalgosedierungen Einfluss nehmen.

In der vorliegenden Studie wurden zunächst alle unerwünschten Zwischenfälle, die sich während der Analgosedierung ereignet haben, unter dem Begriff „Komplikation“ zusammengefasst. Dazu zählte eine gemischte Bandbreite von Ereignissen: Apnoe, Komplikation intravenöser Zugang, Atemwegsobstruktion, Sättigungsabfall $<90\%$ für >30 s, Bewegungen, Agitation/Delir, Husten, Hypersalivation, Inadäquate Analgosedierung, Ausschlag, Bradykardie, Bronchospasmus, Paradoxe Reaktion, Thoraxrigidität.

Um im Anschluss die Ergebnisse sinnvoll interpretieren zu können, ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass nicht jeder Zwischenfall mit einer schwerwiegenden Komplikation einhergeht oder vergleichbar ist. Die Mehrheit der Zwischenfälle lässt sich durch schnelles Erkennen und adäquates Management gut kontrollieren und steht einer problemlosen Analgosedierung nicht im Wege.

Besonders respiratorische Zwischenfälle können durch geeignetes Monitoring (Pulsoxymetrie, Kapnometrie) frühzeitig erkannt werden und oftmals durch nicht invasive Atemhilfsmittel behoben werden. Auch die Komplikation mit intravenösen Zugängen kann maximal als unerwünschter Zwischenfall gezählt werden. Die Konsequenzen daraus waren paravasal gegebene Medikamente (in 4 Fällen), Neuanlagen des intravenösen Zugangs oder inhalative Sedierungen. Potentiell kann ein Propofol-Paravasat zu einer schweren Entzündung führen. Fehlliegende intravenöse Zugänge wurden aber schnell erkannt und hatten daher keine weitreichenden und schwerwiegenden Konsequenzen. Als inadäquate Analgosedierungen wurden Bewegungsartefakte und eine Aufwachphase während eines MRT gewertet und ein sehr hoher Sedierungsbedarf eines Kindes. Der Begriff „Komplikation“ erscheint bei solchen Zwischenfällen als ungeeignet, da kein Abbruch der Prozedur stattfinden musste.

In dieser Studie wurden die Zwischenfälle mit einem Abfall der Sauerstoffsättigung $<90\%$ und $>30\text{ s}$ sowie eine Thoraxrigidität als schwerwiegende Komplikationen gewertet. Die Patienten des UKE bekommen als prophylaktische Maßnahme eine durchgängige Sauerstoffzufuhr. Wenn unter diesen Umständen die Sauerstoffsättigung trotzdem unter 90% abfällt und innerhalb von 30 s nicht behoben werden kann, muss die Situation als ernstzunehmendes Risiko für den Patienten eingestuft werden.

In dieser Studie kam es bei 52 von 784 Eingriffen zu unerwünschten Zwischenfällen, das entspricht einer Rate von $6,6\%$. Es kam zu keinen schwerwiegenden Komplikationen wie Todesfällen, Herz-Kreislaufstillstand, Laryngospasmen, Erbrechen, Aspiration oder ungeplanten Aufnahmen auf der Intensivstation.

Die „Komplikationsrate“ dieser Studie ist vergleichbar mit der Rate der Studie vom PSRC von 2009 über das Vorkommen von unerwünschten Zwischenfällen während Analgosedierungen mit Propofol von $8,3\%$ (Cravero et al., 2009). Die Untersuchung von Biber et al. zu Komplikationen ergab eine etwas geringere Rate von $4,8\%$ (Biber et al., 2015).

Bei 7 Kindern traten schwerwiegenden Komplikationen auf (6 Fälle mit Sättigungsabfall $<90\%$ für $>30\text{ s}$ und ein Fall mit Thoraxrigidität). Sie zählen alle zu respiratorischen Komplikationen. Sie machen einen Anteil von $0,9\%$ aller Prozeduren aus. Im Vergleich kam die oben genannte Studie vom PSRC von 2009 auf eine Rate von $1,7\%$ (Cravero et al., 2009).

In der vorliegenden Studie ($0,8\%$) und der vom PSRC ($1,4\%$) ist die häufigste schwerwiegende Komplikation der Sättigungsabfall $<90\%$ für $>30\text{ s}$ (Cravero et al., 2009).

Am häufigsten sind mit knapp $2/3$ aller Komplikationen ($33,64\%$) die respiratorischen Komplikationen. Zu diesen zählen Apnoen (13 Fälle, 25%), Atemwegsobstruktionen (8 , 15%), Sättigungsabfälle $<90\%$ für $>30\text{ s}$ (6 , 12%), Husten (2 , 4%), Hypersalivation (2 , 4%), Bronchospasmus (1 , 2%) und Thoraxrigidität (1 , 2%).

Die am häufigsten auftretende Apnoe macht einen Anteil von 25% an den Gesamtkomplikationen und einen Anteil von 40% an den respiratorischen Komplikationen aus.

Eine Fall-Kontroll-Studie über 8 Jahre an einem städtischen Kinderkrankenhaus kam auf einen Anteil der Apnoen von 10 % an den Gesamtkomplikationen (Melendez and Bachur, 2009). Das PSRC verzeichnet in der Studie von 2009 nur eine Rate von 4,5 % (0,3 % vom Gesamtkollektiv).

Auch in der Studie nach Grunwell et al. von 2009 zu Risikofaktoren für Sedierungsabbrüche machen die Apnoen nur einen Anteil von 6 % aus (0,8 % vom Gesamtkollektiv) (Grunwell et al., 2014).

Eine Metaanalyse über Analgosedierungen von Bellolio et al. von 2016 steht im Einklang mit dem geringen Anteil von Apnoen der vorliegenden Studie. Allerdings zeigt die Auswertung mehrerer Studien, dass Analgosedierungen mit Einsatz von Propofol die höchste Rate an Apnoen aufweisen (Bellolio et al., 2016). Das Medikament Propofol ist mit Atemdepressionen assoziiert (Vardi et al., 2002, Godambe et al., 2003).

Da Apnoen und Atemwegobstruktionen zu den häufigsten Komplikationen dieser Studie zählen, stellt sich die Frage, ob die Propofoldosierung vergleichbar zu anderen Studien ist.

In der vorliegenden Studie erhielten die Kinder eine kontinuierliche Propofolinfusion mit einer durchschnittlichen Dosierung von 6,90 mg/kg/h. Eine Laufrate von 6 mg Propofol/kg/h wurde dabei am häufigsten appliziert (113 Fälle; 32,3 %, n=350), am zweithäufigsten 8 mg/kg/h (91 Fälle; 26 %, n=350). Die durchschnittliche kumulative Bolusdosis betrug 3,31 mg Propofol pro kg Körpergewicht. Am häufigsten (27,2 %), wurde zwischen 2,1-3 mg Propofol pro kg Körpergewicht gegeben.

Boriosi et al. geben in ihrer Studie während MRT Analgosedierungen eine mit dieser Studie vergleichbare durchschnittliche Bolusdosis von 3,4 mg/kg KG an, die letzte Propofolinfusion lag bei 148,2 µg/kg/min, also 8,9 mg/kg/h (Boriosi et al., 2017). In einer weiteren Studie zu Analgosedierungen während MRT Untersuchungen wird eine Anfangsbolusdosis von 2 mg Propofol/kg KG verabreicht, gefolgt von einer kontinuierlichen Propofolinfusion von 200 µg/kg/min, also 12 mg/kg/h. Diese Anfangsdosierungen wurden abhängig von der Patientenreaktion (bspw. Bewegung des Patienten, Atemwegobstruktion oder Sauerstoffmangel) angepasst (Wu et al., 2014). In einer Studie zur Analgosedierung während Endoskopien wird eine geringere durchschnittliche

Bolusdosis von 1,24 mg/kg KG verabreicht, die Laufrate betrug 9 mg/kg/h (Jung et al., 2000).

Eine Übersichtsarbeit von Black et al. über die Verwendung von Propofol zur Analgosedierung stellt in den meisten Studien eine Dosierung von 1 mg/kg KG fest. Es existieren jedoch keine Angaben zu einer Standarddosis von Propofol für Analgosedierungen. Dies ist darin zu begründen, dass die Dosis an die individuelle Reaktion des Patienten und die Art des Eingriffs angepasst wird. Zudem erfordert die Gabe von Begleitmedikamenten, wie Opioiden, eine Anpassung der sedierenden Dosis (Black et al., 2013). Die Propofoldosierungen dieser Studie sind im Vergleich zu dieser Übersichtsarbeit erhöht, vor allem die Dosierung des initialen Bolus. Atemdepressionen treten in erster Linie nach dessen Gabe auf (Neuhäuser et al., 2010). Jedoch lässt sich aus den erhöhten Dosierungen aufgrund der oben genannten Gründe keine Schussfolgerung ziehen. Zudem fehlen in der aktuellen Literatur direkte Vergleichsstudien von Dosierungsbereichen.

Betrachtet man die Krankengeschichte der Kinder mit aufgetretener Apnoe, fällt auf, dass bei 5 der 13 Fälle eine syndromale Erkrankung (Trisomie 21) vorlag. In 3 Fällen litt das zu sedierende Kind an einem Atemwegsinfekt. 11 der 13 Kinder wies einen ASA-Status von III auf. Es lässt sich vermuten, dass eine Apnoe mit einer Grunderkrankung des Kindes zusammenhängt. Die Studie von Malviya et al. bestätigt diese Vermutung. Sie ergab ein höheres Komplikationsrisiko für Kinder mit Grunderkrankungen (Malviya et al., 1997).

Eine weitere bedeutendere Erklärung für die hohe Rate an Apnoen in der vorliegenden Studie gibt das Monitoring. Zum Standardmonitoring am UKE gehört die Kapnometrie, um den CO₂-Gehalt der Expirationsluft zu messen und über die kontinuierliche Atemkurve die Atemfrequenz zu überwachen.

Nachfolgende Studien zeigen, welche Bedeutung der Kapnometrie für die frühzeitige Erkennung von Apnoen zukommt. Die Studie von Soto et al. von 2004 ergab, dass kein Anästhesist ohne Kapnometrie in der Lage war, die Patienten, die Apnoen von 20 s entwickelten, zu identifizieren (Soto et al., 2004). In dieser Studie wurde das sedierende Personal nach 20s unentdeckter Apnoen aus Sicherheitsbedenken auf die bestehende Apnoe aufmerksam gemacht. Die Studie von Blike et al. von 2005 ergab, dass auch längere Perioden unbemerkter Apnoen wahrscheinlich sind (Blike et al., 2005).

Vergleicht man die vorliegende Studie mit einer Studie des PSRC zum praktizierten Monitoring während Kinderanalgesedierungen von 2012, lässt sich vermuten, warum das Auftreten von Apnoen in der vorliegenden Studie erhöht ist. Die Studie ergab, dass bei knapp 55 % der 114 855 Analgesedierungen der Datenbank des PSRC das endtidale Kohlenstoffdioxid nicht gemessen wurde (Langhan et al., 2012).

Möglicherweise wurden viele Apnoen in Institutionen des PSRC gar nicht erkannt und die Atmung der Kinder setzte spontan wieder ein oder die Apnoe wurde erst später über den abfallenden Sauerstoffgehalt im Blut registriert.

In der vorliegenden Studie wurde im Gegensatz zu vielen anderen Studien (Grunwell et al., 2014, Melendez and Bachur, 2009, Jasiak et al., 2012) eine deutlich geringere Rate an Sättigungsabfällen/Hypoxien (11,5 % aller Komplikationen) verzeichnet. Dies lässt sich vor allem dadurch begründen, dass die Kinder einerseits unter einer kontinuierlichen Sauerstoffzufuhr standen und andererseits Apnoen durch die Kapnometrie nicht erst über den Abfall des Sauerstoffgehaltes im Blut erkannt wurden.

Dieses Ergebnis deckt sich mit randomisierten kontrollierten Studien, welche zeigen, dass die Verwendung von Kapnometrie zu einer reduzierten Häufigkeit an hypoxischen Ereignissen (Sauerstoffsättigung <90 %) während Prozeduren führt (Deitch et al., 2010, Qadeer et al., 2009, Langhan et al., 2015, Mehta et al., 2016, Beitz et al., 2012, American Society of Anesthesiologists, 2018).

Vor dem Hintergrund, dass Apnoen und Atemwegsobstruktionen in dieser Studie zu den häufigsten respiratorischen Komplikationen zählen, ist ein aussagekräftiges Monitoring inklusive Kapnometrie unabdingbar. In den Leitlinien der AAP wird erstmals 2016 das Monitoring mittels Kapnometrie für alle Analgesedierungen empfohlen (Cote and Wilson, 2016). Die ASA nimmt erst 2018 eine Empfehlung zur Verwendung der Kapnometrie während moderater Sedierungen in ihre Leitlinie auf (American Society of Anesthesiologists, 2018).

4.2.6 Interventionen

Insgesamt wurde in dieser Studie bei 43 Eingriffen (5,5 % des Gesamtkollektivs) interveniert. Davon in 37 Fällen mit vorausgegangener Komplikation. Es musste bei 32 von 33 respiratorischen Komplikationen interveniert werden.

Zu folgenden Interventionen zur Sicherung der Atemwege kam es in der vorliegenden Studie:

Maskenbeatmung

Die Maskenbeatmung ist ein nicht-invasives Atemhilfsmittel zur Behebung einer akuten respiratorischen Insuffizienz (Reutter and Frost, 2003).

In dieser Studie zählte die Maskenbeatmung zu den häufigsten Interventionen. Insgesamt kam es zu 17 Einsätzen der Maskenbeatmung (2,2 %). Damit macht die Maskenbeatmung knapp 1/3 aller Interventionen aus.

Vergleichsstudien wie vom PSRC von 2009 (Cravero et al., 2009) oder von Grunwell et al. von 2014 (Grunwell et al., 2014) weisen einen geringeren Anteil der Maskenbeatmungen an den Gesamtinterventionen auf. In diesen Studien nimmt die Sauerstoffzufuhr den weit größten Anteil an Interventionen ein. Dies lässt sich, wie oben schon erwähnt wurde, durch die standardmäßige Insufflation von Sauerstoff während Analgosedierungen am UKE erklären und das Monitoring mittels Kapnometrie. Dadurch werden Apnoen schnell erkannt und mit einer Maskenbeatmung und weiteren Maßnahmen zur Sicherung der oberen Atemwege reagiert.

Offenhalten der oberen Atemwege

Um die oberen Atemwege des Patienten offen zu halten, gibt es verschiedene nicht-invasive Möglichkeiten. Dazu zählen die Änderung der Kopfposition des Patienten (Reklination) und der Esmarch-Handgriff, durch den zusätzlich der Unterkiefer angehoben wird. So können die Atemwege bei Verlegung durch Zurückfallen der Zunge freigemacht werden. Des Weiteren stehen der Guedel- und der Wendl-Tubus zur Verfügung, die oropharyngeal bzw. nasopharyngeal die Atemwege offen halten sollen (Reutter and Frost, 2003) und einfach anzuwenden sind.

Absaugen ist eine weitere Maßnahme, um Sekret, das die oberen Atemwege verlegt, zu entfernen.

Diese Mittel wurde bei knapp der Hälfte (27 von 56, 48,2 %) aller Interventionen angewandt und entspricht 3,4 % vom Gesamtkollektiv.

Der Einsatz ist vergleichbar mit den Daten vom PSRC von 2009 mit einem etwas höheren Anteil von 4,2 % und einem Gesamtanteil von 46 % an allen Interventionen (Cravero et al., 2009). Bei der Studie von Grunwell et al. von 2014 hatten diese Interventionen einen Anteil von 54 % an allen Interventionen, im Unterschied wurde jedoch bei 18 % aller Patienten mit solchen Hilfsmitteln interveniert. Dazu muss hinzugefügt werden, dass die Studie innerhalb einer Klinik und außerhalb in einem radiologischen Zentrum durchgeführt wurde und die Komplikationsrate außerhalb der Klinik fast dreimal so hoch war.

Außerdem sind Interventionsraten im Hinblick auf die teils subjektive Definition von geplanten und ungeplanten Interventionen, also wann eine Sicherung der oberen Atemwege als geplanter Teil der Analgosedierung angesehen wird, schwer vergleichbar.

Invasive Atemhilfsmittel

Zu den invasiven Atemhilfsmitteln gehören die Larynxmaske und die Intubation. Die Larynxmaske bietet einen relativ guten Aspirationsschutz bei geringer Invasivität. Die endotracheale Intubation bietet von allen Atemwegshilfen den größten Aspirationsschutz, ist aber auch die invasivste Methode (Reutter and Frost, 2003).

Diese Methoden der Atemwegssicherung kamen in der vorliegenden Studie nur sehr selten zum Einsatz. Insgesamt wurde dreimal eine Larynxmaske verwendet und nur einmal intubiert. Das macht 7,1 % aller Interventionen aus und 0,5 % vom Gesamtkollektiv. Bei der Studie des PSRC von 2009 machen diese Art von Interventionen gerade mal 2,2 % aus (Cravero et al., 2009). Die Metaanalyse über das Vorkommen negativer Zwischenfälle während Analgosedierungen von Bellolio et al. von 2016 zeigt eine noch geringere Rate solcher Ereignisse (0,33 %) (Bellolio et al., 2016).

In nur einem Fall dieser Studie musste ein Kind intubiert werden, welches an einer syndromalen Erkrankung litt. Das dreijährige Kind zeigte nach Gabe der Initialdosis der Analgosedierung einen raschen Abfall der Sauerstoffsättigung auf 85 %, trotz Esmarch-Handgriff und Sauerstoffinsufflation kam es zu keiner Besserung. Da die Chance auf einen freien oberen Atemweg mit suffizienter

Spontanatmung aufgrund der bekannten kraniofazialen Dysmorphie und muskulären Hypotonie bei dem Kind als gering eingeschätzt wurden, wurde die Entscheidung zur Intubation getroffen. Nach Intubation besserte sich die Sauerstoffsättigung nur zögerlich und nach mehrfachen Rekrutierungsmanövern. Dieser Fall zeigt, dass die eine Analgosedierung durchführenden Ärzte sehr differenziert mit Komplikationen umgehen müssen. Sie müssen in der Lage sein, je nach klinischem Kontext, die Entscheidung zu einem erneuten Versuch oder auch, um eine Prozedur sicher durchführen zu können, zur invasiven Atemwegssicherung zu treffen.

Die unerwünschten Zwischenfälle und Komplikationen dieser Studie sind zwar selten, aber definieren die erforderlichen Kompetenzen, die ein sedierender Behandler mitbringen muss. Die hohe Rate an respiratorischen Komplikationen erfordern klinische Fertigkeiten im Atemwegsmanagement von Kindern. Zusätzlich ist es wichtig, Atemdepressionen und andere Situationen, die Komplikationen auslösen können, frühzeitig zu erkennen, um ein differenziertes Komplikationsmanagement durchführen zu können. So lassen sich schwerwiegende Komplikationen vorbeugen.

Die nötige Erfahrung für ein differenziertes Komplikationsmanagement kann nur durch regelmäßig durchgeführte Analgosedierungen erlernt werden. Daher ist die Etablierung eines festen Analgosedierungsteams sinnvoll, um die entsprechend notwendigen Erfahrungen zu sammeln und ein in sich abgestimmtes Team zu entwickeln.

So können Analgosedierungen auch für Kinder mit einem erhöhten Sedierungsrisiko, wie sie am UKE vermehrt vorkommen (hoher Anteil an hämatologisch erkrankten Kindern und dadurch steigende Zahl an schmerzhaften Prozeduren und Kindern der ASA Klassen III und IV), sicher gestaltet werden.

Analgosedierungen können so in Zukunft noch sicherer gemacht werden, da die Sicherheit vom frühzeitigen Erkennen von Problemen und entsprechender Intervention abhängt. So können schwerwiegende Komplikationen wie ein hypoxiebedingter Herz-Kreislauf-Stillstand verhindert werden.

4.2.7 Unterbrechung und Abbruch von Prozeduren

Die Abbruchrate von Analgosedierungen beträgt in der vorliegenden Studie mit insgesamt 4 Fällen 0,5 %. Diese ist vergleichbar mit der Studie des PSRC von 2009 mit einer Abbruchrate von <1 % (Cravero et al., 2009).

Dieses Ergebnis spiegelt die Sicherheit und routinemäßige Durchführung der Prozeduren durch das Analgosedierungsteam am UKE wider.

4.3 Schlussfolgerung

Ein hoher Anteil von Kindern mit schweren, komplexen und seltenen Krankheitsbildern (ASA Status III oder IV), sowie die hohe Anzahl an schmerzhaften Eingriffen, wie Knochenmark- und Liquorpunktionen, mit Notwendigkeit des Einsatzes von zwei Medikamenten zur Sedierung und Analgesie, erhöhen im betrachteten Patientenkollektiv das Risiko für Komplikationen.

Der hohe Anteil an besonders kurzen Eingriffen wie Knochenmark- und Liquorpunktionen unterstützen den sinnvollen Einsatz von Analgosedierungen mittels kurz wirkender Sedativa und Analgetika am UKE.

Ein präinterventionell liegender intravenöser Zugang ermöglicht einen reibungslosen, effektiven Ablauf von Sedierungen ohne die Notwendigkeit inhalativer Sedierungen und erhöht dadurch die Sicherheit.

Die Kapnometrie ermöglicht durch frühzeitige Detektion von Apnoen eine Reduktion von schwerwiegenden Komplikationen wie O₂-Sättigungsabfällen <90 % für >30 s und stellt somit ein bedeutsames und sicherheitsrelevantes Standardmonitoring während Analgosedierungen dar.

Das eingespielte und erfahrene Analgosedierungsteam und ein geeignetes Monitoring scheinen im Hinblick auf die niedrigen Komplikations- und Abbruchraten den Anforderungen des Patientenlientels am UKE gerecht zu werden und sichere, leitliniengerechte Analgosedierungen zu ermöglichen.

5 Zusammenfassung

Einleitung und Fragestellung: Die Zahl der Analgosedierungen von Kindern für diagnostische Zwecke und schmerzhaftes Eingriffe außerhalb des Operationssaales stieg in den letzten zwei Jahrzehnten stark an (Lalwani, 2006). Seit dem 20.08.2014 werden am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf Analgosedierungen ausschließlich durch das eigens dafür bestimmte Team mit entsprechendem mobilen Arbeitsplatz und Equipment durchgeführt. In dieser Arbeit sollen im Rückblick auf das erste Jahr der Tätigkeit des Kinderanalgosedierungsteams besondere Risikofaktoren der Patientenklientel am UKE, sowie mögliche Einflussfaktoren auf die Sicherheit und Effektivität von Analgosedierungen, betrachtet werden.

Material und Methode: In dieser retrospektiven Studie mit 441 erfassten Kindern und insgesamt 784 durchgeführten Analgosedierungen wurden demographische und klinisch relevante Parameter aus den Protokollen der Analgosedierungen eines Jahres (20.08.2014-19.08.2015) deskriptiv ausgewertet.

Ergebnisse: Innerhalb eines Jahres wurde bei 784 Kindern eine Analgosedierung vorrangig mit Propofol, Midazolam und/oder S-Ketamin durchgeführt (8,5 % Säuglinge, 43,9 % Kleinkinder, 47,6% Kinder > 6 Jahre). Der Anteil von Patienten mit einer ASA-Klassifikation von III oder IV lag bei 53 %. Mit 34,7 % wurden am häufigsten Knochenmark- und Liquorpunktionen durchgeführt. 58 % aller Prozeduren waren schmerzhaftes Eingriffe. Insgesamt traten bei 6,6 % der Sedierungen Komplikationen auf, am häufigsten Apnoen (25 %).

Diskussion und Schlussfolgerung: Ein hoher Anteil von Kindern mit komplexen Krankheitsbildern sowie die hohe Anzahl an schmerzhaften Eingriffen erhöhen im betrachteten Patientenkollektiv das Risiko für Komplikationen. Die Etablierung eines festen Analgosedierungsteams erscheint sinnvoll, um in einem in sich abgestimmtem Team die nötige Erfahrung für ein differenziertes Komplikationsmanagement zu sammeln und so sichere und effiziente Analgosedierungen durchzuführen. Die verhältnismäßig hohe Rate an Apnoen und geringe Rate an Sauerstoffsättigungsabfällen könnten mit der standardmäßigen Überwachung mittels Kapnometrie in Verbindung stehen. Durch Kapnometrie werden Apnoen frühzeitig erkannt und schwerwiegende Komplikationen, wie Sättigungsabfälle <90 % für >30 s, durch entsprechende Intervention verhindert. Vor diesem Hintergrund stellt die Kapnometrie ein bedeutsames Standardmonitoring während Analgosedierungen dar.

6 Summary

Objective: Procedural sedation and analgesia for diagnostic procedures and painful interventions in children has increased significantly over the last two decades (Lalwani, 2006). Since 20.08.2014, sedation and analgesia are provided exclusively by a specialized team with on-site monitoring and mobile equipment at the University Medical Center Hamburg-Eppendorf (UKE). In this study we evaluate the first year of activity of the sedation team (20.08.2014-19.08.2015) with respect to special risk factors of the patient population, as well as possible factors influencing the safety and effectiveness of analgosedation.

Methods: In this retrospective study of 441 children and a total of 784 recorded analgosedations demographic and clinically relevant parameters from the sedation protocols were analyzed descriptively.

Results: Within one year 784 children (47.7 % schoolchildren (> 6-20 years), 44.9 % toddlers (1-6 years), and 7.4% infants (<1 year)) were analgosedated with propofol, midazolam and/or S-ketamine. 53 % of the children were classified with ASA score III and IV. The most common type of performed procedures were bone marrow aspirations and lumbar punctures (34.7 %). A total of 58 % of the procedures were classified as painful procedures. Altogether the rate of complications was 6,6 %. Apnea occurred most frequently (25 %).

Discussion and Conclusions: The high number of seriously ill children and painful procedures increase the risk of complications in the examined patient population. The establishment of a permanent sedation team appears to be advisable to gain the necessary experience for a differentiated complication management and to build a coordinated team to perform safe and efficient analgosedation. The comparatively high rate of apnea and low rate of decreases in oxygen desaturation could be associated with the standard monitoring using capnography. The use of capnography allows the early identification and consequent treatment of apnea and prevents severe complications like oxygen desaturations <90 % for >30 s. In this context, capnography presents a significant standard monitoring during analgosedation.

7 Anhang

7.1 Übersicht über die erfassten Parameter

Tabelle 7: Übersicht über die erfassten Parameter

	Parameter	Format	
Patientenbezogene Angaben	Patienten-ID	Jeder Patient erhält eine Nummer	
	Laufende-ID	Laufende Nummer des Eingriffs	
	Datum Eingriff	TT.MM.JJJJ	
	Hauptdiagnose:	1=hämato-onkologisch	
	Kategorie	2=nephrologisch	
		3=hepatologisch	
		4=gastroenterologisch	
		5=neurologisch	
		6=pulmonologisch	
		7=metabolisch	
		8=kardiologisch	
		9=andere	
		Hauptdiagnose	In Worten
		Nebendiagnose 1	In Worten
		Nebendiagnose 2	In Worten
		Nebendiagnose 3	In Worten
		ASA	I = gesund, ohne systemische Erkrankung II = milde oder moderate systemische Erkrankung III = schwere systemische Erkrankung IV = schwere systemische lebensbedrohliche Erkrankung V = moribund, nicht überlebensfähig ohne chirurgischen Eingriff
		Geburtsdatum	TT.MM.JJJJ
		Alter	In Monaten
	Größe	In Zentimeter	
	Gewicht	In Kilogramm	
	Geschlecht	weiblich/männlich	
	Vorherige Sedierung	ja/nein	
	Atemwegsinfekt	ja/nein	

Eingriffsbezogene Parameter	Art des Eingriffs	1 = Bronchoskopie 2 = CT 3 = Endoskopie 4 = Knochenmarkpunktion 5 = Leberbiopsie 6 = Liquorpunktion 7 = MIBG-Szintigraphie 8 = MRT anderes 9 = MRT Neurokranium 10 = Nierenbiopsie 11 = Nierenszintigraphie 12 = Sonstiges 13 = ZVK-Anlage	
	Art des Eingriffs:	In Worten	
	Freitext		
	Dauer des Eingriffs	In Minuten	
	Fachabteilung des Arztes	1 = FA Pädiatrie 2 = FA Anästhesiologie 3 = FA Pädiatrie und Anästhesiologie	
	Medikamente	Hypnotikum Bolus	1 = Propofol 2 = Midazolam 3 = kein
		Dosierung	In Milligramm
		Menge	Kumulativmenge in Zahlen
		Menge pro kg KG	Kumulativmenge pro Körpergewicht in mg/kg
		Hypnotikum kontinuierlich	1 = Propofol 2 = kein
		Dosierung	mg/kg/h
		Lauftrate	Durchschnittliche Lauftrate in Zahlen
		Analgetikum Bolus	1 = S-Ketamin 2 = kein
Dosierung		In Milligramm	
Menge		Kumulativmenge in Zahlen	
Menge pro KG		Kumulativmenge pro Körpergewicht in mg/kg	
Analgetikum kontinuierlich		1 = S-Ketamin 2 = Remifentanyl	
Dosierung	1 = mg/kg/h 2 = µg/kg/min		

Lauftrate	Durchschnittliche Lauftrate in Zahlen
Medikament 3	1 = Propfol 2 = Midazolam 3 = S-Ketamin 4 = Clonidin 5 = kein
Dosierung	1 = mg 2 = µg
Menge	Kumulativmenge in Zahlen
Menge pro KG	Kumulativmenge pro Körpergewicht in mg/kg oder µg/kg
Weitere Medikamente Liegender	Medikamentenname und Dosierung ja/nein
intravenöser Zugang	ja/nein
Inhalative Sedierung	ja/nein
Lokalanästhesie	ja/nein/unbekannt

Komplikationen

Komplikation: Kategorie	1 = Respiratorisch 2 = Hämodynamisch 3 = Andere 4 = Keine
Komplikation: Benennung	Agitation/Delir Allergische Reaktion Andere Antagonisierung Apnoe Aspiration Atemwegsobstruktion Ausschlag Bewegungen Bradykardie Bronchospasmus Erbrechen/Regurgitation Herz-Kreislaufstillstand Herzrhythmusstörung Husten Hypersalivation Hypertension Hypotension <50% Baseline Hypothermie Inadäquate Analgosedierung

	Komplikation intravenöser Zugang
	Krampfanfall
	Lange Erholungszeit
	Laryngospasmus
	Maskenbeatmung
	Paradoxe Reaktion
	Sättigungsabfall <90% für >30s
	Schluckauf
	Sekret
	Stridor
	Tachykardie
	Thoraxrigidität
	Tod
	Ungeplante Aufnahme Intensivstation
	Zu tiefe Analgosedierung
Komplikation: Freitext	In Worten
Intervention	ja/nein
Intervention:	Absaugung
Benennung	Adrenalin
	Antagonisierung
	Antihistaminika
	Atropin
	Benzodiazepine
	CPR
	Esmarch-Handgriff
	Guedel-Tubus
	Inhalation
	Inhalative Einleitung
	Intubation
	Kopfposition Änderung
	Kortikosteroide
	Larynxmaske
	Maskenbeatmung
	Neuanlage intravenöser Zugang
	Noradrenalin
	Wendl-Tubus
Intervention: Freitext	In Worten
Unterbrechung der	ja/nein
Prozedur	
Abbruch Prozedur	ja/nein

Aufwachphase	Erholungszeit	In Minuten (Zeit von Ende Medikamen- tengabe bis Augenöffnen)
	Dauer	im In Minuten
	Aufwachraum	
Bemerkungen	Bemerkungen	In Worten

8 Literaturverzeichnis

- AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS. 2012. *Statement on Granting Privileges to Nonanesthesiologist Physicians For Personally Administering or Supervising Deep Sedation* [Online im Internet]. American Society of Anesthesiologists. URL: <http://www.asahq.org/quality-and-practice-management/standards-and-guidelines> [Stand: 20.11. 2016, 14:55].
- AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS. 2014. *Continuum of Depth of Sedation: Definition of General Anesthesia and Levels of Sedation/Analgesia* [Online im Internet]. URL: <http://www.asahq.org/quality-and-practice-management/standards-and-guidelines> [Stand: 20.11. 2016, 18:30].
- AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS. 2016. *Statement on Granting Privileges for Administration of Moderate Sedation to practitioners who are not anesthesia professionals* [Online im Internet]. URL: <http://www.asahq.org/quality-and-practice-management/standards-and-guidelines> [Stand: 20.11. 2016, 14:23].
- AMERICAN SOCIETY OF ANESTHESIOLOGISTS 2018. Practice Guidelines for Moderate Procedural Sedation and Analgesia 2018A 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), 437-479.
- ANDERSSON, H., ZAREN, B. & FRYKHOLM, P. 2015. Low incidence of pulmonary aspiration in children allowed intake of clear fluids until called to the operating suite. *Paediatr Anaesth*, 25 (8), 770-777.
- BEACH, M. L., COHEN, D. M., GALLAGHER, S. M. & CRAVERO, J. P. 2016. 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.
- BECK, G., BECKE, K., BIERMANN, E., DEJA, M., HOFER, H., IBER, T., KOMAR, H., MERTENS, E., PRIEN, T., SCHLEPPERS, A., SORGATZ, H., STRAUß, J., VAN AKEN, H. & VESCIA, F. 2013. Empfehlung Mindestanforderungen am anästhesiologischen Arbeitsplatz. *Anästh Intensivmed*, 54, 39-52.
- BECKE, K., LANDSLEITNER, B. & STRAUß, J. 2010. Narkoseeinleitung bei Kindern. *Anästh Intensivmed*, 51, 347-360.
- BEITZ, A., RIPHAUS, A., MEINING, A., KRONSHAGE, T., GEIST, C., WAGENPFEIL, S., WEBER, A., JUNG, A., BAJBOUJ, M., POX, C., SCHNEIDER, G., SCHMID, R. M., WEHRMANN, T. & VON DELIUS, S. 2012. Capnographic monitoring reduces the incidence of arterial oxygen desaturation and hypoxemia during propofol sedation for colonoscopy: a randomized, controlled study (ColoCap Study). *Am J Gastroenterol*, 107 (8), 1205-12.
- BELLOLIO, M. F., PULS, H. A., ANDERSON, J. L., GILANI, W. I., MURAD, M. H., BARRIONUEVO, P., ERWIN, P. J., WANG, Z. & HESS, E. P. 2016. Incidence of adverse events in paediatric procedural sedation in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*, 6 (6), e011384.
- BIBER, J. L., ALLAREDDY, V., ALLAREDDY, V., GALLAGHER, S. M., COULOURES, K. G., SPEICHER, D. G., CRAVERO, J. P. & STORMORKEN, A. G. 2015. 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.
- BLACK, E., CAMPBELL, S. G., MAGEE, K. & ZED, P. J. 2013. Propofol for procedural sedation in the emergency department: a qualitative systematic review. *Ann Pharmacother*, 47 (6), 856-68.
- BLIKE, G. T., CHRISTOFFERSEN, K., CRAVERO, J. P., ANDEWEG, S. K. & JENSEN, J. 2005. A method for measuring system safety and latent errors associated with pediatric procedural sedation. *Anesth Analg*, 101 (1), 48-58, table of contents.
- BORIOSI, J. P., EICKHOFF, J. C., KLEIN, K. B. & HOLLMAN, G. A. 2017. A retrospective comparison of propofol alone to propofol in combination with dexmedetomidine for pediatric 3T MRI sedation. *Paediatr Anaesth*, 27 (1), 52-59.
- BURTON, S. & EPSTEIN, M. D. 2003. The American Society of Anesthesiologist's Efforts in Developing Guidelines for Sedation and Analgesia for Nonanesthesiologists: The 40th Rovenstine Lecture *Anesthesiology*, 98 (5), 1261-1268.
- CAPERELL, K. & PITETTI, R. 2009. Is higher ASA class associated with an increased incidence of adverse events during procedural sedation in a pediatric emergency department? *Pediatr Emerg Care*, 25 (10), 661-4.
- COTE, C. J., NOTTERMAN, D. A., KARL, H. W., WEINBERG, J. A. & MCCLOSKEY, C. 2000. Adverse sedation events in pediatrics: a critical incident analysis of contributing factors. *Pediatrics*, 105 (4 Pt 1), 805-14.
- COTE, C. J. & WILSON, S. 2016. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients Before, During, and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures: Update 2016. *Pediatrics*, 138 (1).
- COTÉ, C. J. & WILSON, S. 2006. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients During and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures: An Update. *Pediatrics*, 118 (6), 2587-2602.
- COULOURES, K. G., BEACH, M., CRAVERO, J. P., MONROE, K. K. & HERTZOG, J. H. 2011. Impact of provider specialty on pediatric procedural sedation complication rates. *Pediatrics*, 127 (5), e1154-60.
- CRAVERO, J. 2015. Sedation Policies, Recommendations, and Guidelines Across the Specialties and Continents. In: MASON, K. (ed.) *Pediatric Sedation Outside of the Operating Room*. 2. Auflage ed. New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- CRAVERO, J. P., BEACH, M. L., BLIKE, G. T., GALLAGHER, S. M. & HERTZOG, J. H. 2009. 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.
- CRAVERO, J. P., BLIKE, G. T., BEACH, M., GALLAGHER, S. M., HERTZOG, J. H., HAVIDICH, J. E. & GELMAN, B. 2006. 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.
- CREEDON, R. L. 1985. Guidelines for the elective use of conscious sedation, deep sedation, and general anesthesia in pediatric patients. *Pediatrics*, 76, 317-321.
- DAVIS, P. J. & CLADIS, F. P. 2005. The use of ultra-short-acting opioids in paediatric anaesthesia: the role of remifentanyl. *Clin Pharmacokinet*, 44 (8), 787-96.
- DEITCH, K., MINER, J., CHUDNOFSKY, C. R., DOMINICI, P. & LATTA, D. 2010. Does end tidal CO2 monitoring during emergency department procedural sedation

- and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? A randomized, controlled trial. *Ann Emerg Med*, 55 (3), 258-64.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ANÄSTHESIOLOGIE UND INTENSIVMEDIZIN & BERUFSVERBAND DEUTSCHER ANÄSTHESISTEN 2009. Empfehlung zur Überwachung nach Anästhesieverfahren. *Anästh Intensivmed*, 50, 485-488.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ANÄSTHESIOLOGIE UND INTENSIVMEDIZIN & BERUFSVERBAND DEUTSCHER ANÄSTHESISTEN 2010. Analgosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen bei Erwachsenen. *Anästh Intensivmed*, 51, 598-602.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ANÄSTHESIOLOGIE UND INTENSIVMEDIZIN, BERUFSVERBAND DEUTSCHER ANÄSTHESISTEN & BERUFSVERBAND DER DEUTSCHEN CHIRURGEN 2005. Vereinbarung zur Qualitätssicherung ambulante Anästhesie. *Anästh Intensivmed*, 46, 36-37
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ANÄSTHESIOLOGIE UND INTENSIVMEDIZIN, BERUFSVERBAND DEUTSCHER ANÄSTHESISTEN & BERUFSVERBAND DER DEUTSCHEN CHIRURGEN 2006. Vereinbarung zur Qualitätssicherung ambulante Anästhesie. *Anästh Intensivmed*, 47, 50-53.
- GHAMARI, S., HÖHNE, C., BECKE, K., EICH, C., KRAMER, S., HOEFT, A., WERMELT, J. & ELLERKMANN, R. K. 2016. *Prävention und Therapie des pädiatrischen Emergence Delir* [Online im Internet]. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). URL: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-035l_S2e_paed_Emergence_Delir_2016-11.pdf [Stand: 29.09. 2018 20:19].
- GODAMBE, S. A., ELLIOT, V., MATHENY, D. & PERSHAD, J. 2003. Comparison of propofol/fentanyl versus ketamine/midazolam for brief orthopedic procedural sedation in a pediatric emergency department. *Pediatrics*, 112 (1 Pt 1), 116-23.
- GORMAN, R., BATES, B. A., BENITZ, W. E., BURCHFIELD, D. J., RING, J. C., WALLS, R. P., WALSON, P. D., ALEXANDER, J., BENNETT, D. R., HAGINO, O. R., MATSUI, D., RILEY, L. E., GIACOIA, G. P., COTE', C. J. & KOTERAS, R. J. 2002. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients During and After Sedation for Diagnostic and Therapeutic Procedures: Addendum. *Pediatrics*, 110 (4), 836-838.
- GOZAL, D., DRENGER, B., LEVIN, P. D., KADARI, A. & GOZAL, Y. 2004. A pediatric sedation/anesthesia program with dedicated care by anesthesiologists and nurses for procedures outside the operating room. *J Pediatr*, 145 (1), 47-52.
- GROSS, J. B., BAILEY, P. L., CAPLAN, R. A., CONNIS, R. T., COTÉ, C. J., DAVIS, F. G., EPSTEIN, B. S., KAPUR, P. A., ZERWAS, J. M. & ZUCCARO, G. 1996. 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*, 84 (2), 459-71.
- GROSS, J. B., BAILEY, P. L., R.T., C., COTÉ, C. J., DAVIS, F. G., EPSTEIN, B. S., GILBERTSON, L., NICKINOVICH, D. G., ZERWAS, J. M. & ZUCCARO, G. 2002. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology*, 96 (4), 1004-17.
- GRUNWELL, J. R., MCCRACKEN, C., FORTENBERRY, J., STOCKWELL, J. & KAMAT, P. 2014. Risk factors leading to failed procedural sedation in children outside the operating room. *Pediatr Emerg Care*, 30 (6), 381-7.
- HAVIDICH, J. E. & CRAVERO, J. P. 2012. The current status of procedural sedation for pediatric patients in out-of-operating room locations. *Curr Opin Anaesthesiol*, 25 (4), 453-60.

- HINKELBEIN, J., LAMPERTI, M., AKESON, J., SANTOS, J., COSTA, J., DE ROBERTIS, E., LONGROIS, D., NOVAK-JANKOVIC, V., PETRINI, F., STRUYS, M., VEYCKEMANS, F., FUCHS-BUDER, T. & FITZGERALD, R. 2018. European Society of Anaesthesiology and European Board of Anaesthesiology guidelines for procedural sedation and analgesia in adults. *Eur J Anaesthesiol*, 35 (1), 6-24.
- HOFFMAN, G. M., NOWAKOWSKI, R., TROSHYNSKI, T. J., BERENS, R. J. & WEISMAN, S. J. 2002. Risk reduction in pediatric procedural sedation by application of an American Academy of Pediatrics/American Society of Anesthesiologists process model. *Pediatrics*, 109 (2), 236-43.
- HOLZMANN, R. S. 2015. The History of Sedation. In: MASON, K. (ed.) *Pediatric Sedation Outside the Operating Room*. 2. Auflage ed. New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht London.
- HOMEPAGE PÄDIATRISCHE HÄMATOLOGIE UND ONKOLOGIE UKE. *Über die Klinik Pädiatrische Hämatologie und Onkologie* [Online im Internet]. Hamburg. URL: <https://www.uke.de/kliniken-institute/kliniken/p%C3%A4diatrische-h%C3%A4matologie-und-onkologie/%C3%BCber-die-klinik/index.html> [Stand: 13.10. 2016, 16:55].
- JASIAK, K. D., PHAN, H., CHRISTICH, A. C., EDWARDS, C. J., SKREPNEK, G. H. & PATANWALA, A. E. 2012. Induction dose of propofol for pediatric patients undergoing procedural sedation in the emergency department. *Pediatr Emerg Care*, 28 (5), 440-2.
- JUNG, M., HOFMANN, C., KIESSLICH, R. & BRACKERTZ, A. 2000. Improved sedation in diagnostic and therapeutic ERCP: propofol is an alternative to midazolam. *Endoscopy*, 32 (3), 233-8.
- KAMAL, K., ASTHANA, U., BANSAL, T., DUREJA, J., AHLAWAT, G. & KAPOOR, S. 2017. Evaluation of efficacy of dexmedetomidine versus propofol for sedation in children undergoing magnetic resonance imaging. *Saudi J Anaesth*, 11 (2), 163-168.
- KAMAT, P. P., MCCRACKEN, C. E., GILLESPIE, S. E., FORTENBERRY, J. D., STOCKWELL, J. A., CRAVERO, J. P. & HEBBAR, K. B. 2015. 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.
- KAUFFMAN, R. E., BANNER, W., BERLIN, C. M., BLUMER, J. L., GORMAN, R. L., LAMBERT, G. H., WILSON, G. S., BENNETT, D. R., CORDERO, J. F., COTÉ, C. J., TOMICH, P. & LICATA, S. A. 1992. Guidelines for Monitoring and Management of Pediatric Patients During and After Sedation For Diagnostic and Therapeutic Procedures. *Pediatrics*, 89 (6), 1110-1115.
- LALWANI, K. 2006. Demographics and trends in nonoperating-room anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol*, 19 (4), 430-5.
- LANGHAN, M. L., MALLORY, M., HERTZOG, J., LOWRIE, L. & CRAVERO, J. 2012. Physiologic monitoring practices during pediatric procedural sedation: a report from the Pediatric Sedation Research Consortium. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 166 (11), 990-8.
- LANGHAN, M. L., SHABANOVA, V., LI, F. Y., BERNSTEIN, S. L. & SHAPIRO, E. D. 2015. A randomized controlled trial of capnography during sedation in a pediatric emergency setting. *Am J Emerg Med*, 33 (1), 25-30.
- LOWRIE, L., WEISS, A. H. & LACOMBE, C. 1998. The pediatric sedation unit: a mechanism for pediatric sedation. *Pediatrics*, 102 (3), E30.

- MALVIYA, S., VOEPEL-LEWIS, T., ELDEVİK, O. P., ROCKWELL, D. T., WONG, J. H. & TAIT, A. R. 2000. Sedation and general anaesthesia in children undergoing MRI and CT: adverse events and outcomes. *Br J Anaesth*, 84 (6), 743-8.
- MALVIYA, S., VOEPEL-LEWIS, T. & TAIT, A. R. 1997. Adverse events and risk factors associated with the sedation of children by nonanesthesiologists. *Anesth Analg*, 85 (6), 1207-13.
- MALVIYA, S., VOEPEL-LEWIS, T., TAIT, A. R., REYNOLDS, P. I., GUJAR, S. K., GEBARSKI, S. S. & PETTER ELDEVİK, O. 2004. Pentobarbital vs chloral hydrate for sedation of children undergoing MRI: efficacy and recovery characteristics. *Paediatr Anaesth*, 14 (7), 589-95.
- MEHTA, P. P., KOCHHAR, G., ALBELDAWI, M., KIRSH, B., RIZK, M., PUTKA, B., JOHN, B., WANG, Y., BRESLAW, N., LOPEZ, R. & VARGO, J. J. 2016. Capnographic Monitoring in Routine EGD and Colonoscopy With Moderate Sedation: A Prospective, Randomized, Controlled Trial. *Am J Gastroenterol*, 111 (3), 395-404.
- MELLENDEZ, E. & BACHUR, R. 2009. Serious adverse events during procedural sedation with ketamine. *Pediatr Emerg Care*, 25 (5), 325-8.
- MONROE, K. K., BEACH, M., REINDEL, R., BADWAN, L., COULOURES, K. G., HERTZOG, J. H. & CRAVERO, J. P. 2013. Analysis of procedural sedation provided by pediatricians. *Pediatr Int*, 55 (1), 17-23.
- MUNTAU, A. C. o.J. *Über die Klinik für Kinder- und Jugendmedizin* [Online im Internet]. Hamburg. URL: <https://www.uke.de/kliniken-institute/kliniken/kinder-und-jugendmedizin/%C3%BCber-die-klinik/index.html> [Stand: 15.09. 2016, 17:35].
- NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. 1985. Anesthesia and Sedation in the Dental Office. NIH Consensus Statement Online [Online im Internet], 5. URL: <https://consensus.nih.gov/1985/1985AnesthesiaDental050html.htm>.
- NEUHÄUSER, C., WAGNER, B., HECKMANN, M., WEIGAND, M. A. & ZIMMER, K. P. 2010. Analgosedierung für schmerzhafte Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen. *Dtsch Arztebl International*, 107 (14), 241-7.
- PARKER, R. I., MAHAN, R. A., GIUGLIANO, D. & PARKER, M. M. 1997. Efficacy and safety of intravenous midazolam and ketamine as sedation for therapeutic and diagnostic procedures in children. *Pediatrics*, 99 (3), 427-31.
- PATEL, M. M., KAMAT, P. P., MCCRACKEN, C. E. & SIMON, H. K. 2016. Complications of Deep Sedation for Individual Procedures (Lumbar Puncture Alone) Versus Combined Procedures (Lumbar Puncture and Bone Marrow Aspirate) in Pediatric Oncology Patients. *Hosp Pediatr*, 6 (2), 95-102.
- PENA, B. M. & KRAUSS, B. 1999. Adverse events of procedural sedation and analgesia in a pediatric emergency department. *Ann Emerg Med*, 34 (4 Pt 1), 483-91.
- PHILIP, B. K. 2010. *Granting privileges for deep sedation to non-anesthesiologist sedation practitioners* [Online im Internet]. URL: <http://www.asahq.org/quality-and-practice-management/standards-and-guidelines> [Stand: 20.11. 2016, 19:10].
- PHILIPPI-HÖHNE, C., BECKE, K., WULFF, B., SCHMITZ, B., STRAUß, J. & REINHOLD, P. 2010. Analgosedierung für diagnostische und therapeutische Maßnahmen im Kindesalter. *Anästh Intensivmed*, 51, 603-614.
- QADEER, M. A., VARGO, J. J., DUMOT, J. A., LOPEZ, R., TROLLI, P. A., STEVENS, T., PARSI, M. A., SANAKA, M. R. & ZUCCARO, G. 2009. Capnographic monitoring of respiratory activity improves safety of sedation for endoscopic cholangiopancreatography and ultrasonography. *Gastroenterology*, 136 (5), 1568-76; quiz 1819-20.
- REUTTER, S. & FROST, A. 2003. Sicherung der Atemwege Indikationen, Methoden und Hilfsmittel. *Lege artis*, 3, 40-44.

- SCHERRER, P. D., MALLORY, M. D., CRAVERO, J. P., LOWRIE, L., HERTZOG, J. H. & BERKENBOSCH, J. W. 2015. The impact of obesity on pediatric procedural sedation-related outcomes: results from the Pediatric Sedation Research Consortium. *Paediatr Anaesth*, 25 (7), 689-97.
- SCHULZ, A., GRABHORN, E., KOBBE, R., DENECKE, J., OH, J., MÜLLER-STÖVER, S., WEIßBARTH-RIEDEL, E. & MUNTAU, A. C. o.J. *Unser Behandlungsangebot* [Online im Internet]. Hamburg. URL: <https://www.uke.de/kliniken-institute/kliniken/kinder-und-jugendmedizin/behandlungsangebot/index.html> [Stand: 15.09. 2016, 17:45].
- SOCIETY FOR PEDIATRIC SEDATION. o.J. *Pediatric Sedation Research Consortium* [Online im Internet]. Richmond, VA. URL: <http://www.pedsedation.org/education/research/> [Stand: 23.08. 2016, 18:40].
- SOTO, R. G., FU, E. S., VILA, H., JR. & MIGUEL, R. V. 2004. Capnography accurately detects apnea during monitored anesthesia care. *Anesth Analg*, 99 (2), 379-82, table of contents.
- SPIES, C. D., BREUER, J. P., GUST, R., WICHMANN, M., ADOLPH, M., SENKAL, M., KAMPA, U., WEISSAUER, W., SCHLEPPERS, A., SOREIDE, E., MARTIN, E., KAISERS, U., FALKE, K. J., HAAS, N. & KOX, W. J. 2003. Präoperative Nahrungskarenz. Ein update. *Anaesthesist*, 52 (11), 1039-45.
- TAEGER, K. 2002. Leitlinie zur Sedierung und Analgesie (Analgesedierung) von Patienten durch Nicht-Anästhesisten. *Anästh. Intensivmed*, 43, 639-641.
- TWITE, M. D. & FRIESEN, R. H. 2005. Pediatric sedation outside the operating room: the year in review. *Curr Opin Anaesthesiol*, 18 (4), 442-6.
- VARDI, A., SALEM, Y., PADEH, S., PARET, G. & BARZILAY, Z. 2002. Is propofol safe for procedural sedation in children? A prospective evaluation of propofol versus ketamine in pediatric critical care. *Crit Care Med*, 30 (6), 1231-6.
- WODEY, E., PLADYS, P., COPIN, C., LUCAS, M. M., CHAUMONT, A., CARRE, P., LELONG, B., AZZIS, O. & ECOFFEY, C. 1997. Comparative Hemodynamic Depression of Sevoflurane versus Halothane in Infants : An Echocardiographic Study. *Anesthesiology*, 87 (10), 795-800.
- WU, J., MAHMOUD, M., SCHMITT, M., HOSSAIN, M. & KURTH, D. 2014. Comparison of propofol and dexmedetomidine techniques in children undergoing magnetic resonance imaging. *Pediatric Anesthesia*, 24 (8), 813-818.
- YLDZDAS, D., YAPCOGLU, H. & YLMAZ, H. L. 2004. The value of capnography during sedation or sedation/analgesia in pediatric minor procedures. *Pediatr Emerg Care*, 20 (3), 162-5.

9 Danksagung

Ich möchte meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Dominique Singer für die Ermöglichung und Betreuung dieser Arbeit danken.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin Dr. med. Katharina Röher für ihre engagierte und wertvolle Unterstützung zur Erstellung dieser Arbeit. Sie stand mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite. Ihre hervorragende Betreuung und konstruktiven Anregungen schätze ich sehr.

Weiterhin danke ich Dr. med. Sofia Apostolidou für ihre Hilfestellung während der Datenerhebung.

Besonderer Dank gilt meinem Freund Tilman für seine Liebe und seinen Rückhalt. Für seine ständige Unterstützung und Motivation während meines Studiums und der Anfertigung dieser Arbeit.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern für ihre liebevolle und bedingungslose Unterstützung während meines Studiums. Für ihre Ermutigungen und ihr Vertrauen. Sie haben diese Hochschulausbildung ermöglicht und mir dabei in jeder Hinsicht zur Seite gestanden.

10 Lebenslauf

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt

11 Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe 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.

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

Unterschrift: