

# **Kinderherzanästhesie in Deutschland**

## **Ergebnisse einer webbasierten Umfrage**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn

**Björn Sendzik**

aus Hachenburg

2022

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Markus Velten
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Andreas Müller

Tag der Mündlichen Prüfung: 06.05.2022

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Direktor: Prof. Dr. med. Mark Coburn

## **Meinen Eltern**



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>8</b>
1.1 Herausforderungen der Anästhesie bei kongenitalen Vitien .....	9
1.1.1 Herzfehler ohne Shunt .....	9
1.1.2 Herzfehler mit Rechts-Links-Shunt .....	10
1.1.3 Herzfehler mit Links-Rechts-Shunt .....	10
1.2 Ziel der Arbeit.....	11
<b>2. Material und Methoden</b> .....	<b>13</b>
2.1 Datensammlung.....	13
2.2 Identifikation deutscher kinderherzchirurgischer Zentren.....	13
2.3 Sicherung der Bearbeitungsqualität .....	14
2.4 Statistische Auswertung.....	14
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
3.1 Bearbeitungssorgfalt und Beteiligung an der Umfrage.....	15
3.2 Ergebnisse im Themenbereich Institutionsorganisation .....	15
3.2.1 Teilnehmende deutsche Kinderherzzentren.....	15
3.2.2 Teamzusammenstellung und Einarbeitung .....	18
3.3 Ergebnisse im Themenbereich allgemeines Anästhesiemanagement.....	21
3.3.1 Prämedikation .....	21
3.3.2 Gefäßzugänge .....	22
3.4 Ergebnisse im Themenbereich spezielles Anästhesiemanagement .....	23
3.4.1 Perioperatives Monitoring .....	23
3.4.2 Narkoseeinleitung .....	27
3.4.3 Narkoseführung .....	28

3.4.4	Perioperative Ventilation .....	29
3.4.5	Spezielles Management bei Eingriffen am Aortenbogen .....	29
3.4.6	Tranexamsäure intraoperativ .....	30
3.4.7	SIRS Prävention .....	30
3.4.8	Perioperatives Management von Blutprodukten, Volumen und Gerinnung.....	31
3.4.9	Inotropika .....	32
3.4.10	Vasopressoren.....	32
3.4.11	Postoperative Phase.....	33
<b>4.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>34</b>
4.1	Themenbereich Institutionsorganisation.....	34
4.2	Themenbereich Anästhesiemanagement.....	38
4.3	Validität und Grenzen der erhobenen Daten.....	44
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>46</b>
<b>6.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>48</b>
6.1	Fragebogen.....	48
<b>7.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>82</b>
<b>9.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>83</b>
<b>10.</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>90</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ACT	activated clotting time
CC	Verschlusskapazität
CPB	kardiopulmonaler Bypass
CT	Computertomographie
oFb	online Fragebogen
CHD	congenital heart disease
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
DHCA	deep hypothermic circulatory arrest
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
EEG	Elektroenzephalographie
FRC	funktionelle Residualkapazität
HZV	Herzzeitvolumen
KG	Körpergewicht
LCOS	Low Cardiac Output Syndrome
LVOT	linksventrikulärer Ausflusstrakt
MRT	Magnetresonanztomographie
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
ÖGD	Oesophago-Gastro-Duodenoskopie
OP	Operationssaal
OTE	on table extubation
pCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidpartialdruck
PEEP	positive end-expiratory pressure, positiv-endexpiratorischer Druck
POCT	point of care testing
PRIS	Propofolinfusionssyndrom
RVOT	rechtsventrikulärer Ausflusstrakt
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
TTE	transthorakale Echokardiographie

## 1. Einleitung

Im Jahr 2016 wurden laut dem Statistischen Bundesamt 792 131 Kinder lebend geboren. Die Prävalenz für angeborene Herzfehler wird mit 1 % angegeben (Schwedler et al., 2011). Im selben Jahr wurden in Deutschland 102 088 Operationen am Herzen durchgeführt. 4836 dieser Operationen wurden bei Kindern unter 18 Jahren mit angeborenem Herzfehler durchgeführt, wovon 2965 Operationen an Kindern unter einem Jahr Lebensalter stattfanden (Beckmann et al., 2017). Auf Grund der zum Teil vorliegenden (patho-)physiologischen Besonderheiten bedarf nicht nur die herzchirurgische Versorgung der Frühgeborenen, Neugeborenen, Kinder und Jugendlichen einer speziellen Expertise, sondern auch die anästhesiologische Versorgung.

Durch den medizinischen Fortschritt der letzten Jahrzehnte können diese Patienten heute frühzeitiger operativ oder auch interventionell versorgt werden. Diese Fortschritte liegen vor allem in den Gebieten der bildgebenden Diagnostik, dem Voranschreiten der interventionellen Kathetertechniken und der immer komplexer und differenzierter werdenden Intensivtherapie (Raissadati et al., 2015; Erikssen et al., 2015). All das spiegelt sich in einer erheblichen Verbesserung der Kurz- und Langzeitergebnisse wider (Meinertz et al., 2015). Hierbei hat sich in besonderem Maße die Lebenserwartung verbessert. Heute erreichen 95% der Patienten mit mildem oder moderatem angeborenem Herzfehler das Erwachsenenalter. In den 1950er Jahren waren dies etwa 70% der Patienten. Auch die Lebensqualität bei schweren angeborenen Herzfehlern kann heute auf Grund der Operationserfolge als generell gut bezeichnet werden (Apers et al., 2016).

Allerdings lohnt ein genauerer Blick. So zeigen Studien aus den USA, dass 40-50% der Kinder, die sich während der Neonatalperiode oder bis zum 6. Lebensmonat einem Eingriff an ihrem angeborenem Herzfehler mit kardiopulmonalem Bypass unterzogen, im Alter von 4-5 Jahren eine verzögerte neurokognitive Entwicklung, inklusive kognitiven, motorischen und emotionalen Defiziten, Beeinträchtigungen der feinmotorischen Fähigkeiten, Verzögerungen in Sprachverständnis, Sprache und der motorisch visuellen Organisation und Aufmerksamkeitsdefizite und Hyperaktivität aufwiesen (Klamt et al., 2017). Genau in diesem Bereich sind Verbesserungen anästhesiologischer Prozeduren und gezielten Monitorings denkbar, die zur Erhöhung der Lebensqualität beitragen.

## 1.1 Herausforderungen der Anästhesie bei kongenitalen Vitien

Um im Bereich Kinderherzanästhesie arbeiten zu können, sollte man voraussetzen dürfen, dass fundierte Kenntnisse in der anästhesiologischen Betreuung von Kindern und Jugendlichen vorliegt. Bis zum heutigen Tag fehlen prospektive Studien zum anästhesiologischen Management während kinderherzchirurgischer Eingriffe. Zusätzlich scheint es unbestritten, dass fundiertes Wissen über die vorliegende Pathophysiologie vorhanden sein muss. Kenntnisse der kardiovaskulären Embryologie, des fetalen Kreislaufs oder sich ändernder Shuntverhältnisse seien bereits an dieser Stelle beispielhaft genannt.

Auch die operativen Besonderheiten des jeweiligen Eingriffs spielen für das anästhesiologische Management eine Rolle. Sie stellen für die zum Teil sehr jungen Patienten eine extreme Belastung dar. Während der extrakorporalen Zirkulation werden einige der Patienten in tiefer Hypothermie während eines bis zu einer Stunde andauernden Herz-Stillstandes operiert. An diesen Beispielen wird deutlich, welche wichtige Rolle die klinische Erfahrung des anästhesiologischen Personals spielt und welche große Bedeutung ihr beizumessen ist.

Für klinisch tätige Anästhesisten und Anästhesistinnen hat sich eine Unterteilung nach funktionellen und pathophysiologischen Gesichtspunkten etabliert (Dütschke et al., 2007; Bein und Renner, 2007).

### 1.1.1 Herzfehler ohne Shunt

Bei LVOT-Obstruktionen kommt es zu einer Druckbelastung des linken Ventrikels und infolgedessen zu einer konzentrischen linksventrikulären Hypertrophie. Das wiederum erhöht den myokardialen Sauerstoffbedarf. Bei Belastung oder Stress sind die Patienten gefährdet eine koronare Minderperfusion und Herzrhythmusstörungen zu erleiden. Als Beispiel wäre eine kongenitale Aortenstenose zu nennen.

RVOT-Obstruktionen, zum Beispiel eine Pulmonalstenose, können zu einer Trikuspidalinsuffizienz führen. Nimmt der Druck im Vorhof zu, kann es bei einem offenen Foramen ovale zu Rechts-Links-Shunts kommen. Häufig handelt es sich um muskuläre dynamische Stenosen als Ursache. Als Folge von Stress kann die pulmonale Perfusion nachlassen. Darüber hinaus können atrioventrikuläre Stenosen vorliegen, die zu ektopen Erregungsstörungen führen oder, vor allem bei Tachykardien, das HZV vermindern können. Die seltenen isolierten atrioventrikulären Klappeninsuffizienzen führen zu Volumenbelastungen

des jeweiligen Ventrikels, was wiederum zu verminderten Herzzeitvolumina führen kann. Im Falle des linken Ventrikels können hieraus Koronarinsuffizienz resultieren.

#### 1.1.2 Herzfehler mit Rechts-Links-Shunt

Für das Auftreten eines Rechts-Links-Shunt muss zum einen ein vaskulärer, intrakardialer oder ein aortopulmonaler Defekt bestehen. Zum anderen muss der pulmonalvaskuläre Widerstand erhöht sein oder eine RVOT-Obstruktion vorliegen, was wiederum zu einer erhöhten venösen Beimischung in den systemischen Kreislauf und zur Hypoxämie führen kann. Auch hier entsteht eine Druckbelastung für den rechten Ventrikel. Bei einer Narkoseinduktion können sich diese Shunts bemerkbar machen. Man würde einen zügigeren Eintritt der Wirkung bei der Applikation von i.v. Narkotika erwarten und einen verzögerten Wirkungseintritt bei inhalativen Substanzen.

Häufig kann man Rechts-Links-Shunts bei einer Fallot-Tetralogie oder einem Truncus arteriosus beobachten.

#### 1.1.3 Herzfehler mit Links-Rechts-Shunt

Intrakardiale Defekte oder entsprechende Gefäßdefekte führen in der Regel primär zu einem Links-Rechts-Shunt, also Shuntflüssen, die den physiologischen Druckverhältnissen vom Hochdruck- ins Niederdrucksystem folgen. Es kann dadurch ein erhöhter Sauerstoffbedarf entstehen und eine höhere linksventrikuläre Belastung. Das wiederum kann zu Koronar- und Herzinsuffizienzen führen. Es kommt zudem zu einem erhöhten pulmonalen Blutfluss und einer Erhöhung des pulmonalvaskulären Widerstands. Wenn dieser den systemischen Widerstand übersteigt, kommt es zu einer Shuntumkehr (Eisenmenger-Reaktion).

Häufige Vitien mit einem Links-Rechts-Shunt sind ein Ventrikelseptumdefekt, ein Atriumseptumdefekt, ein atrioventrikulärer Septumdefekt, eine aortopulmonales Fenster oder ein persistierender Ductus arteriosus.

Auf Grund der geschilderten Pathophysiologie würde man bei diesem Shunt einen verzögerten Wirkungseintritt von i.v. Narkotika erwarten.

## 1.2 Ziel der Arbeit

Um die anästhesiologische Versorgung dieser speziellen Patientengruppe zu verbessern, formierte sich im Jahr 2014 die „Arbeitsgruppe Kinderkardioanästhesie“ im Rahmen des Herbsttreffens des wissenschaftlichen Arbeitskreises Kardioanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI). Im Rahmen dieser Treffen wurde schnell deutlich, dass es unablässig erschien, zunächst die gegenwärtige Situation der anästhesiologischen Versorgung des heterogenen Patientenkontingents zu erfassen. Nur auf Grundlage dessen kann ein wissenschaftlicher und klinischer Austausch zu verschiedensten Fragestellungen der Experten ermöglicht werden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Situation des anästhesiologischen Managements bei kinderherzchirurgischen Eingriffen darzustellen und mit den derzeitigen spärlichen, wissenschaftlich gesicherten Erkenntnissen abzugleichen. Hierzu führten wir eine Online-Befragung von 27 deutschen Kliniken durch, die nach eigenen Angaben kinderherzchirurgische Prozeduren vornahmen.

Im ersten Abschnitt der Befragung sollten die Institutsorganisationen erfasst werden. Hierbei interessierten neben der Trägerschaft der Kliniken insbesondere die operativen Spektren und Zahl der kardiochirurgisch operierten Kinder mit angeborenem Herzfehler. Diese quantitative Erfassung ermöglichte zusammen mit dem zweiten Themenkomplex „Teamzusammenstellung und Einarbeitung“ Rückschlüsse über die zu erwartende Erfahrung und Routine der eingesetzten Anästhesisten. Hierdurch konnte verglichen werden, wie die Forderungen des Gemeinsamen Bundesausschusses aus der „Richtlinie zur Kinderherzchirurgie“ umgesetzt werden. In dieser Richtlinie wird gefordert in der Kinderherzanästhesie fortgebildete Fachärzte mit „spezieller Expertise“ einzusetzen. In einem weiteren Schritt fragten wir nach der Einschätzung der Befragten Anästhesisten und Anästhesistinnen welchen Umfang der Einarbeitung sie als maßvoll erachteten, um in diesem komplexen Bereich eingesetzt zu werden.

In den Themenkomplexen des allgemeinen und speziellen Anästhesiemanagements ging es um die umfassende Erfassung der gängigen Prozeduren und Therapien in der perioperativen und unmittelbar postoperativen Betreuung durch die Anästhesie.

Sollte sich wie erwartet ein heterogenes Bild abzeichnen, so könnte dies als Diskussionsgrundlage für den weiteren wissenschaftlichen Diskurs dienen. Diese Arbeit kann den Anstoß und die Grundlage liefern, um weitere Erkenntnisse zu generieren und dadurch die anästhesiologische Versorgung bei kinderherzchirurgischen Eingriffen verbessern.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Datensammlung**

Zunächst entwickelten wir einen Umfragebogen, der sich inhaltlich in vier Themenbereiche aufteilte:

1. Institutionsorganisation, Teamzusammenstellung
2. Einschätzung für die Einarbeitung in der Kinderkardioanästhesie
3. Allgemeines Anästhesiemanagement
4. Spezielles Anästhesiemanagement

Praktisch durchgeführt wurde die Datenerhebung als Online-Befragung. Insgesamt wies der Fragebogen 16 inhaltliche Unterkategorien und 55 Items auf 30 Seiten auf. Der Onlinefragebogen wurde durch den Anbieter SoSci Survey (Leiner, 2014) realisiert.

Zur Bearbeitung der Befragung wurden von uns alle ermittelten kinderherzchirurgischen Zentren eingeladen.

### **2.2 Identifikation deutscher kinderherzchirurgischer Zentren**

Um ein möglichst umfassendes Bild der Versorgung in deutschen kinderherzchirurgischen Zentren zu erhalten, war es zu Beginn nötig, diese zu identifizieren. Hierzu wurde die jährliche Leistungsstatistik der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) herangezogen. Wir konnten feststellen, dass im Jahr 2014 an 78 Zentren herzchirurgische Operationen durchgeführt wurden. Deshalb untersuchten wir das von den Kliniken veröffentlichte Leistungsspektrum hinsichtlich der Durchführung von kinderherzchirurgischen Eingriffen und gruppierten zunächst Zentren aus, die nur Eingriffe bei Erwachsenen mit angeborenem Herzfehler durchführten. Hieraus verringerte sich die Zahl der infrage kommenden Kliniken auf 37 Zentren. Auf schriftliche Nachfrage teilten 27 von 37 Zentren mit, derzeit aktiv kinderherzchirurgische Eingriffe durchzuführen. Diese Angaben wurden mit den Daten der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik e. V. überprüft und wir konnten eine Deckung feststellen. Diese verbleibenden 27 Zentren wurden zur Teilnahme an der Befragung eingeladen.

Sofern ein Mitarbeiter des Zentrums Mitglied in der DGAI Arbeitskreis Kardioanästhesie Arbeitsgruppe Kinderherzanästhesie war, wurde dieser zur Befragung eingeladen. Wurde

ein Zentrum nicht durch einen Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Kinderherzanästhesie vertreten, wurde der leitende Arzt der anästhesiologischen Fachabteilung oder ein speziell benannter Arzt der kinderkardioanästhesiologischen Versorgung angeschrieben.

Der Befragungszeitraum betrug drei Monate und reichte vom 02.09.2015 bis zum 02.12.2015.

### **2.3 Sicherung der Bearbeitungsqualität**

Auf Grund der zunehmenden Anzahl an Anfragen gerade im Bereich der Online-Befragungen zu verschiedenen Themen suchten wir nach einem Weg, um eine adäquate Bearbeitungssorgfalt festzustellen. Hierfür analysierten wir die Bearbeitungsgeschwindigkeit als Surrogatparameter. Stellten wir fest, dass ein Teilnehmer den Fragebogen außerordentlich schnell bearbeitete, konnte dies ein Hinweis auf mangelnde Sorgfalt sein. Deshalb vergaben wir einen Maluspunkt, falls ein Teilnehmer eine Seite dreimal schneller als der Median aller Teilnehmer die entsprechende Seite ausgefüllt hatte. Würde ein Teilnehmer mehr als drei Maluspunkte sammeln, also mehr als 10% der insgesamt 30-seitigen Umfrage sehr schnell bearbeiten, so sollte er von der Umfrage ausgeschlossen werden.

### **2.4 Statistische Auswertung**

Alle Daten wurden zur statistischen Auswertung von SoSci Survey für das Programm IBM Statistics SPSS 20 (IBM Corporation, Armonk, USA) ausgegeben. Die weitere Bearbeitung fand in einer Tabelle des Programms Microsoft Office Excel 2016 Professional Pro (Microsoft Corporation, Redmond, USA) statt.

Die Daten werden als absolute Häufigkeit (N von NN, N/NN) und (Prozent) angegeben. Sollten Antworten von Zentren für ein Item fehlen, werden die jeweils gültigen Angaben nach oben genanntem Schema angegeben. Die Bezeichnung „häufig“ wurde in den Antworten definiert als „in mehr als 50% der Fälle“. Dementsprechend wurde „selten“ als „in weniger als 50% der Fälle“ definiert. Die Bezeichnung „immer“ soll eine Standardprozedur beschreiben.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Bearbeitungssorgfalt und Beteiligung an der Umfrage

Als Surrogatparameter für die Bearbeitungssorgfalt der Umfrageteilnehmer wurde die Bearbeitungsgeschwindigkeit herangezogen und analysiert. Bei dreimal so schneller Bearbeitung durch einen Teilnehmer im Vergleich zum Median wurde ein Maluspunkt für die bearbeitete Seite vergeben. Beim Erreichen von drei Maluspunkten sollte der Ausschluss des Teilnehmers erfolgen.

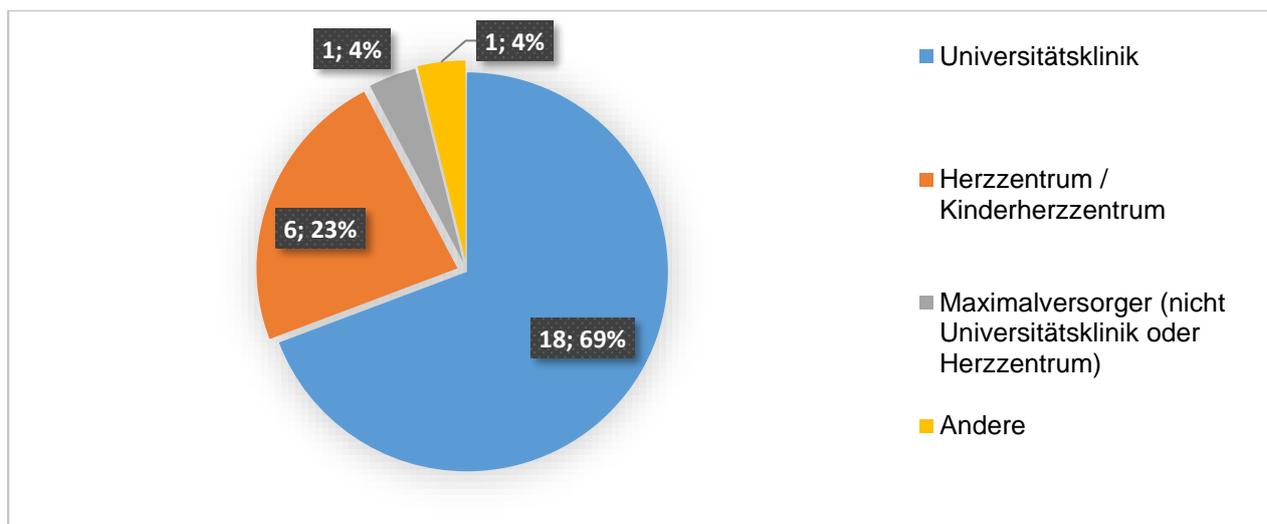
19 Teilnehmer erhielten gar keinen Maluspunkt. Auf den 30 Seiten des Fragebogens erhielten 3 Teilnehmer 1 Maluspunkt und 4 Teilnehmer erhielten 2 für zu schnelles Bearbeiten. Keiner der Teilnehmer erreichte die zuvor gesetzte Grenze von 3 Maluspunkten, das heißt, kein Teilnehmer musste ausgeschlossen werden.

Die Gesamtbeteiligung an der Umfrage lag bei 26 von 27 kinderherzchirurgischen Zentren (96,3%) Insgesamt wurde von einem einsendenden Zentrum (3,7%) der Fragebogen nur partiell ausgefüllt. 25 von 27 Zentren (92,5%) bearbeiteten das Interview komplett.

#### 3.2 Ergebnisse im Themenbereich Institutionsorganisation

##### 3.2.1 Teilnehmende deutsche Kinderherzzentren

Die beteiligten Zentren waren überwiegend Universitätskliniken 18/26 (69,2%) und Herzzentren 6/26 (23,1%).



**Abb. 1:** Institutionsorganisation der beteiligten Zentren n=26 (absolute Häufigkeit n; Angabe in Prozent)

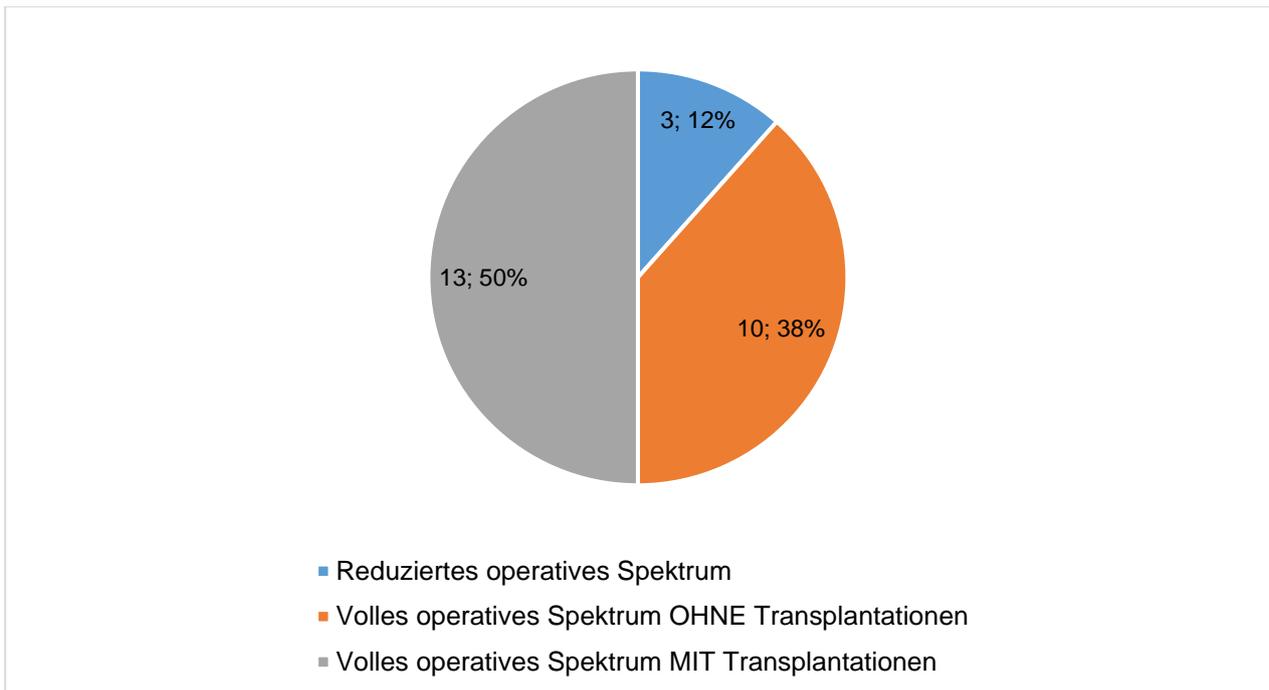
Die operativen Fallzahlen der Zentren sind in Tab. 1 dargestellt.

**Tab. 1:** Die operativen Fallzahlen der Zentren

Fälle pro Jahr	Gesamt Fälle CHD		Fälle CHD mit CPB	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
n				
0-50	5	19,2	8	30,8
50-100	4	15,4	1	3,8
100-200	4	15,4	6	23,1
200-300	7	26,9	7	26,9
300-500	2	7,7	3	11,5
mehr als 500	4	15,4	1	3,8
Gesamtsumme	26	100	26	100

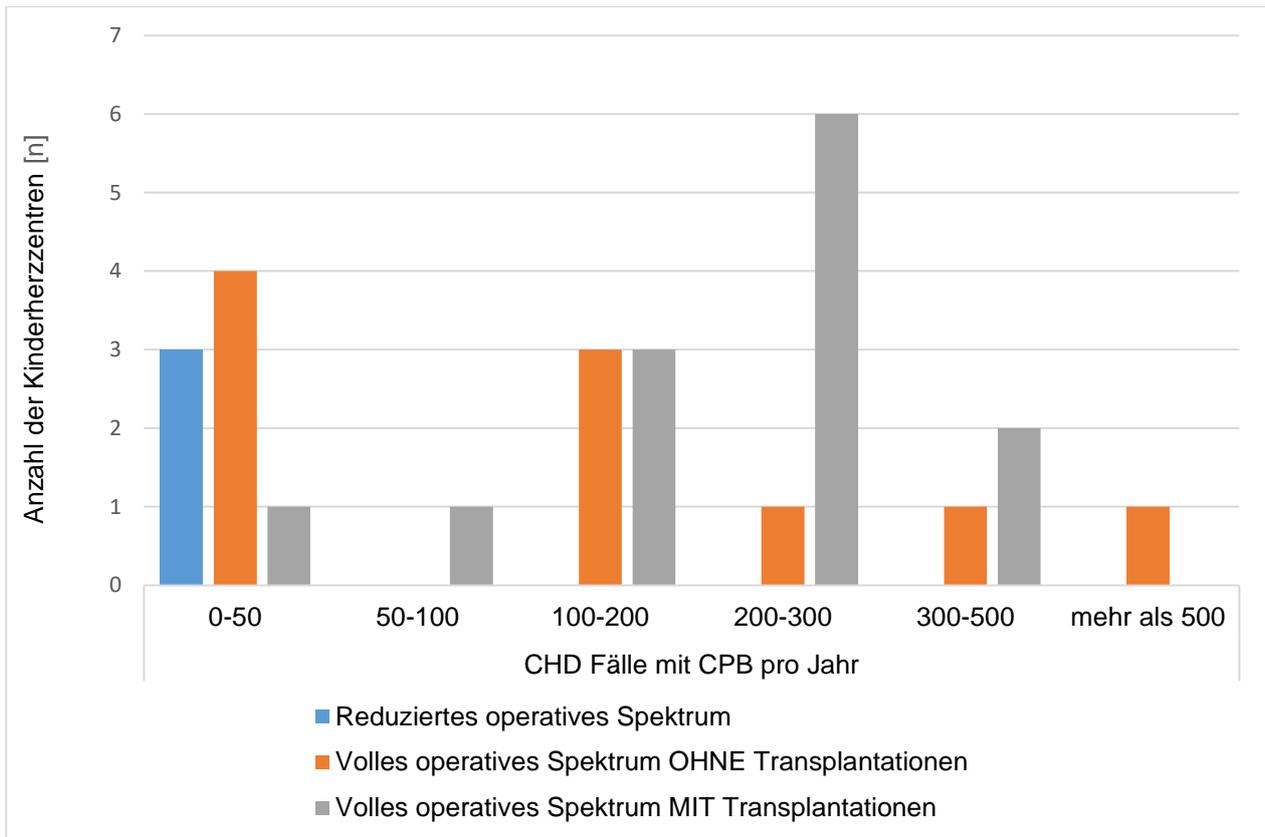
3/4 (75%) der Zentren, die mehr als 500 Eingriffe pro Jahr durchführen, sind keine Universitätskliniken.

Insgesamt 3/26 (11,5%) der befragten Kliniken gaben an, dass das operative Spektrum auf eine Auswahl vorwiegend einfacher Herzfehler und Gefäßfehlbildungen beschränkt sei. An 10/26 (38,5%) Zentren wird das gesamte Spektrum an angeborenen Herzfehlern und Gefäßfehlbildungen operativ behandelt, aber Herztransplantationen werden nicht vorgenommen. Folglich gaben 13/26 (50%) der befragten Zentren an, das gesamte operative Spektrum inklusive Transplantationen durchzuführen (Abb. 2).



**Abb. 2:** Operatives Spektrum der Zentren n=26 (absolute Häufigkeit n; Prozent)

Von den Kliniken, die ein reduziertes operatives Spektrum angaben, waren 3/26 (11,5%) Zentren, an denen 0-50 Kinder und Jugendliche pro Jahr unter Verwendung eines CPB operativ in der Kardiochirurgie operiert wurden. Dahingegen war die Durchführung von Transplantationen nicht auf Zentren mit größeren Patientenzahlen beschränkt. So gab jeweils 1/26 (3,8%) Zentren mit 0-50 bzw. 50-100 Operationen pro Jahr unter Verwendung eines CPB an, das gesamte operative Spektrum inklusive Transplantationen anzubieten. Lediglich 1/26 (3,8%) Zentren führt mehr als 500 Operationen pro Jahr mit CPB durch. An diesem Zentrum werden keine Transplantationen durchgeführt (Abb. 3).

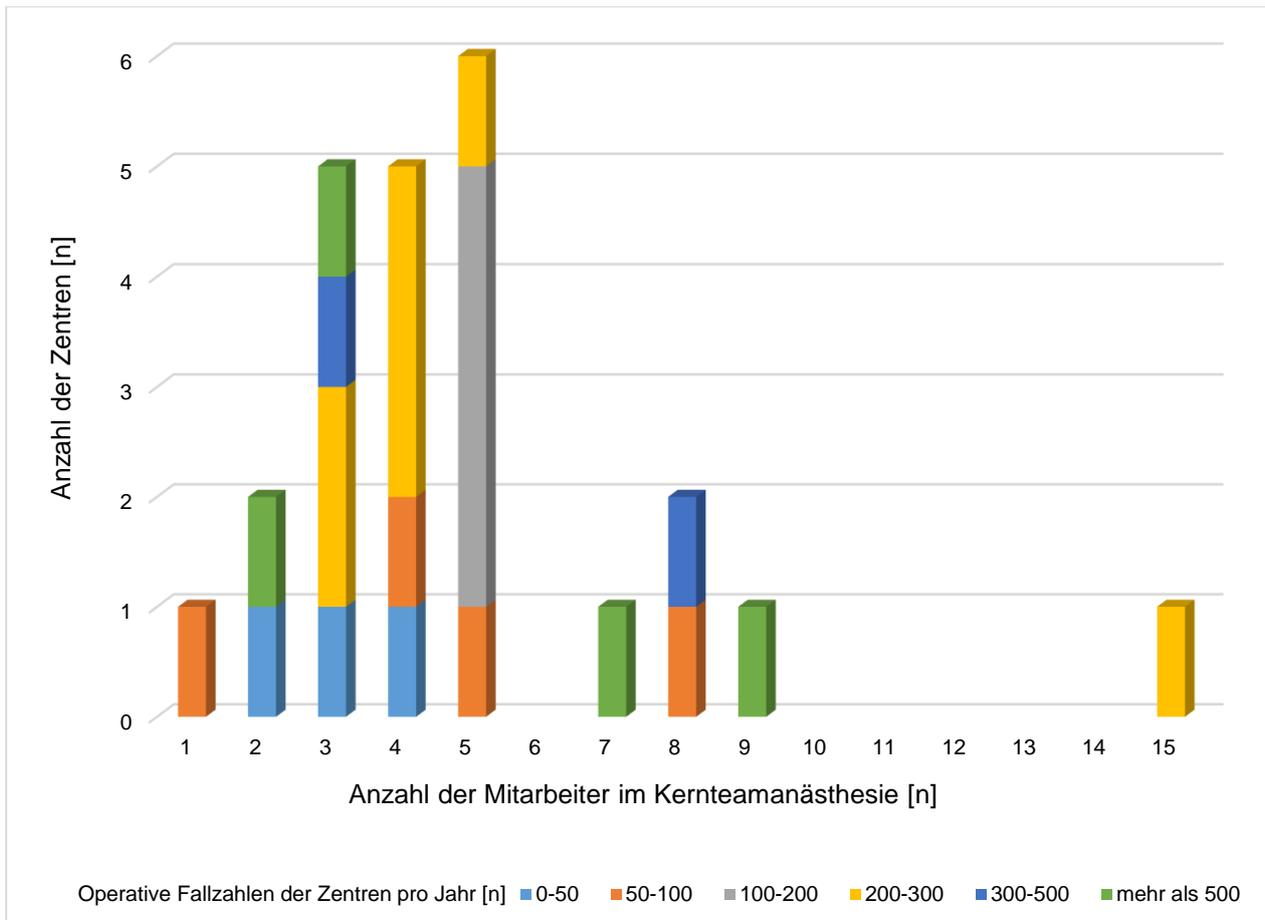


**Abb. 3:** CHD Fälle mit CPB pro Jahr

### 3.2.2 Teamzusammenstellung und Einarbeitung

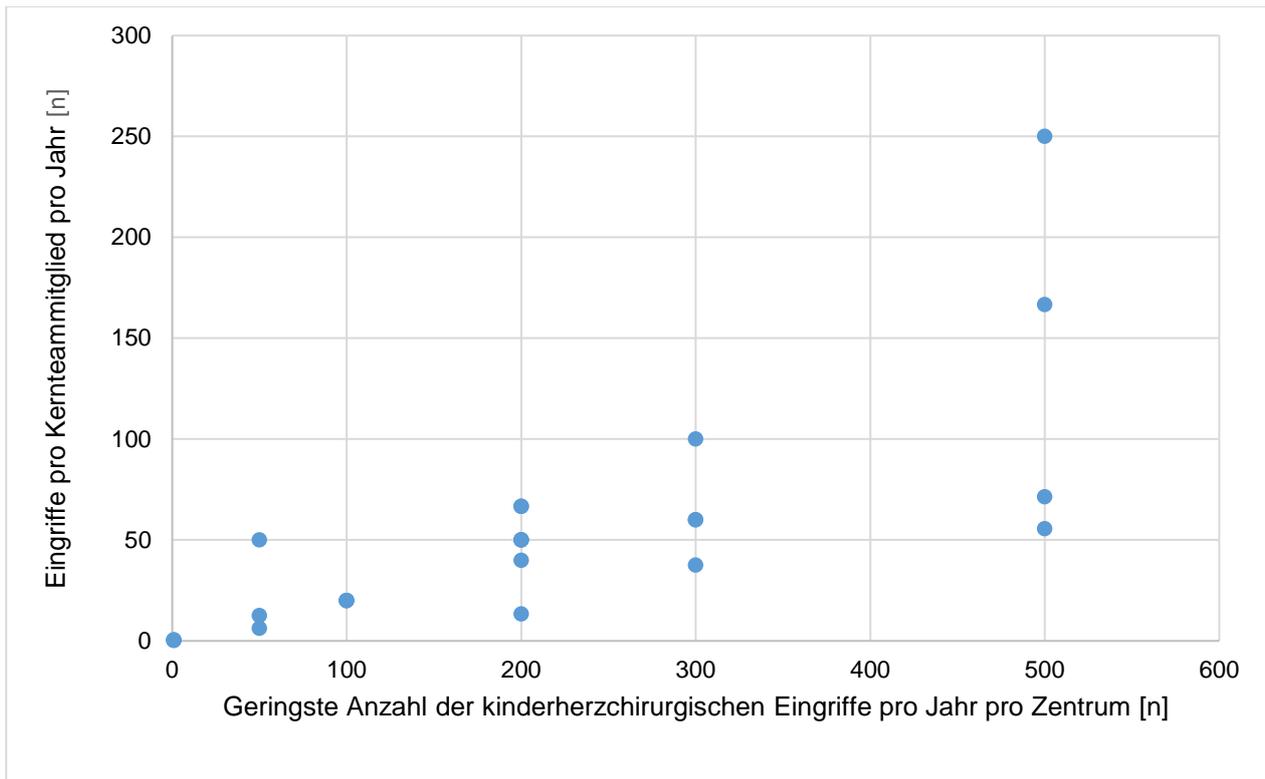
Lediglich in 2/26 (7,7%) der Zentren gibt es keine Kerngruppe von Anästhesisten, die sich auf die Betreuung von Kindern bei kardiochirurgischen Eingriffen spezialisiert hat. In den übrigen 24/26 (92,3%) gibt es diese Kerngruppe.

In den Zentren mit geringeren Fallzahlen besteht diese Kerngruppe aus bis zu 5 Mitarbeitern. In einem Zentrum mit 200-300 Operationen bei Kindern und Jugendlichen besteht diese Kerngruppe aus 15 Mitarbeitern. Ansonsten ist die Anzahl der Mitarbeiter stets auf weniger als 9 begrenzt. Dies gilt auch für das Zentrum mit mehr als 500 Eingriffen mit CPB pro Jahr. In 2/26 (7,7%) Zentren mit mehr als 500 Operationen pro Jahr werden all diese Eingriffe von lediglich 2 bzw. 3 anästhesiologischen Mitarbeitern betreut (Abb. 4).



**Abb. 4:** Die Anzahl der Mitarbeiter eines Kernteams der Anästhesie in den jeweiligen Zentren. Farblich aufgeschlüsselt die Häufigkeit von Operationen bei Kindern und Jugendlichen mit CHD im jeweiligen Zentrum pro Jahr

Das bedeutet, im Durchschnitt betreut bundesweit ein Anästhesist des Kernteams für Kinderherzanästhesie 52,81 Eingriffe pro Jahr. Allerdings reicht auch die durchschnittliche Anzahl der Eingriffe von 0,25 Eingriffen pro Jahr bis zu mindestens 250 Eingriffen pro Jahr, vorausgesetzt, in jedem Zentrum findet pro Jahr mindestens ein kinderherzchirurgischer Eingriff mit anästhesiologischer Begleitung statt. Die genaue Verteilung ist in Abb. 5 dargestellt.



**Abb. 5:** Vorausgesetzt, an jedem Zentrum erfolgt mindestens ein kinderherzchirurgischer Eingriff pro Jahr, dann ergibt sich für jeden Mitarbeiter des Kernteams für Kinderherzanästhesie die oben angegebene Mindestanzahl an Eingriffen.

Das Team, welches Kinder im OP betreut, setzt sich in den verschiedenen Zentren unterschiedlich zusammen. In 1/26 (3,8%) Kliniken betreut ein Assistenzarzt allein ein Kind ständig im OP. In keinem Fall werden zwei Assistenzärzte eingesetzt. In einem Fall 1/26 (3,8%) ist ständig ein Assistenzarzt und ein Facharzt anwesend. In den meisten Fällen, nämlich 20/26 (76,9%), ist ein Facharzt mit der ständigen Versorgung im OP betraut und in 5/26 (19,2%) Fällen sind dies zwei Fachärzte. Des Weiteren ist in 14/26 (53,8%) Zentren ein aufsichtführender Oberarzt nicht direkt an der Versorgung beteiligt, aber zusätzlich im OP-Bereich anwesend. Ein Kinderkardiologe ist in 8/26 (30,8%) der deutschen Zentren zusätzlich im OP anwesend.

Als minimale Qualifikation ist in allen Zentren 26/26 (100%) eine Facharztqualifikation für das selbstständige Arbeiten im OP gefordert. Außerhalb des OP-Bereichs (zum Beispiel im Herzkatheterlabor) werden in 15/26 (57,7%) der Kliniken Allgemeinanästhesien bei Kindern mit CHD durchgeführt, die nicht Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie

sind. Mitglieder dieser Kerngruppe führen in 9/26 (34,6%) der Zentren die Allgemeinanästhesien durch. In 5/26 (19,2%) der Fälle werden diese Narkosen durch Nicht-Anästhesisten, das heißt fachfremde Ärzte, wie zum Beispiel Pädiater, betreut.

Ein verändertes Bild zeichnet sich bei Sedierung, für beispielweise ÖGD-, CT- oder MRT Untersuchungen, ab. Es werden in 17/26 (65,4%) der Kliniken Sedierungen bei Kindern mit CHD durch Anästhesisten durchgeführt, die nicht Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie sind. In jeweils 8/26 (30,8%) der Zentren werden Sedierungen durch Anästhesisten dieser Kerngruppe durchgeführt bzw. durch Nicht-Anästhesisten wie z.B. Pädiater.

Generell geben 8/26 (30,8%) der Zentren an, elektive Allgemeinanästhesien für Interventionen wie Bronchoskopien oder Knochenmarkspunktionen würden durch Nicht-Anästhesisten durchgeführt und in 20/26 (76,9%) der deutschen Kinderherzzentren würden elektive Analgosedierungen durch Nicht-Anästhesisten, wie z.B. Pädiater durchgeführt.

Wir befragten die jeweiligen anästhesiologischen Mitarbeiter der Kinderherzzentren, welche Einarbeitungszeit sie als das Mindestmaß für das selbstständige Arbeiten im Kinderherz OP fordern würden. 9/26 (34,6%) würde eine 6-monatige, 2/26 (7,7%) eine 9-monatige, 11/26 (42,3%) eine 12-monatige, 3/26 (11,5%) eine 18-monatige und 1/26 (3,8%) der Befragten würden eine 24 Monate dauernde Einarbeitung als angemessen betrachten. Die Frage, wie viele Fälle man im OP betreut haben sollte, wurde wie folgt beantwortet: in jeweils 1/26 (3,8%) der Kinderherzzentren ist man der Ansicht, dass 10 bzw. 20 Fälle ausreichend seien. In 3/26 (11,5%) der Kliniken hält man 30 Fälle für angemessen. In 11/26 (42,3%) sind es 50 Fälle und in 10/26 (38,5%) sind es 100 Fälle.

### **3.3 Ergebnisse im Themenbereich allgemeines Anästhesiemanagement**

#### **3.3.1 Prämedikation**

Zur medikamentösen Prämedikation von Kindern mit CHD, die älter als 6 Monate sind, werden in 2/26 (7,7%) der Zentren nicht näher bezeichnete orale Prämedikationen durchgeführt. 14/26 (53,8%) verabreichen ein Benzodiazepin oral, 1/26 (3,8%) ein Benzodiazepin rektal und 6/26 (23,1%) der Zentren verabreichen ein Benzodiazepin intravenös. Jeweils 1/26 (3,8%) Zentren verabreichen Ketamin rektal, ein nicht näher bezeichnetes intravenöses Medikament oder führen keine medikamentöse Prämedikation durch.

### 3.3.2 Gefäßzugänge

Als Standardverfahren zur ZVK Anlage bei Kindern < 15kg wird am häufigsten die Punktion unter ständiger Ultraschallkontrolle durchgeführt (17/26 (65,4%)). In 2/26 (7,7%) der Zentren wird „blind“ punktiert nach vorheriger Markierung mittels Ultraschalles und in einem Zentrum (3,8%) nach vorheriger Markierung mittels Doppler. Obwohl in allen Zentren (26/26 (100%)) ein Ultraschallgerät zur Verfügung steht, ist in 4/26 (15,4%) der Zentren eine Punktion unter alleiniger Orientierung an anatomischen Landmarken das Standardverfahren. Dieses Vorgehen wird in 17/26 (65,4%) der Zentren selten bis nie gewählt. Die häufigste Punktionsstelle ist in 23/26 (88,5%) der Zentren die Vena jugularis interna. In den meisten Kliniken würde man in zweiter Instanz sich für eine Punktion der Vena subclavia (infraclaviculär) (7/26 (26,9%)) beziehungsweise der Vena femoralis (9/26 (35%)) entscheiden. Punktionen der Vena jugularis externa, Vena subclavia (supraclaviculär), Vena anonyma und die Nutzung eines peripheren Einschwemm-ZVK (z.B. Silastic Katheter) werden jeweils von der Mehrzahl der Zentren überhaupt nicht angewandt. Zum Ausschluss eines Pneumothorax nach ZVK Anlage wird in 14/26 (53,8%) ein Röntgen und in 12/26 (46,2%) der Zentren eine Sonographie des Thorax durchgeführt.

In 9/26 (34,6%) der Zentren ist die Anlage eines Arterienkatheters bei Kindern unter 15 kg unter Ultraschallkontrolle ein Standardverfahren und in ebenso vielen (9/26 (34,6%)) ein häufig genutztes Verfahren. Die blinde Punktion unter Palpation ist in 8/26 (30,8%) ein Standardverfahren und in 10/26 (38,5%) der Zentren immer noch ein häufig genutztes Procedere. Selten genutzt, nie genutzt oder gar nicht vorhanden sind die Möglichkeit zur blinden Punktion nach vorheriger Doppler Markierung (23/26, 88,5%), die Punktion mit Dopplernadel (23/26 (88,5%)), die blinde Punktion nach vorheriger Markierung mittels Ultraschalles (24/26 (92,3%)) und die Punktion unter Diaphanoskopie (24/26 (92,3%)). In 3/26 (11,5%) der Zentren stellen dopplergestützte arterielle Punktionen das Standardverfahren dar. Der primär bevorzugte Punktionsort ist in 21/26 (80,8%) der Zentren die Arteria radialis. In 5/26 (19,2%) wird die Arteria femoralis als primärer Punktionsort angegeben und in 13/26 (50%) der Zentren als Punktionsort der zweiten Wahl. 9/26 (34,6%) der Kinderherzzentren geben an, eine Punktion der Arteria ulnaris durchzuführen, 22/26 (84,6%) ziehen eine Punktion der Arteria brachialis in Betracht. Eine Punktion der Arteria dorsalis

pedis wird von 20/26 (76,9%) und der Arteria tibialis posterior von 21/26 (80,8%) nicht als möglicher Punktionsort betrachtet.

### **3.4 Ergebnisse im Themenbereich spezielles Anästhesiemanagement**

#### **3.4.1 Perioperatives Monitoring**

Die Umfrage zum Monitoringverfahren in der Kinderherzchirurgie mit Verwendung eines CPB ergab, dass eine invasive Blutdruckmessung, die Pulsoxymetrie, eine endexpiratorische Kapnographie, die Messung des zentralen Venendrucks die quantitative Erfassung der Diurese in allen Zentren 24/26 (92,3%) obligat sind. Eine nichtinvasive Blutdruckmessung wird in 17/26 (65,4%) der Zentren zusätzlich immer angebracht. In einem 1/26 (3,8%) Zentrum wird sie häufig (mehr als 50% der Fälle) ergänzend durchgeführt, in 2/26 (7,7%) weiteren selten.

Eine Konzentrationsmessung der inhalativen Anästhetika wird in 22/26 (84,6%) der Zentren immer durchgeführt, in jeweils 1/26 (3,8%) selten, beziehungsweise ist dort die Messmöglichkeit nicht vorhanden.

Ein Pulmonalkatheter wird in jeweils 12/26 (46,2%) der Zentren selten und in weiteren 12/26 (46,2%) nie eingeschwenkt.

Weite Verbreitung findet die Transösophageale Echokardiographie. Ihr Einsatz ist in 12/26 (46,2%) der Zentren obligat und wird in 9/24 (38%) häufig eingesetzt. Sie ist an allen teilnehmenden Zentren verfügbar.

Der Einsatz eines Ösophagusstethoskops ist in 2/26 (7,7%) der Kliniken obligat, während es in der Mehrzahl der Kliniken 17/26 (65,4%) nie genutzt wird oder nicht verfügbar ist.

Das Standardvorgehen zur Temperaturmessung unterscheidet sich stark. Jeweils 8/26 (%) der Zentren messen die Körpertemperatur immer im Ösophagus oder der Harnblase, 6/26 (23,1%) messen die Temperatur rektal und 4/26 (15,4%) nutzen Messverfahren über die Haut.

Prozessierte Elektroenzephalographien (zum Beispiel BIS-Monitoring oder Narcotrend®) sind in 22/26 (84,6%) der Kinderherzzentren verfügbar. Sie kommen in 4/26 (15,4%) immer, in 1/26 (3,8%) häufig, in 8/26 (30,8%) selten und in 6/26 (23,1%) nie zum Einsatz. Ein EKG mit 5 oder mehr Ableitungen wird in 17/26 (65,4%) der Zentren immer angewen-

det und in 4/26 (15,4%) noch häufig. In 4/26 (15,4%) Kliniken ist ein EKG mit 3 Ableitungen der Standard. Dieses Monitoringverfahren wird von 19/26 (72,1%) der Zentren selten bis nie genutzt wird.

Eine kontinuierliche Blutgasanalyse im Betrieb der Herzlungenmaschine ist in 19/26 (72,1%) der Zentren obligat. In 1/26 (3,8%) Zentrum wird sie noch häufig und in 2/26 (7,7%) noch selten eingesetzt. In weiteren zwei Zentren (2/26, 7,7%) ist dieses Messverfahren nicht verfügbar.

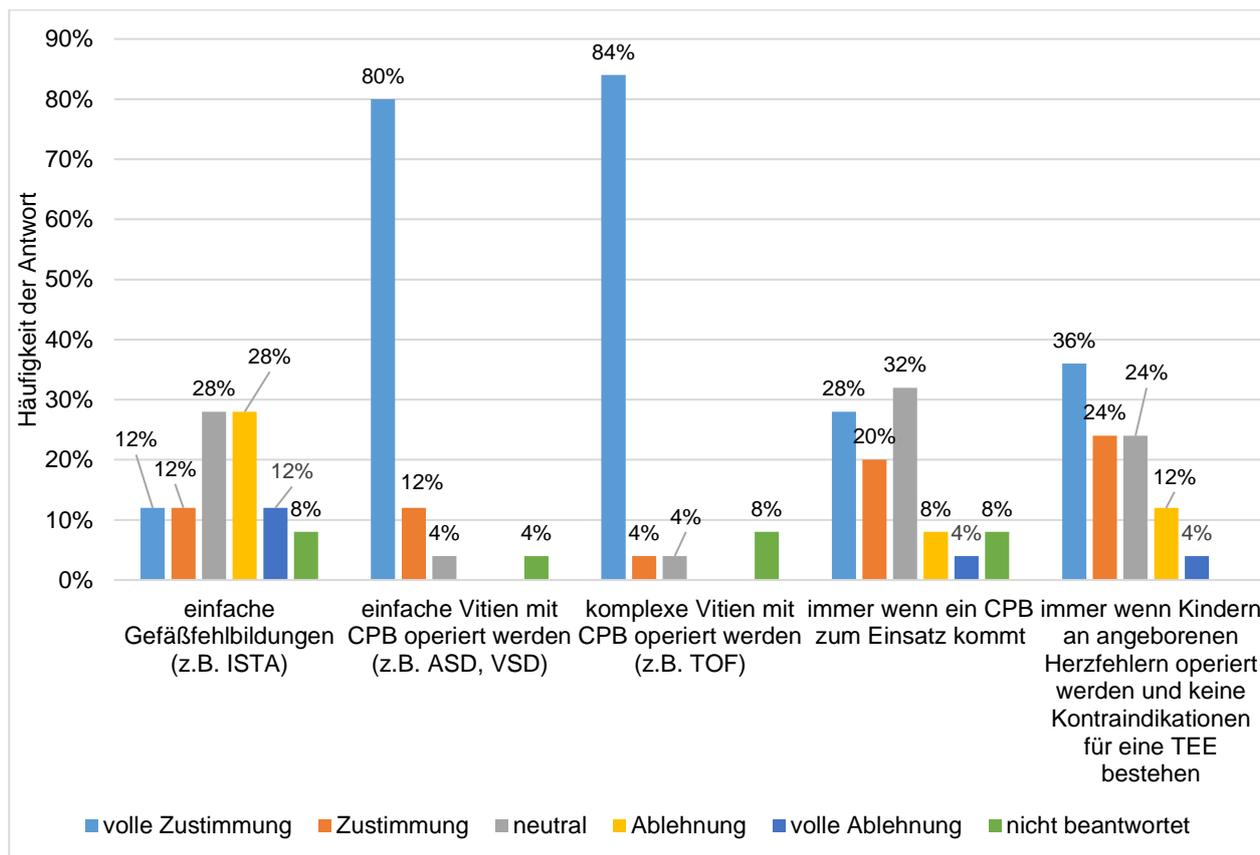
Die Nahinfrarotspektroskopie ist hingegen in allen Zentren verfügbar und ihr Einsatz ist in 18/26 (69,2%) der Zentren bei Operationen mit CBP perioperativ obligat und in 4/26 (15,4%) häufig. In jeweils einem Zentrum wird sie nie oder selten während der Operation eingesetzt.

Zwei Kinderherzzentren haben die Fragen zum perioperativen Monitoring nicht beantwortet.

Unsere detaillierteren Fragen zur NIRS wurden wie folgt beantwortet: Nahinfrarotspektroskopie wird in 16/26 (61,5%) der Zentren immer, bei 5/26 (19,2%) häufig (also in mehr als 50% der Fälle), in 3/26 (11,5%) selten und in 2/26 (7,7%) kommt die NIRS Technologie nie zum Einsatz bei Eingriffen bei Kindern mit CHD. In 7/26 (26,9%) der Zentren werden neben cerebralen auch somatische Ableitungen der Nahinfrarotspektroskopie stets oder häufig genutzt. 16/26 (61,5%) der Kliniken nutzen die Nahinfrarotspektroskopie obligat bei einer ECMO-Therapie. In 23/26 (88,5%) der Kliniken ist die Nahinfrarotspektroskopie-Technologie auch auf Intensivstationen verfügbar. 12/26 (46,2%) der Kliniken setzen die NIRS Technologie stets bei kritisch kranken Kindern mit CHD ein und 5/26 (19,2%) stets bei allen Kindern mit CHD, die sich auf Intensivstation befinden. 4/26 (15,4%) der Zentren setzen die Nahinfrarotspektroskopie bei kritisch kranken Kindern häufig fort und 10/26 (38,5%) selten bis nie ein. Bei allen weiteren Kindern mit CHD setzen 6/26 (23,1%) der Zentren die Nahinfrarotspektroskopie auf Intensivstation fort. 15/26 (57,7%) setzen die NIRS Technologie selten oder nie auf Intensivstation fort.

Eine transösophageale Echokardiographie (TEE) wird in 23/26 (88,5%) der deutschen Kinderherzzentren intraoperativ eingesetzt. In 13/26 (50%) der Kliniken geschieht dies vom narkoseführenden Anästhesisten und in einem Zentrum durch einen zusätzlichen Anästhesisten. In 9/26 (34,6%) der Kliniken wird eine intraoperative TEE von einem Kin-

derkardiologen durchgeführt. Die technischen Voraussetzungen unterscheiden sich dabei. 12/26 (46,2%) der Zentren können bei Kindern ab 2,5kg KG, 10/26 (38,5%) ab 3,5kg KG, 2/26 (7,7%) ab 5kg KG und ein Zentrum ab 30kg KG eine TEE durchführen. Die Einschätzung der befragten Zentren, bei welche Indikationen intraoperativ, bei Kindern, die jünger als 10 Jahre sind, eine TEE durchgeführt werden sollte, können sie Abb. 6 entnehmen



**Abb. 6:** Einschätzung der Kinderherzzentren, wann eine TTE intraoperativ bei Kindern unter 10 Jahren eingesetzt werden sollte (N=25, Angaben in Prozent)

Zum pH-Management während der hypothermen Phase wird in 12/26 (46,2%) der Zentren die pH-Stat Methode angewandt. In 8/26 (30,8%) der Zentren wird die alpha-Stat Methode verwendet. Das bedeutet, hierbei wird im Gegensatz zur pH-Stat Methode keine Korrektur des pCO<sub>2</sub> auf die aktuelle Körper- beziehungsweise Bluttemperatur durchgeführt. In 3/26 (11,5%) der Zentren hängt die Messmethode von der Art der Operation ab und in jeweils einem Kinderherzzentrum ist das Verfahren abhängig vom betreuenden Anästhesisten, beziehungsweise ist es dem in unserer Umfrage befragten Anästhesisten nicht bekannt.

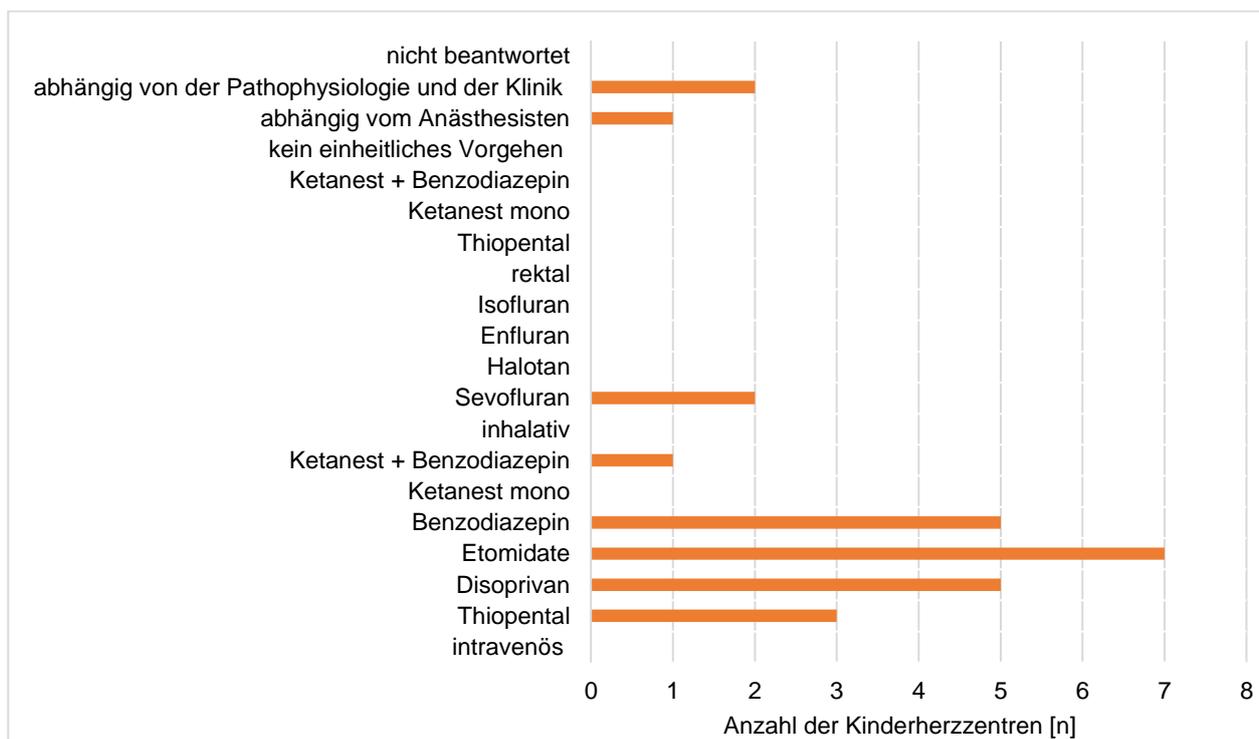
**Tab. 2:** Monitoringverfahren während kinderherzchirurgischen Operationen mit CPB

Monitoringverfahren	Immer	Häufig	selten	nie	nicht vorhanden	nicht beantwortet
Invasive Blutdruckmessung	24 (92,3%)	0	0	0	0	2 (7,7%)
Nichtinvasive Blutdruckmessung	18 (69,2%)	1 (3,8%)	4 (15,4%)	1 (3,8%)	0	2 (7,7%)
Pulsoxymeter	24 (92,3%)	0	0	0	0	2 (7,7%)
Endexpiratorische Kapnographie	24 (92,3%)	0	0	0	0	2 (7,7%)
Konzentrationsmessung (Inhalative Anästhetika)	22 (84,6%)	0	1 (3,8%)	0	1 (3,8%)	2 (7,7%)
Pulmonalkatheter	0	0	12 (46,2%)	12 (46,2%)	0	2 (7,7%)
Zentrale Venendruckmessung	24 (92,3%)	0	0	0	0	2 (7,7%)
Transoesophageale Echokardiographie	12 (46,2%)	9 (34,6%)	2 (7,7%)	1 (3,8%)	0	2 (7,7%)
Quantitative Erfassung der Diurese	24 (92,3%)	0	0	0	0	2 (7,7%)
Ösophagusstethoskop	2 (7,7%)	0	5 (19,2%)	13 (50%)	4 (15,4%)	2 (7,7%)
Temperaturmessung Ösophagus	8 (30,8%)	3 (11,5%)	8 (30,8%)	5 (19,2%)	0	2 (7,7%)
Temperaturmessung Blase	8 (30,8%)	13 (50%)	2 (7,7%)	1 (3,8%)	0	2 (7,7%)
Temperaturmessung rektal	6 (23,1%)	11 (42,3%)	7 (26,9%)	0	0	2 (7,7%)
Temperaturmessung Haut	4 (15,4%)	0	6 (23,1%)	12 (46,2%)	2 (7,7%)	2 (7,7%)
Sonstige Temperaturmessung	1 (3,8%)	3 (11,5%)	4 (15,4%)	12 (46,2%)	4 (15,4%)	2 (7,7%)
Prozessiertes EEG (z.B. BIS, Narcotrend)	2 (7,7%)	6 (23,1%)	8 (30,8%)	6 (23,1%)	2 (7,7%)	2 (7,7%)
EKG (3 Ableitungen)	4 (15,4%)	1 (3,8%)	6 (23,1%)	10 (38,5%)	3 (11,5%)	2 (7,7%)
EKG (5 oder mehrere Ableitungen)	17 (65,4%)	4 (15,4%)	2 (7,7%)	1 (3,8%)	0	2 (7,7%)
Kontinuierliche Blutgasanalyse (HLM)	19 (72,1%)	1 (3,8%)	2 (7,7%)	0	2 (7,7%)	2 (7,7%)
Nahinfrarotspektroskopie	18 (69,2%)	4 (15,4%)	1 (3,8%)	1 (3,8%)	0	2 (7,7%)

### 3.4.2 Narkoseeinleitung

Die Einleitung einer Allgemeinanästhesie vor kardiochirurgischen Eingriffen bei Kindern mit CHD erfolgt in den meisten Zentren (22/26, 85%) im OP. Ein Zentrum leitet Kinder obligat auf Intensivstation ein. Ein Vorgehen, welches in 16/26 (61,5%) der Kliniken nie praktiziert wird.

Die Arten der Narkoseinduktionen sind vielfältig. In den meisten 7/26 (26,9%) Kinderherzzentren wird Etomidate bevorzugt. Jeweils 5/26 (19,2%) der Zentren nutzen Propofol bzw. Benzodiazepine und 3/26 (11,5%) nutzen bevorzugt Barbiturate. 2/26 (7,7%) der Kliniken nutzen das Inhalationsanästhetikum Sevofluran ebenso viele machen das Vorgehen von der zugrundeliegenden Pathophysiologie abhängig. Eine Klinik nutzt eine Kombination aus Ketamin und Benzodiazepinen. Ein weiteres Zentrum überlässt das Vorgehen dem jeweiligen Anästhesisten.



**Abb. 7:** Die jeweils häufigste Art der Narkoseeinleitung in den verschiedenen Kinderherzzentren (Häufigkeit n der gegebenen Antworten, N=26)

Die Wahl der Medikamente für eine intravenöse Narkoseeinleitung hängt vom Alter der Patienten ab. Während 10/26 (38,5%) der Zentren ein Benzodiazepin zur Narkoseeinleitung bei Kindern unter einem Jahr verwenden, verringert sich dieser Anteil auf 6/26

(23,1%) bei Kindern zwischen einem und 3 Jahren, auf 5/26 (19,2%) bei Kindern die älter als 3 Jahre sind. Demgegenüber steigt der Anteil der Zentren die Propofol zur Narkoseeinleitung nutzen von 5/26 (19,2%) bei Patienten, die jünger als ein Jahr sind, über 8/26 (30,8%) bei ein- bis dreijährigen Kindern auf 12/26 (46,2%) bei über 3 Jahre alten Kindern. Der Anteil der Kliniken, die Thiopental (2-4/26, 8-15%) oder Etomidate (5-6/26, 19-23%), je nach Altersgruppe verwenden, ist relativ konstant. 12/26 (46,2%) der Zentren nutzen in allen Altersgruppen dasselbe Medikament. Befragt nach dem bevorzugten Medikament für eine inhalative Narkoseeinleitung würden alle 26/26 (100%) Zentren unabhängig vom Alter des Kindes Sevofluran einsetzen.

### 3.4.3 Narkoseführung

Zur Aufrechterhaltung einer Narkose der Komponente „Hypnose“ zeitweise oder komplett ohne Einsatz eines CPB verwenden 16/26 (61,5%) der Zentren Inhalationsanästhetika. In 13/26 (50%) der Kliniken kommt Sevofluran, in 2/26 (7,7%) Isofluran zum Einsatz. Die anderen 10/26 (38,5%) Kinderherzzentren setzen intravenöse Medikamente für die Narkosekomponente „Hypnose“ bei einer Operation oder Operationsphase ohne CPB ein. 5/26 (19,2%) Zentren nutzen Benzodiazepine, 4/26 (15,4%) verwenden Propofol. Das Vorgehen bei einer Operation unter Verwendung eines CPB ändert sich lediglich in 5/26 (19,2%) der Zentren. Dabei stellen 3/26 (11,5%) von einer inhalativen Narkoseaufrechterhaltung auf eine intravenöse Narkoseführung um, ein Zentrum stellt von Benzodiazepinen auf Propofol um und lediglich ein Zentrum wechselt von Benzodiazepinen zu einer inhalativen Narkoseaufrechterhaltung. In 7/26 (26,9%) der Zentren wird Ketamin regelhaft bei Kindern unter 1 Jahr intraoperativ eingesetzt. Im Alter zwischen 1 und 3 Jahren setzen noch 5/26 (19,2%) dieser Kliniken Ketamin regelhaft ein. Bei Kindern die älter als 3 Jahre sind, setzen nur noch 3/26 (11,5%) Ketamin intraoperativ ein.

Das Aufrechterhalten der Komponente „Analgesie“ in den Operationsphasen ohne CPB erfolgt in 23/26 (88,5%) der Kliniken durch intravenöse Gabe von Opioiden. 7/26 (26,9%) Zentren setzen Fentanyl ein (kontinuierlich: 1/26 (3,8%), Bolusgabe: 6/26 (23,1%)). Sufentanil wird in 12/26 (46,2%) der Kliniken genutzt (kontinuierlich: 9/26 (34,6%), Bolusgabe: 3/26 (11,5%)). Eine kontinuierliche Remifentanilverabreichung wird in 7/26 (26,9%) der Zentren durchgeführt. 4/26 (15,4%) der Zentren setzen in dieser Phase eine Kombination aus Fentanylbolusgaben und einer kontinuierlichen Remifentanilinjektion ein. Von

diesen Zentren verzichteten 2/26 (7,7%) auf Fentanylbolusgaben während des Einsatzes des CPB. Bei allen anderen Zentren unterscheidet sich das Analgesiekonzept zur Aufrechterhaltung der Komponente „Analgesie“ während einer Narkose nicht. 2/26 (7,7%) gaben an, eine Kombination verschiedener Medikamente zur perioperativen Analgesie zu verabreichen, spezifizierten ihr Vorgehen aber nicht. Ein Kinderherzzentrum machte hierzu keine Angaben.

In allen befragten Zentren wird zur Narkoseeinleitung das zu operierende Kind relaxiert. In 7/26 (26,9%) der Kinderherzzentren wird danach keine erneute Muskelrelaxation durchgeführt. 2/26 (7,7%) der Zentren führen eine kontinuierliche Relaxationsgabe durch. Dabei wird jeweils auf Atracurium beziehungsweise Cis-Atracurium zurückgegriffen. In den verbleibenden 16/26 (61,5%) Zentren werden repetitive Bolusgaben durchgeführt. Die verwendeten Substanzen sind hierbei Rocuronium (7/26 (26,9%)), Pancuronium (5/26 (19,2%)), Atracurium (3/26 (11,5%)), Cis-Atracurium (2/26 (7,7%)) und Norcuronium (1/26 (3,8%)). Ein Zentrum hat die Fragen zur perioperativen Muskelrelaxation nicht beantwortet. Bei der Befragung zum Thema Relaxation wurde nicht zwischen einer Operation oder Operationsphase mit oder ohne CPB unterschieden.

#### 3.4.4 Perioperative Ventilation

Die Beatmung erfolgt während einer kinderherzchirurgischen Operation in den meisten Zentren (11/26 (42,3%)) druckgesteuert beziehungsweise druckgesteuert mit Volumengarantie (z.B. Dräger Autoflow®) in 5/26 (19,2%) der Zentren. In 8/26 (30,8%) der Kliniken wird volumengesteuert beatmet. In einer Klinik gibt es kein einheitliches Vorgehen die Beatmung betreffend.

Während der Phase einer Operation mit CPB wird in 7/26 (26,9%) der Zentren keine Beatmung durchgeführt und kein PEEP verwendet. In 10/26 (38,5%) der Zentren wird ein PEEP angelegt. Während in 7/26 (26,9%) der Kliniken eine „low tidal volume ventilation“ durchgeführt wird. In wiederum einer Klinik gibt es hierzu kein einheitliches Vorgehen.

#### 3.4.5 Spezielles Management bei Eingriffen am Aortenbogen

Eingriffe am Aortenbogen, wie zum Beispiel Norwood 1 Operationen oder Rekonstruktionen eines unterbrochenen Aortenbogens, werden in 20/26 (76,9%) der Zentren unter einem hypothermen Kreislaufstillstand durchgeführt. Davon machen 14/26 (53,8%) zudem

Gebrauch einer selektiven Hirnperfusion. 7/14 (50%) der Zentren gaben an, unter anderem den Blutfluss, 9/14 (64%) unter anderem den Perfusionsdruck und 12/14 (85%) die NIRS Technologie zu nutzen, um die selektive Hirnperfusion zu steuern. Dahingegen gaben 8/26 (32%) der Kliniken an, ein variables Vorgehen bei diesen Eingriffen zu besitzen. In Fällen mit selektiver Hirnperfusion führen insgesamt 17/26 (65,4%) der Zentren weitere Maßnahmen zur Neuroprotektion durch. Dazu gehören in 11/26 (42,3%) der Kliniken die Gabe von Kortikoiden, in 7/26 (26,9%) der Kliniken eine Eishaube und in jeweils einem Zentrum werden Barbiturate, beziehungsweise Propofol zur Neuroprotektion verabreicht. Bei Aortenbogeneingriffen ohne selektive Hirnperfusion setzen 11/26 (42,3%) der Kliniken ergänzende Verfahren zur Neuroprotektion ein. Kortikoide werden in 7/26 (26,9%) der Zentren verabreicht. Eine Eishaube kommt in 9/26 (34,6%) der Zentren zum Einsatz. Barbiturate werden in 3/26 (11,5%) der Kliniken zu diesem Zweck eingesetzt. In 3/26 (11,5%) der Zentren wird keines der genannten Verfahren angewandt.

In 3/26 (11,5%) der Zentren, welche die Fragen beantwortet haben, werden keine Eingriffe am Aortenbogen durchgeführt.

#### 3.4.6 Tranexamsäure intraoperativ

Tranexamsäure wird in 19/26 (73,1%) der Zentren perioperativ bei Kindern mit CHD obligat appliziert. In 4/26 (15,4%) der Kliniken nach empirischen Gesichtspunkten und in 2/26 (7,7%) findet Tranexamsäure in der Regel keine Anwendung. Das Procedere unterscheidet sich zum Teil erheblich. Zum Teil wird Tranexamsäure kontinuierlich infundiert, teilweise als Bolus und zum Teil kommen beide Verfahren zum Einsatz. Auch die Zeitpunkte der Applikation unterscheiden sich erheblich. In 15/26 (57,7%) wird Tranexamsäure nach der Einleitung, in 10/26 (38,5%) mit Beginn des CPB, in 3/26 (11,5%) beim Wiedererwärmen am CPB und in 9/26 (34,6%) nach dem CPB gegeben. Teilweise werden Gaben repetiert oder Tranexamsäure über den gesamten Verlauf der Operation infundiert. Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.

#### 3.4.7 SIRS Prävention

Die Anwendung von Kortikoiden zur Reduktion von inflammatorischen Reaktionen ist in 8/26 (30,8%) obligat und in 11/26 (42,3%) der Zentren speziellen Indikationen vorbehalten. In 6/26 (23,1%) der Kliniken kommen Kortikoide zu diesem Zweck nie zum Einsatz.

Dabei setzen 2/26 (7,7%) dieser Zentren Hydrocortison, 9/26 (34,6%) Dexamethason und 8/26 (30,8%) Prednisolon ein.

Die Zeitpunkte der Verabreichung unterscheiden sich. In 13/26 (50%) der Kinderherzzentren wird das Kortikoidpräparat schon geplant vor der chirurgischen Stimulation, in 3/26 (11,5%) geplant vor Beginn des CPB, in 2/26 (7,7%) geplant mit Beginn des oder erst am CPB verabreicht. In einem Zentrum wird das Kortikoidpräparat beim Auftreten einer inflammatorischen Reaktion wie zum Beispiel einer Hypotension oder einem Volumenbedarf injiziert.

Zur Prävention eines SIRS wird in 17/26 (65,4%) der deutschen Kinderherzzentren auf eine Ultrafiltration und/oder eine modifizierte Ultrafiltration am CPB gesetzt.

In 13/26 (50%) führt man eine Bolusgabe eines Kortikoids durch.

Ebenfalls in 13/26 (50%) verwendet man speziell beschichtete Systeme an der Herz-Lungen-Maschine, die das Auftreten eines SIRS verhindern sollen.

Der Einsatz von Clonidin zur SIRS Prävention durch Dämpfung der sympathischen Aktivierung wird in 1/26 (3,8%) Zentrum durchgeführt.

Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.

#### 3.4.8 Perioperatives Management von Blutprodukten, Volumen und Gerinnung

In 24/26 (92,3%) der Kinderherzzentren ist ein Cellsaver in den entsprechenden Operationsabteilungen vorhanden. Dabei wird er von 13/26 (50%) aller Zentren bei jeder kinderkardiochirurgischen Operation mit CPB verwendet. 6/26 (23,1%) der Kinderherzkliniken nutzen den Cellsaver zur Aufbereitung der Erythrozytenkonzentrate vor Verwendung im CPB Priming.

In 20/26 (76,9%) der Zentren wird darauf geachtet, dass verwendete Erythrozytenkonzentrate nicht älter als zwei Wochen sind.

In 10/26 (38,5%) der Zentren wird gefrorenes Frischplasma auch als kolloidaler Volumenersatz, ohne das Vorliegen einer Gerinnungsstörung, verwendet. Ähnlich hoch ist der Anteil bei 11/26 (42,3%) der Zentren, die Humanalbumin als kolloidalen Volumenersatz perioperativ nutzen.

Zur POCT von Gerinnungsstörungen stehen in 17/26 (65,3%) der Kliniken Geräte, wie zum Beispiel ROTEM®-Systeme zur Verfügung. 14/26 (53,8%) der Kinderherzzentren gaben an, Therapieentscheidungen regelmäßig von der ROTEM®-Diagnostik abhängig zu

machen. In 9/26 (34,6%) der Kliniken erfolgt die Gerinnungsdiagnostik ausschließlich im Zentrallabor. Hierbei war explizit nicht nach der Diagnostik der Heparinwirkung durch die ACT gefragt.

Zur Therapie von plasmatischen Gerinnungsstörungen setzen 15/26 (57,7%) Zentren Faktorenkonzentrate, PPSB 11/26 (42,3%), Fibrinogen 14/26 (53,8%), Faktor VIIa 3/26 (11,5%), andere 2/26 (7,7%) und gefrorenes Frischplasma 17/26 (65,4%) ein. In einem Zentrum gibt es kein einheitliches Vorgehen.

Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.

#### 3.4.9 Inotropika

Als Mittel der ersten Wahl zur positiv inotropen Kreislaufunterstützung bei kinderkardiologischen Eingriffen wird in 14/26 (53,8%) der Zentren auf Adrenalin zurückgegriffen. In 6/26 (23,1%) der Kliniken wird Milrinon, in 4/26 (15,4%) Dobutamin und in 1/26 (3,8%) Zentrum wird Dopamin genutzt. Sollte eine Substanzkombination zur positiv inotropen Kreislaufunterstützung intraoperativ von Nöten sein, dann wird in 18/26 (69,2%) der Zentren Adrenalin in Kombination mit Milrinon eingesetzt. In 2/26 (7,7%) der Zentren wird eine Kombination aus Milrinon und Levosimendan genutzt. In jeweils einem Zentrum 1/26 (3,8%) setzt man Adrenalin/Levosimendan, Adrenalin/Enoximon, Milrinon/Dopamin oder Milrinon/Dobutamin ein. Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.

#### 3.4.10 Vasopressoren

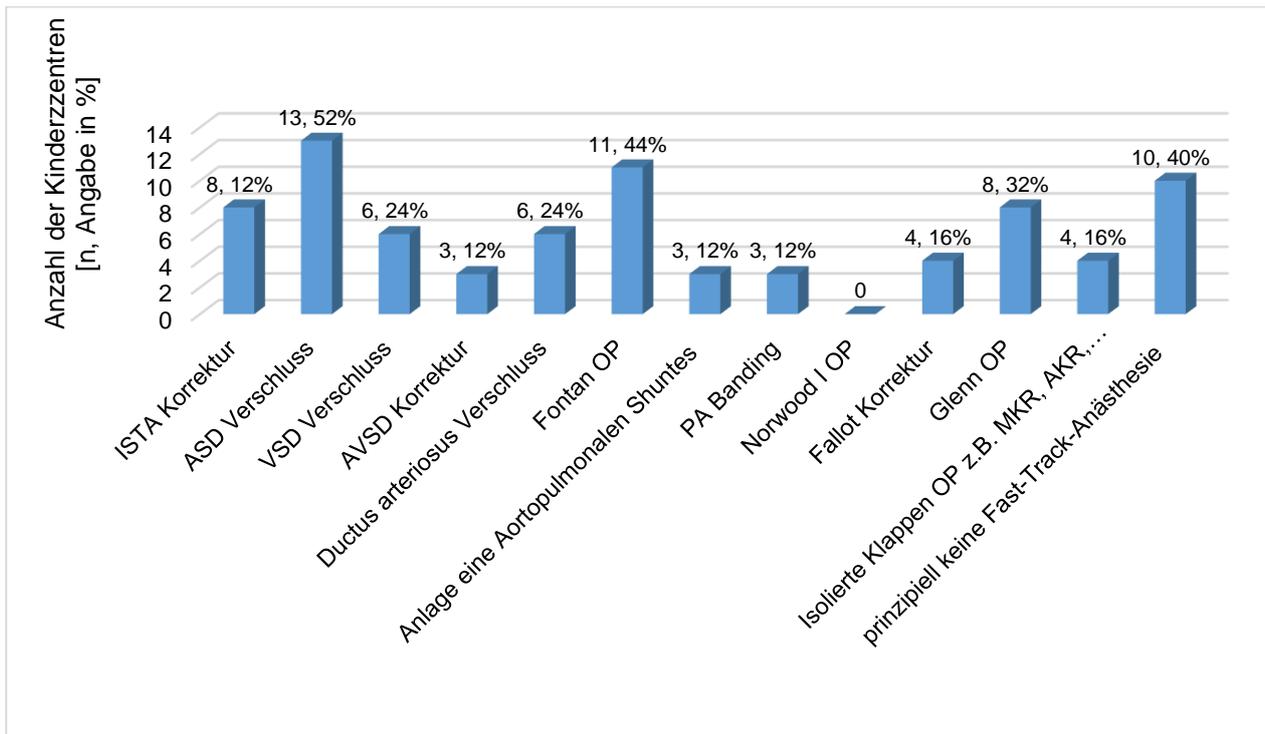
Vasopressor der ersten Wahl ist in 24/26 (92,3%) der Kinderherzzentren Noradrenalin. Ein Zentrum (1/26 (3,8%)) setzt Dopamin ein. Sollte ein Vasopressor intraoperativ nicht ausreichend erscheinen, wird in 15/26 (57,7%) der Zentren Noradrenalin/Terlipressin beziehungsweise Vasopressin eingesetzt. In den verbleibenden Kinderherzzentren setzen 3/26 (11,5%) auf die Kombination aus Terlipressin (Vasopressin)/Hydrocortison. Jeweils in einer Klinik (1/26 (3,8%)) nutzt man Noradrenalin/Dopamin, Noradrenalin/Phenylephrin, Noradrenalin/Hydrocortison Noradrenalin/andere nicht genannte Substanz, Dopamin/Phenylephrin oder setzt stets auf eine Monotherapie mit Noradrenalin.

Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.

### 3.4.11 Postoperative Phase

Fast-Track-Anästhesie, das heißt hier die Intubation und Extubation eines Kindes in der Operationsabteilung, also auf dem Operationstisch, wird in 15/26 (57,7%) der Kinderherzzentren nach Möglichkeit praktiziert. Bei welchen Eingriffen dieses Verfahren gehäuft angewendet wird, kann Abbildung 8 entnommen werden.

Ein Kinderherzzentrum beantwortete die Fragen nicht.



**Abb. 8:** Operative Eingriffe, bei denen eine Fast-Track-Anästhesie angestrebt wird N=26 (absolute Häufigkeit, Angabe in Prozent von allen teilnehmenden Kinderherzzentren)

Die postoperative Betreuung von Kindern, die sich einer kardiochirurgischen Operation unterzogen haben, erfolgt in 16/26 (61,5%) der Zentren durch ein rein pädiatisches Team. In 7/26 (26,9%) weiteren Kliniken erfolgt die postoperative Betreuung durch ein interdisziplinäres Team unter pädiatrischer Führung. In jeweils einem Zentrum (1/26 (3,8%)) erfolgt die intensivmedizinische Betreuung durch ein rein anästhesiologisches Team, beziehungsweise durch ein Team unter anästhesiologischer Führung.

## 4. Diskussion

102.088 herzchirurgische Prozeduren wurden 2016 an 23 Zentren durchgeführt. Insgesamt wurden 4899 kinderherzchirurgische Eingriffe bei Kindern unter Jugendlichen mit kongenitaler Herzerkrankung unter 18 Jahren durchgeführt. Hiervon erfolgten 3826 Operationen mit CPB. Der überwiegende Teil dieser Operationen mit CPB, nämlich 2154, fand bei Kindern statt, die jünger als 1 Jahr alt waren. (Beckmann et al., 2017). Allerdings gab es lange Zeit keine einheitlichen Standards, Empfehlungen oder Richtlinien. Die verbindliche Richtlinie zur Kinderherzchirurgie des Gemeinsamen Bundesausschusses fordert für die perioperative anästhesiologische Betreuung einen Facharzt für Anästhesiologie mit „spezieller Expertise“ im Bereich der Kinderherzchirurgie einzusetzen. Eine detailliertere Definition einer „speziellen Expertise“ besteht nicht. Ergänzend zur oben genannten Richtlinie veröffentlichen die Vorstände der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) und der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie (DGPK) ein Konsenspapier, welches die Grundvoraussetzungen herzchirurgischer Einheiten zur Behandlung von Patienten mit angeborenem Herzfehler zum Teil präzisiert. Hierbei blieb natürlich das Feld des anästhesiologischen Fachbereichs über die Aussage des g-BA hinaus unberührt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die aktuellen strukturellen sowie personellen Ausstattungen und medizinische Vorgehensweisen der Anästhesieabteilungen der verschiedenen deutschen kinderherzchirurgischen Zentren zu erfassen.

Ende des Jahres 2017 hat die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin Empfehlungen für die „personelle, räumliche apparative und organisatorische Voraussetzungen sowie Anforderungen bei der Erbringung von Anästhesieleistungen für kardiologische Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenem Herzfehler“ (DGAInfo, 2017) ausgesprochen. In diesen Empfehlungen wurden bereits Daten aus dieser Arbeit berücksichtigt.

### 4.1 Themenbereich Institutionsorganisation

Beim Blick auf die teilnehmenden Zentren erstaunt es nicht, dass 69% der Zentren Universitätskliniken sind. Die Richtlinie zur Kinderherzchirurgie, KiHe-RL, Stand: 15. Dezember 2016 des Gemeinsamen Bundesausschusses über Maßnahmen zur Qualitätssiche-

nung der herzchirurgischen Versorgung bei Kindern und Jugendlichen stellt hohe Anforderungen an die Infrastruktur und Organisation der Zentren. Anforderungen, denen sich nur 8 Herzzentren stellen, die nicht universitären Strukturen entstammen. Jedoch ließ die Institutsorganisation keinen Schluss über Fallzahlen oder operatives Spektrum zu.

In 92,3% der kinder-kardiochirurgischen Zentren hat sich ein Kernteam von Anästhesisten gefunden, welches die perioperative Betreuung der Patienten übernimmt. Darin spiegelt sich die Forderung der Kinderherzrichtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses einer „speziellen Expertise, im Sinne mehrjähriger Erfahrungen in der Versorgung von herzkranken Kindern und Jugendlichen sowie regelmäßiger Fortbildungen“ der Beteiligten anästhesiologischen Fachärzte wider. Eine genauere Definition blieben die Verfasser der Richtlinie schuldig. Für andere Berufsfelder, wie zum Beispiel das auf der Intensivstation eingesetzte Pflegepersonal, fordert die Richtlinie gewisse Qualifikationen, wie einen Leitungslehrgang der pflegerischen Stationsleitung und eine Quote für fachweitergebildetes Kinderkrankenpflegepersonal. Auch definiert man die Qualifikation der stationär weiterbetreuenden Ärzte. Selbstverständlich wird auch die Qualifikation eines verantwortlichen „Kinderherzchirurgen“ festgelegt. Hierzu muss der Facharzt für Herzchirurgie 36 Monaten innerhalb der letzten fünf Jahre in einem Kinderherzzentrum gearbeitet haben und dort einen Katalog verschiedener Kenntnisse, Erfahrungen und Fertigkeiten gesammelt haben. Im November 2014 gründete sich unter dem Dach der DGAI die Arbeitsgruppe Kinderkardioanästhesie. Im Jahr 2017 veröffentlichten die DGAI Arbeitskreise Kinderanästhesie und Kardioanästhesie die Empfehlung für die „personelle, räumliche apparative und organisatorischen Voraussetzungen sowie Anforderungen bei der Erbringung von Anästhesieleistungen für kardiologische Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenem Herzfehler“ (DGAInfo, 2017). Hier wurde im Expertenkonsens unter anderem Einarbeitungszeiten und Fallzahlen niedergeschrieben als erste Vorschläge zur weiteren Validierung. In diesen Empfehlungen werden Vorkenntnisse, ein „erfahrener“ und ein „besonders erfahrener Kinderkardioanästhesist“ unterschieden. Für diese jeweiligen Erfahrungsstufen werden Tätigkeitszeiten und auch, analog zur neuen Weiterbildungsordnung, Fallzahlen, jeweils auch für besonders komplexe Eingriffe, gefordert. Zusätzlich werden spezifische Qualifikationen in der Echokardiographie gefordert.

Dass sich bereits in fast allen deutschen Kinderherzzentren spezielle Gruppen von Anästhesisten gefunden haben, welche die perioperative Betreuung der Kinder übernehmen,

zeigt eine gewisse Sensibilität diesem Thema gegenüber. Aus anderen hochkomplexen Bereichen weiß man, dass die Erfahrung des betreuenden Anästhesisten Einfluss auf das Outcome hat (Silber et al.). Zum einen konnte man in der Lebertransplantationschirurgie einen Zusammenhang zwischen der 30-Tage-Mortalität, der Transplantatfunktion und der Erfahrung des Anästhesisten nachweisen (Hofer et al., 2015). Speziell im Bereich der Anästhesie bei Kindern konnte die groß angelegte APRICOT-Studie einen Zusammenhang zwischen der Häufigkeit respiratorischer beziehungsweise kardiozirkulatorischer Komplikationen und der Erfahrung des erfahrensten Teammitglieds finden (Habre et al., 2017). In dieser Studie wurden unter anderem kinderherzchirurgische Operationen berücksichtigt. Grundsätzlich ist vor diesem Hintergrund eine spezielle Gruppe von Anästhesisten, die mit der Betreuung der Kinder beauftragt sind, zu begrüßen. Zwei der befragten Kinderherzzentren, die mehr als 500 Operationen pro Jahr durchführen, gaben an, zwei beziehungsweise drei Mitarbeiter würden das Kernteam bilden. Bei diesen Mitarbeitern kann man eine hohe Expertise erwarten. Wie das Vorgehen in diesen Kliniken geregelt ist, wenn diese Mitarbeiter nicht im Hause sind, bleibt offen. Schwer vorstellbar, wie eine anästhesiologische Notfallversorgung im Ruf- und Bereitschaftsdienst aussehen kann. Die aktuellen Empfehlungen der DGAI sprechen von einem „besonders erfahrenen Kinderkardioanästhesisten“, der zur zeitnahen Versorgung zur Verfügung stehen muss, wenn „in der Regel“ kritisch kranke Neugeborene und Säuglinge versorgt werden. Offen bleibt zudem, ob in jenen Kinderherzzentren die Planung des elektiven Operationsprogramm von den Dienstplänen der Anästhesie abhängig gemacht werden. Schwierig ist diese Frage vor dem Hintergrund, dass eine verlängerte Wartezeit das Risiko präoperativer Komplikationen bei Kindern mit einem Körpergewicht unter zwei Kilo erhöht (Rossi et al., 1998).

Von uns wurde nicht abgefragt, ob auch Unterscheidungen hinsichtlich des individuellen Risikoprofils einer Operation und der anästhesiologisch, personellen Besetzung durchgeführt werden. Hier sind viele unterschiedliche Konzepte der einzelnen Kliniken denkbar. Die Heterogenität der Größe und Fallzahlen der deutschen Kinderherzzentren wirft außerdem die Frage auf, wie man in adäquaten Zeiträumen eine Einarbeitung in die verschiedenen Arbeitsbereiche, in denen ein Kinderherzanästhesist tätig ist, sicherstellen kann.

In unserer Umfrage gaben 20/26 (76,9%) der befragten Zentren eine 6 bis 9-monatige Einarbeitungszeit und 21/26 (81%) der Kinderherzzentren 50-100 Fälle als ausreichend für das spätere selbstständige Arbeiten im OP-Bereich an.

Da wir nach einer Einschätzung bezüglich einer als ausreichend empfundenen Einschätzung fragten, lassen sich hierdurch keine Rückschlüsse auf die gelebte Praxis ziehen. Den Empfehlungen der DGAI entsprechend sollte ein Anästhesist, der im Kinderherz-OP eingesetzt, wird zunächst über 12 Monate Vorerfahrung, bestehend aus Kardioanästhesie beim Erwachsenen, Kinderanästhesie, einer jeweils 6-monatigen Kombination hieraus oder wahlweise auch einer Tätigkeit von 6 Monaten auf einer kinder-kardiologischen Intensivstation, verfügen. Dann sollte der Anästhesist, um den Status des „erfahrenen Kinderkardioanästhesisten“ zu erlangen „in der Regel“ 12 Monate in diesem Bereich tätig sein und dabei 100 Fälle betreuen, davon 40 Säuglinge. Die ersten 6 Monate sollte eine Vollbetreuung im Sinne einer Doppelbesetzung stattfinden, danach sollte der Anästhesist Fälle mit niedriger Komplexität unter Supervision betreuen. Um als „besonders erfahrener Kinderkardioanästhesist“ zu gelten, sollte man nach diesen 12 Monaten im selben Zeitraum nochmals 100 Fälle betreuen, unter denen auch eine angemessene Anzahl neonatologischer und komplexerer Eingriffe vorkommen. Das heißt, laut dieser Empfehlung, bis ein Anästhesist komplett eigenverantwortlich komplexe Eingriffe betreuen kann, sollte er sich darauf 36 Monate vorbereiten. Ausdrücklich begrüßt wird das Sammeln von Erfahrung durch Hospitationen. Ein Blick auf die Fallzahlen der Kliniken verdeutlicht, allein in 5/26 (19,2%) Kinderherzzentren mit 0-50 Fällen pro Jahr müsste man mindestens zwei Jahre sämtliche Kinderherzeingriffe im OP-Bereich betreuen, um als „erfahrener Kinderkardioanästhesist“ zu gelten. Voraussetzung hierfür wäre, dass die entsprechende Anzahl an Säuglingen versorgt würde. Besagte Kinderherzzentren gaben selbst an, Zahlen von 10 bis 50 Fällen als ausreichend für die Einarbeitung zu betrachten.

Alle befragten Kliniken gaben an, die Facharztqualifikation sei die minimale Anforderung für das selbstständige Arbeiten im OP-Bereich. Vor dem oben geschilderten Hintergrund bleibt zu diskutieren, wie sinnvoll es ist, Assistenzärzte, auch wenn sie intern einen „Facharztstandard“ erfüllen, allein im kinderherzchirurgischen OP-Bereich arbeiten zu lassen.

## 4.2 Themenbereich Anästhesiemanagement

Trotz mehr als 3000 kinder-kardiochirurgischen Eingriffen pro Jahr gibt es eine vergleichsweise geringe Anzahl von Studien, die sich mit diesem Thema beschäftigen. Vor allem kontrollierte prospektive Studien sind rar. Die Vorgehensweisen in den verschiedenen Kliniken müssen sich also über Jahre entwickelt haben und spiegeln somit am ehesten einen Konsens der Erfahrungen des jeweiligen Zentrums wider.

Daher erscheint es einleuchtend, dass Benzodiazepine die am weitesten verbreitete Substanzgruppe zur Prämedikation sind, da sie sich diese als eine Hauptstütze in der medikamentösen Prämedikation in anderen pädiatrischen Operationsbereichen etabliert haben (Lerman, 2013).

Die meisten Kinderherzzentren punktieren für einen zentralen Venenkatheter in erster Linie die Vena jugularis interna. Vermutlich spielt hierbei eine Rolle, dass diese Prozedur den jeweiligen Anästhesisten am vertrautesten sein dürfte. Zudem geht von einem zentralvenösen Katheter der rechten Vena jugularis interna keine erhöhte Gefahr für eine Venenthrombose oder Stenose bei kinder-kardiochirurgischen Operationen aus (Miller et al., 2013).

Weitgehend einheitlich sind die perioperativen Monitoringverfahren in den verschiedenen Kliniken. Es zeigt sich, dass Monitoringverfahren, wie die Kapnographie, heute obligat eingesetzt werden, obwohl ihre Verbreitung vor weniger als 20 Jahren begann (Bhende, 2001). Die Verbreitung erweiterter Monitoringverfahren, wie die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) oder die transösophageale Echokardiographie, kann man als Ausdruck der gestiegenen Anforderungen bei hochkomplexen Eingriffen deuten. Hier könnte man beispielsweise das anästhesiologische Management beim hypoplastischen Linksherzsyndrom nennen, bei dem man während verschiedener Operationsphasen vorsichtig die richtige Balance zwischen pulmonalen und systemischen Shuntflüssen finden muss (Oliveira et al., 2004) oder man komplexere Beatmungsprotokolle verfolgt (Tabbutt et al., 2001).

Die weite Verbreitung der intraoperativen transösophagealen Echokardiographie beruht wahrscheinlich in erster Linie auf guten Erfahrungen in der Praxis. So ist die TEE auch in der Herzchirurgie des erwachsenen Patienten heute obligat und wird auch hier weltweit in 85% der Fälle durch einen Anästhesisten durchgeführt (Dobbs et al., 2014). Allerdings beweisen nur eine kleine Anzahl an Studien die Effektivität des Verfahrens, beziehungsweise eine Verbesserung des Outcomes. Die TEE liefert nicht nur dem Anästhesisten

wichtige Informationen. Guzeltas et al. konnten 2013 nachweisen, wie die TEE half, unmittelbar postoperative residuelle Herzdefekte zu erkennen und unmittelbar zu beheben oder, wie es auf Grund von erhobenen Befunden zu Änderungen der chirurgischen präoperativen Planung kam. So kann die TEE zur Senkung von Morbidität und Mortalität beitragen (Guzeltas et al., 2014). Außerdem konnte gezeigt werden, dass der intraoperative Einsatz der TEE die Kosteneffektivität steigern kann (Levin et al., 2016). Ein sehr interessanter Punkt in den aktuellen Strukturen des Gesundheitswesens.

Interessanterweise gibt es große Unterschiede in der Art der Narkoseeinleitung und Narkoseführung. Während die intravenöse Narkoseeinleitung am weitesten verbreitet ist, werden eine Vielzahl von Substanzen und Substanzgruppen eingesetzt. So kommen Propofol, Etomidat, Thiopental und Benzodiazepine zum Einsatz. Nur ein sehr geringer Teil der Zentren gab an, die Wahl des Medikaments vom vorliegenden Herzfehler abhängig zu machen. Wir fragten in der Befragung nicht, ob stattdessen eventuelle pharmakologische Nachteile durch individuell adaptierte Dosierungen und Erfahrungen kompensiert werden. Am Beispiel des an den meisten Zentren genutzten Etomidat, das man trotz seines Einflusses auf den Kortisolspiegels sicher einsetzen kann (Dönmez et al., 1998), kann man zeigen, dass man aufgrund der variablen Pharmakokinetik bei den verschiedenen vorliegenden Herzfehlern und pädiatrischen Patientengruppen über Erfahrung im Umgang mit diesem Medikament verfügen muss (Su et al., 2015).

Eine inhalative Narkoseeinleitung durch Sevofluran nutzen nur wenige Kliniken. Obwohl es sich um ein sicheres und wenig die hämodynamische Stabilität beeinflussendes Verfahren handelt, ist auch hier die genaue Kenntnis der vorliegenden Shuntverhältnisse wichtig (Hasija et al., 2016). Ketamin wies in einer kleinen Studie keine negativen kardiopulmonalen Effekte bei der Narkoseeinleitung im Vergleich mit Sevofluran auf (Sungur Ulke et al., 2008), spielt aber in Deutschland so gut wie keine Rolle.

In einem Großteil aller Kinderherzzentren wird die Komponente „Hypnose“ durch inhalative Anästhetika aufrechterhalten, wenn kein CPB im Einsatz ist. Einige Zentren wechseln bei dem Einsatz des CPB von inhalativen auf intravenöse Anästhetika. Der Grund dafür liegt möglicherweise in einer gewissen rechtlichen Unsicherheit. Lange Zeit konnten Vapor am Oxygenator der Herzlungenmaschinen nachgerüstet werden und mit Hilfe einer sicherheitstechnisch unbedenklichen Verwendbarkeit-Bescheinigung (sog. SUV-Beschei-

nigungen) betrieben werden. Doch auf Grund des Medizinproduktegesetzes und der europäischen Richtlinie 93/42/EWG ist dieses Vorgehen bedenklich, in erster Linie, da eine automatische Abschaltvorrichtung fehlt. Nichtsdestotrotz stellt dieses Vorgehen nicht nur in Deutschland, sondern weltweit ein übliches Verfahren dar. Bezogen auf die große Erfahrung, die man mit dieser Art der Narkoseführung hat, sind bisher nur wenige Komplikationen berichtet worden, so dass auch der Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kardioanästhesie der DGAI das günstige Nutzen/Risiko-Verhältnis betont. Diese Aussagen der DGAI beziehen sich nicht explizit auf die Kinderkardioanästhesie.

Fast ein Viertel aller Zentren nutzen während des CPB die kontinuierliche Propofolinfusion zur Aufrechterhaltung der Narkose. Dieser Umstand weist nach Meinung des Autors auf gute Erfahrungen und ein günstiges Risiko-/Nutzenprofil dieses Verfahrens hin. Bekannt ist, dass pädiatrische Patienten zur Ausbildung eines Propofolinfusionssyndrom neigen, gerade in Zeiten kritischer Sauerstoffversorgung (Fudickar und Bein, 2009). Insgesamt wurden bisher von 153 Fällen eines PRIS berichtet (Krajčová et al., 2015). Dabei handelt es sich in lediglich zwei Fällen um adoleszente Patientinnen die sich einem kardiochirurgischen Eingriff unterziehen (Laquay et al., 2008). Zudem gibt es Hinweise, dass das Risiko eines PRIS bei Kindern und Erwachsenen ab einer Dosis von größer 4 mg/kg KG/h und einer Infusionsdauer von länger als 48 Stunden ansteigt (Laquay et al., 2010), ein Vorgehen welches der Sedierung auf einer (pädiatrischen) Intensivstation nahe kommt. In 46,15% der Kinderherzzentren wird Sufentanil als Analgetikum der ersten Wahl eingesetzt. Genau wie das ebenfalls in 26,9% der Zentren verwendete Fentanyl unterscheiden sich die gewählten Verabreichungsformen stark je nachdem, ob der Eingriff mit oder ohne CPB durchgeführt wurde oder je nach Phase des Eingriffs. Verabreichungsformen sind kontinuierlich intravenöse Infusion oder repetitive intravenöse Bolusgabe. Zudem werden in wenigen Zentren Fentanylbolusgaben mit einer kontinuierlichen intravenösen Remifentanilinfusion kombiniert. In einer kleinen retrospektiven Studie konnte man den günstigen Effekt einer kontinuierlichen Remifentanilgabe bei Eingriffen an Kinderherzen nachweisen in Form von niedrigeren Blutglucose- und niedrigeren Serumlaktatspiegel (Chaki et al., 2017). Sowohl postoperative Hyperglykämie (Marín-Vivas et al., 2017) als auch erhöhte Serumlaktatspiegel (Kanazawa et al., 2015) scheinen einen negativen Effekt auf das Outcome der Kinder zu haben.

Nach Auffassung der Autoren ist die Gabe des ultrakurzwirksamen Opioids Remifentanil keine Voraussetzung für eine Fast-Track-Anästhesie im Sinne einer Extubation noch auf dem OP-Tisch (on table extubation). Im Universitätsklinikum Bonn verfügt man über umfangreiche Erfahrung mit der OTE bei nahezu allen kinderkardiologischen Eingriffen. Dabei sind Hochrisikoperationen und verlängerte Zeiten am kardiopulmonalen Bypass eingeschlossen. Dabei wird stets Sufentanil als einziges Analgetikum verabreicht. Generell decken sich diese Erfahrungen mit den Ergebnissen einer Single-Centre Studie, die ein Patientengewicht < 5 kg, Alter < 1 Jahr, kardiopulmonale Bypasszeit > 120 Minuten und das Vorliegen signifikanter struktureller Anomalien als Risikofaktoren identifiziert, die eine OTE erschweren können. Keine Risikofaktoren stellen hingegen eine pulmonalarterielle Hypertonie, Re-Sternotomien, Eingriffe mit einem höheren kinderkardiologischen Risiko und eine Aortenklammzeit > 60 Minuten dar (Joshi et al., 2016).

Auch weitere Studien konnten zeigen, dass OTE sicher durchführbar nach Operationen an Kinderherzen ist, um in erster Linie Zeiten mechanischer Beatmung zu reduzieren (Garg et al., 2014; Akhtar et al., 2015; Mahle et al., 2016a). Einen weiteren Hinweis, durch Spontanatmung die Lungenperfusion zu verbessern, lieferten Mutsuga et al.. Durch OTE nach modifizierten Fontan-Operationen waren Patienten schneller hämodynamisch stabil und die Verweildauer auf Intensivstation und im Krankenhaus reduzierte sich (Mutsuga et al., 2012). Trotzdem gaben bei unserer Befragung 38,5% der Zentren an, derzeit keine OTE Programme durchzuführen. In den USA konnte mithilfe des Pediatric Heart Network über ein kollaboratives Lernmodell eine klinische Leitlinie über frühzeitige Extubation nach Eingriffen zur Korrektur von Aortenisthmusstenosen und Fallot'schen Tetralogien etabliert werden. Hierdurch konnte in einem Zeitraum von 12 Monaten die Rate von frühzeitigen Extubationen signifikant erhöht werden (Mahle et al., 2016b).

Die Wahl der verwendeten Muskelrelaxantien dürfte für eine OTE ebenfalls eine untergeordnete Rolle spielen. Zwar wird in den meisten Zentren eine repetitive Bolusgabe angewendet, aber ein nicht unerheblicher Anteil von 26,9% der Zentren relaxiert die Kinder nicht erneut nach der Intubation. Ein Faktor, der das Vorgehen beeinflussen könnte, ist der, dass die „European Medicines Agency“ empfiehlt auf den Einsatz von Sugammadex bei Kindern unter 2 Jahren zu verzichten. Sugammadex kann als Antagonist für die in den meisten Zentren (26,9%) verwendete Muskelrelaxans Rocuronium eingesetzt werden.

Den Diskurs, ob eine Muskelrelaxation generell nach der Intubation notwendig ist, kennt man aus der Anästhesie Erwachsener bei kardiochirurgischen Eingriffen und ist auch hier nicht abschließend geklärt.

Im Jahr 2008 konnte gezeigt werden, dass die Muskelrelaxation postoperativ bei sedierten und beatmeten Kindern auf Intensivstation nach kardiochirurgischen Eingriffen nicht zu einer Reduktion des Sauerstoffverbrauchs führte (Lemson et al., 2008). Inwiefern dies auf den perioperativen Abschnitt übertragbar ist, ist fraglich. Insgesamt gibt es speziell für das Themengebiet „neuromuskuläre Blockade bei kinderkardiochirurgischen Operationen“ wenig Studien. Das spiegelt sich in der Wahl der Medikamente wider. In den 26 Zentren kommen 5 verschiedene Muskelrelaxantien zum Einsatz. Hierbei spielen vermutlich auch wirtschaftliche Faktoren eine Rolle, da nicht alle verschiedenen Präparate in allen Kliniken gleichermaßen zur Verfügung stehen.

In den meisten Kinderherzzentren wird eine druckgesteuerte Ventilation, in rund ein Drittel der Zentren wird eine volumengesteuerte Beatmung in Operationsphasen ohne CPB durchgeführt. Während des CPB ist das Vorgehen weniger einheitlich. Während die größte Anzahl an Kinderherzzentren einen PEEP anlegen, verwendet ein Viertel aller Zentren weder PEEP noch irgendeine Beatmungsoption. Bei kardiochirurgischen Eingriffen an Erwachsenen sind die Effekte lungenprotektiver Beatmungsstrategien Gegenstand der wissenschaftlichen Diskussion (Schreiber et al., 2012). Für pädiatrische Patienten gibt es wiederum sehr wenige Studien, die den Einfluss der Ventilation während dem CPB und den Einfluss auf das klinische Outcome nach dem CPB oder postoperativ untersuchen (Sasson et al., 2007). Von kleinen Kindern weiß man, dass die funktionelle Residualkapazität (FRC) kleiner sein kann als die Verschlusskapazität (CC). Deswegen verwendet man verschiedene Beatmungsstrategien um einen Verschluss der Atemwege zu verhindern und die FRC zu erhöhen (Neumann und Ungern-Sternberg, 2014). Vor diesem Hintergrund scheint es einleuchtend, dass endotracheale Intubation, fehlender PEEP, fortgesetzte Muskelrelaxation (Ungern-Sternberg et al., 2007) und eine gestörte pulmonale Perfusion während dem CPB unvermeidbar zur Entstehung von Atelektasen beitragen (Schoy et al., 2009). Ob dieser Umstand während dem CPB wiederum Einfluss auf die Lungenfunktion nach CPB hat, bleibt nicht eindeutig geklärt (Vogt und Läer, 2011).

Während der Vasopressor der ersten Wahl in 92,3% der deutschen Kinderherzzentren Norepinephrin ist, ist die Lage beim Blick auf die verwendeten Inotropika komplexer. Wieder gibt es wenige Studien, die sich mit dieser Thematik befassen. Nicht verwunderlich erscheint dies, wenn man betrachtet, da sich selbst für Erwachsene Patienten kein Inotropikum als Goldstandard heraus kristallisiert hat, betrachtet man die Behandlung vom kardiogenen Schock oder dem Low Cardiac Output Syndrome (LCOS) unterschiedlicher Genesen (Schumann et al., 2018). In unserer Befragung gab mehr als die Hälfte der Zentren Epinephrin, ein Viertel der Kliniken Milrinon, als Inotropikum der ersten Wahl an. 69,2% der Zentren kombinieren diese beiden Substanzen bei schwerer kardiovaskulärer Insuffizienz. Ungeachtet dessen, ist Milrinon ein unabhängiger Risikofaktor für das Auftreten postoperativer tachyarrhythmischer Herzrhythmusstörungen nach Korrekturingriffen kongenitaler Vitien im Kindesalter (Smith et al., 2011). Wie Vogt und Laer zeigen konnten, ist dies in Europa die am häufigsten genutzte Substanzkombination zur Behandlung eines Low Cardiac Output Syndrome (LCOS) in Folge von pädiatrischen herzchirurgischen Operationen. Neuere Substanzen, wie Levosimendan, spielen eine untergeordnete Rolle, obwohl es zur Prävention eines LCOS nach kinderherzchirurgischen Operationen beitragen kann, wenn andere Substanzen insuffizient sind (Angadi et al., 2013). Andererseits konnten keine Unterschiede für die unmittelbar postoperative Phase zwischen Levosimendan, Milrinon oder Dobutamin, was das Auftreten von LCOS oder Tod nach der Operation bei Kindern zur Korrektur kongenitaler Herzfehler betrifft, festgestellt werden (Burkhardt et al., 2015; Hummel et al., 2017).

Eine Bestrebung ist es derzeit, Scoring Systeme, wie den „Pediatric Cardiac Inotrope Score“ oder den „Total Inotrope Exposure Score“, zu etablieren, die Vorhersagen über das Outcome und postoperative Komplikationen zulassen. Ein hoher peri- und postoperativer Inotropikabedarf scheint hierfür ein negativer Prädiktor zu sein (Gupta et al., 2018). Einige Eingriffe erfordern ein spezielles Management. Insbesondere sind hier Eingriffe am Aortenbogen zu nennen. Weitgehend etabliert ist es, in 76,9% der Kliniken, diese Operationen während eines hypothermen Kreislaufstillstands durchzuführen. Davon wird in gut mehr als der Hälfte aller Kinderherzzentren dies in Kombination mit einer selektiven Hirnperfusion durchgeführt. Etwas weniger als die Hälfte, nämlich 46,2% der Zentren, steuert die selektive Hirnperfusion mit Hilfe der NIRS-Technologie. Sood et al. fanden Hinweise,

das NIRS-Monitoring könnte in der Lage sein, die neurologische Entwicklung der operierten Kinder besser vorhersagen zu können (Sood et al., 2013). Simons et al. Betonen hingegen, dass es Zusammenhänge in der rezeptiven Kommunikation und der mittels NIRS-Monitoring gemessenen Sauerstoffsättigung gibt, aber für sie die Aussagekraft des NIRS-Monitoring unklar bleibt (Simons et al., 2012). Da sich die durch NIRS-Monitoring gemessene cerebrale und auch somatische Sauerstoffsättigung, aber nach der Korrektur zyanoischer Herzfehler postoperativ bis zur Krankenhausentlassung der Kinder nicht verändert, im Gegensatz zur pulsoxymetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung und dem Sauerstoffpartialdruck des Blutes, bleibt zu klären, ob die Gründe dafür auf zirkulatorischer Ebene liegen oder die Technologie hier ihre Grenzen hat (Wong et al., 2018).

### **4.3 Validität und Grenzen der erhobenen Daten**

Im ersten Themenbereich unserer Befragung ist ein Vergleich der getätigten Angaben und weiterer Quellen möglich. Betrachtet man die Zahlen der operierten Kinder und Jugendlichen aus Tab. 1 und setzt dafür lediglich die Mindestzahl an operativen Prozeduren der jeweiligen Antwortmöglichkeiten voraus, müssten laut unserer Erhebungen mindestens 4600 Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenem Herzfehler unter 18 Jahren und davon 3450 Operationen mit CPB im Jahr durchgeführt werden. Ein Vergleich mit den bereits eingangs der Diskussion erwähnten Daten aus dem Leistungsregister der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz-, und Gefäßchirurgie aus dem Jahr 2016 zeigt Operationszahlen, die in diesen Bereichen liegen und von den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten zugelassen werden (Beckmann et al., 2017). Insgesamt wurden 4899 entsprechende Operationen durchgeführt, davon 3826 mit Einsatz eines CPB. Eine mögliche Quelle für Ungenauigkeiten der erhobenen Zahlen liegt hier allerdings in den Fragen. In Frage 2 und Frage 3 der Befragung wird nach der Anzahl der Kinder und Jugendlichen (< 18 Jahren) gefragt, die sich einem operativen Eingriff in der Kardiochirurgie unterziehen. Mehrzeitige operative Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen sind häufig. Hier wäre die explizite Frage nach der Anzahl der entsprechenden Prozeduren sinnvoller gewesen. Kritisch hinterfragen kann man zudem Angaben zu den operativen Spektren der Kinderherzzentren. Es gaben 13 Zentren (50%) an, das gesamte operative Spektrum zur Behandlung angeborener Herzfehler inklusive Herztransplantationen durchzuführen. Eine

Recherche Anfang des Jahres 2021 ergab, dass 9 der befragten Zentren auf den Homepages der jeweiligen kardiochirurgischen Kliniken explizit Kinderherztransplantationen erwähnen. Im Jahr unserer Befragung wurden laut der Deutschen Stiftung Organtransplantation in 10 deutschen Herzzentren Herzen bei Patienten im Alter von 0-15 Jahren transplantiert und es gab zum 01.01. desselben Jahres in 11 Herzzentren eine aktive Warteliste, in der Kinder dieses Alters gelistet waren (Deutsche Stiftung Organtransplantation, 2016). So erscheint die Angabe von 13 transplantierenden Kinderherzzentren zu hoch. Allerdings muss man kritisch einräumen, in der Online-Befragung wurde in Frage 4 nach Herztransplantation und nicht explizit nach Herztransplantationen im Kindesalter oder einer bestimmten Altersgruppe gefragt, so dass hier eine Ungenauigkeit in der Abfrage vorliegen könnte.

Bei der Befragung der Zentren antworteten lediglich eine uns bekannte beziehungsweise vom jeweiligen Zentrum ausgewiesene Person zu den 4 oben genannten Themenbereichen. So ist es möglich, dass die Befragungsergebnisse durch die persönliche Wahrnehmung des Befragten oder dessen persönliche Meinung beeinflusst sind und kein realistisches Bild der aktuellen Situation zeichnen.

Laut unserer Ergebnisse ist es weitverbreitet als Facharzt für Anästhesie in diesem Bereich autark zu arbeiten, so dass gegebenenfalls sogar leitende oder verantwortliche Oberärzte nicht im Detail im Bilde sind über die Arbeitsweisen einzelner Mitarbeiter. Auch wurde nicht durch uns gefragt, ob es bereits niedergeschriebene Handlungsanweisungen wie Standard Operating Procedures (SOP) gibt und in welcher Form Mitarbeiter daran gebunden wären.

## 5. Zusammenfassung

Die Anästhesie hat einen gleichwertigen Stellenwert in der chirurgischen Versorgung von Kinderherzen neben Kinderherzchirurgie, Kinderkardiologie und spezieller kinderkardiologischer Intensivmedizin nach dem Verständnis einiger Experten, so auch dem Kinderherzchirurgen Prof. Dr. med. Gerhard Ziemer vom Medical Center der University of Chicago. Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um die quantitative Auswertung eines Online-Fragebogens, der von ausgewählten Anästhesist\*innen deutscher Kinderherzzentren beantwortet wurde. Es zeigt sich deutlich die Heterogenität der deutschen Kinderherzzentren quer durch die Themenkomplexe Institutsorganisation, Teamzusammenstellung und Einarbeitung, allgemeines und spezielles Anästhesiemanagement.

Im Themenbereich Institutsorganisation zeigt sich, operative Spektren und Fallzahlen in den jeweiligen Kliniken könnten größer kaum sein.

Es gibt in nahezu allen Kliniken Kernteams von Anästhesist\*innen, die mit der perioperativen Betreuung der Patienten betraut sind, deren Erfahrungsschatz und Routine sich aber deutlich unterscheidet. Ebenso lassen die unterschiedlichen Einschätzungen zur notwendigen Einarbeitung der eingesetzten Anästhesist\*innen Rückschlüsse auf große Unterschiede der jeweils gelebten Praxis vermuten.

Deutliche Unterschiede zeigen sich ebenso im allgemeinen und speziellen Anästhesiemanagement. Ein weitgehend einheitliches Vorgehen besteht beispielsweise in den Bereichen des perioperativen Monitorings, der Prämedikation, der Punktionsorte für Gefäßzugänge oder der perioperativen Beatmungsformen ohne CPB. Bundesweit wird bei Narkoseeinleitung und Narkoseführung unterschiedlich vorgegangen. Große Unterschiede gibt es ebenfalls beim Einsatz inotropisch wirksamer Substanzen, der Beatmungsstrategie während des CPB oder dem Vorgehen und Monitoring bei speziellen Eingriffen wie zum Beispiel Operationen am Aortenbogen.

In nahezu allen Bereichen fehlen evidenzbasierte Studien. Diese sollten zeitnah durchgeführt werden, um die bestmögliche anästhesiologische Versorgung der uns anvertrauten herzkranken Kinder zu gewährleisten. Langfristig sollte es das Ziel der DGAI sein, Empfehlungen oder sogar Leitlinien für die Kinderherzanästhesie zu veröffentlichen, um bundesweit einen einheitlichen Versorgungsstandard zu erreichen. Zudem wäre es wünschenswert, Kompetenznetzwerke zu schaffen und weiter auszubauen, um im Idealfall

eine genauere Definition eines Kinderherzzentrums zu erarbeiten und diesen Begriff zu schützen, um eine weitere Bündelung von Kompetenzen zu erreichen.

## 6. Anhang

### 6.1 Fragebogen

1. Welche Organisationsstruktur hat Ihre Institution?

- Universitätsklinik
- Herzzentrum / Kinderherzzentrum
- Maximalversorger (nicht Universitätsklinik oder Herzzentrum)
- Andere

2. Wie viele Kinder und Jugendliche (< 18 Jahre) mit angeborenen Herzfehlern werden in Ihrem Zentrum im Jahr operativ in der Kardiochirurgie behandelt?

- 0-50
- 50-100
- 100-200
- 200-300
- 300-500
- mehr als 500

3. Wie viele Kinder und Jugendliche (< 18 Jahre) mit angeborenen Herzfehlern werden in Ihrem Zentrum im Jahr operativ unter Verwendung eines kardiopulmonalen Bypasses behandelt?

- 0-50
- 50-100
- 100-200

- 200-300
- 300-500
- mehr als 500

4. Welches operative Spektrum wird von Ihrem Zentrum abgedeckt?

- Das operative Spektrum an unserem Zentrum ist auf eine Auswahl vorwiegend einfacher Herzfehler und Gefäßfehlbildung beschränkt.
- An unserem Zentrum werden alle angeborenen Herzfehler und Gefäßfehlbildung operativ behandelt. Transplantationen WERDEN NICHT durchgeführt.
- An unserem Zentrum werden alle angeborenen Herzfehler und Gefäßfehlbildung operativ behandelt. Transplantationen WERDEN durchgeführt.

5. Gibt es in Ihrem Zentrum eine Gruppe von Anästhesisten, die sich auf die Betreuung von Kindern mit angeborenem Herzfehler im Herz-OP spezialisiert hat?

- Es existiert eine Kerngruppe von spezialisierten Anästhesisten. Die Versorgung von Kindern im Herz-OP erfolgt überwiegend durch diese Gruppe.
- Es gibt KEINE Gruppe spezialisierter Anästhesisten. Die Versorgung von Kindern im Herz-OP wird durch wechselnde Mitarbeiter sichergestellt.

6. Aus wie vielen Anästhesisten besteht Ihre Kerngruppe, die für die Betreuung von Patienten mit angeborenem Herzfehler im Herz-OP zuständig ist?

7. Aus wie vielen Kollegen besteht das Team für die Versorgung eines Kindes im Herz-OP an Ihrem Zentrum in der Regel?

Gemeint sind die ständig im OP anwesenden Kollegen.

- 1 Assistenzarzt
- 2 Assistenzärzte

- 1 Assistenzarzt und 1 Facharzt
- 1 Facharzt
- 2 Fachärzte

### **Zusätzliches Personal im OP**

- aufsichtführender Oberarzt der nicht direkt an der Versorgung beteiligt ist
- Kinderkardiologe

8. Welche minimale Qualifikation sollten die beteiligten Anästhesisten während einer Operation bei angeborenem Herzfehler für die selbstständige Arbeit während der OP haben?

- Arzt in Weiterbildung mit einem Facharzt in Rufweite
- Facharzt

9. Welche Einarbeitungszeiten würden Sie als Mindestmaß für das selbstständige Arbeiten im Kinderherz-OP fordern?

- 3 Monate
- 6 Monate
- 9 Monate
- 12 Monate
- 18 Monate
- 24 Monate

10. Welche Fallzahl während der Einarbeitung würden Sie als Mindestmaß für das selbstständige Arbeiten im Kinderherz-OP voraussetzen?

- 10 Fälle
- 20 Fälle
- 30 Fälle
- 40 Fälle
- 50 Fälle
- 60 Fälle
- 70 Fälle
- 80 Fälle
- 90 Fälle
- 100 Fälle
- 150 Fälle
- 200 Fälle
- Mehr als 200 Fälle

11. Wer führt Allgemeinanästhesien bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern außerhalb des OP durch (z.B. Herzkatheter)?

- Ein Anästhesist (NICHT Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie)
- Ein Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie
- ein Nicht-Anästhesist (fachfremder Arzt, z.B. Pädiater)

12. Wer führt regelhaft Sedierungen von Kindern mit angeborenen Herzfehlern außerhalb des Herz-OPs durch (z.B. ÖGD, CT, MRT)?

- Ein Anästhesist (NICHT Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie)
- Ein Mitglied der Kerngruppe Kinderkardioanästhesie
- Ein Nicht-Anästhesist (fachfremder Arzt, z.B. Pädiater)

13. Werden an Ihrem Zentrum elektive Allgemeinanästhesien bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern durch Nicht-Anästhesisten z.B. Pädiater durchgeführt (z.B. für Interventionen wie Bronchoskopie oder Knochenmarkspunktionen)?

- ja
- nein

14. Werden an Ihrem Zentrum elektive Analgosedierung bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern durch Nicht-Anästhesisten z.B. Pädiater durchgeführt?

- ja
- nein

15. Wie führen Sie die medikamentöse Prämedikation bei Kindern (>6 Monate) vor einer Herz OP bevorzugt durch?

- oral
- Benzodiazepine
- Opioide
- Anticholinergika
- Benzodiazepine mit Anticholinergika
- Ketanest
- Alpha-2-Sympathomimetika
- rektal
- Benzodiazepine
- Opioide
- Anticholinergika
- Benzodiazepine mit Anticholinergika
- Ketanest
- i.m.
- Benzodiazepine
- Opioide
- Anticholinergika
- Benzodiazepine mit Anticholinergika
- Ketanest

- i.v.
- Benzodiazepine
- Opioide
- Anticholinergika
- Benzodiazepine mit Anticholinergika
- Ketanest
- Alpha-2-Sympathomimetika
- keine

16. Wie wird an Ihrem Zentrum in der Regel die ZVK Anlage bei Kindern <15 kg durchgeführt?

	Standard- verfahren	häufig	selten	nie	nicht vor- handen
Punktion unter alleiniger Orientierung an anatomischen Landmarken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
„Blinde“ Punktion nach vorheriger Markierung mittels Doppler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Punktion mit Dopplernadel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
„Blinde“ Punktion nach vorheriger Markierung mittels Ultraschall	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Punktion unter ständiger Ultraschallkontrolle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Bilden Sie eine Rangordnung hinsichtlich des bevorzugten Punktionsortes für einen ZVK

Sollte ein Punktionsort in Ihrer Klinik nicht verwendet werden, führen Sie bitte keine Zuweisung zu.

Das Ziehen die Inhalte (Drag & Drop) auf die korrekte Position.

- Vena jugularis interna
- Vena jugularis externa
- Vena subclavia (supraclaviculär)
- Vena subclavia (infraclaviculär)
- Vena femoralis
- Vena anonyma
- peripherer Einschwemm-ZVK (z.B. Silastic-Katheter)

Antwortmöglichkeiten:

Standardverfahren

1. Alternative
2. Alternative
3. Alternative
4. Alternative
5. Alternative
6. Alternative

18. Welches Verfahren halten Sie beim Kind zum Ausschluss eines Pneumothorax nach ZVK Anlage für sensitiver?

- Röntgen Thorax
- Sonographie Thorax

19. Wie wird an Ihrem Zentrum in der Regel die Arterienkatheter Anlage bei Kindern <15 kg durchgeführt?

**Stan-**  
**dard-**  
**verfah-**  
**ren**

**häufig** **selten** **nie** **nicht vor-**  
**handen**

Blinde Punktion unter Palpation	<input type="radio"/>				
„Blinde“ Punktion nach vorheriger Markierung mittels Doppler	<input type="radio"/>				
Punktion mit Dopplernadel	<input type="radio"/>				
„Blinde“ Punktion nach vorheriger Markierung mittels Ultraschall	<input type="radio"/>				
Punktion unter Ultraschallkontrolle	<input type="radio"/>				
Punktion unter Diaphanoskopie	<input type="radio"/>				

20. Bilden Sie eine Rangordnung hinsichtlich des bevorzugten Punktionsortes eines Arterienkatethers

Sollte ein Punktionsort in Ihrer Klinik nicht verwendet werden, führen Sie bitte keine Zuweisung zu.

Das Ziehen die Inhalte (Drag & Drop) auf die korrekte Position.

- Arteria radialis
- Arteria ulnaris
- Arteria femoralis
- Arteria brachialis
- Arteria dorsalis pedis
- Arteria tibialis posterior
- andere

Antwortmöglichkeiten:

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7

22. Die NIRS Technologie wird an unserem Zentrum wie folgt angewendet:

	<b>immer</b>	<b>häufig (&gt;50% der Fälle)</b>	<b>selten (&lt;50% der Fälle)</b>	<b>nie</b>	<b>kein NIRS Mo- nitor vorhan- den</b>
Bei allen operativen Eingriffen bei Kindern mit angeborenem Herzfehler	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neben den zerebralen Ableitungen werden auch somatische Ableitungen verwendet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei ECMO Therapie wird das NIRS eingesetzt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei kritisch kranken Kindern wird das NIRS-Monitoring auf der Intensivstation weitergeführt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bei allen Kindern mit angeborenen Herzfehlern wird das NIRS-Monitoring auf der Intensivstation fortgeführt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23. Wo findet in der Regel die Narkoseeinleitung zur kardiochirurgischen OP bei Kindern mit angeborenem Herzfehler statt?

	<b>immer</b>	<b>häufig (&gt;50% der Fälle)</b>	<b>selten (&lt;50% der Fälle)</b>	<b>nie</b>
Im OP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auf der Intensivstation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. Wenn Sie sich für eine intravenöse Narkoseeinleitung entschieden haben, wählen Sie am häufigsten ...

bei Kindern unter 1 Jahr

bei Kindern zwischen 1 und 3 Jahren

bei Kindern über 3 Jahren

Antwortmöglichkeiten:

ein Benzodiazepin

Etomidat

Ketanest

Disoprivan

Trapanal

Kein einheitliches Vorgehen

25. Wenn Sie sich für eine inhalative Narkoseeinleitung entschieden haben, wählen Sie am häufigsten ...

bei Kindern unter 1 Jahr

bei Kindern zwischen 1 und 3 Jahren

bei Kindern über 3 Jahren

Antwortmöglichkeiten:

Sevofluran

Enfluran

Desfluran

Isofluran

Halotan

Kein einheitliches Vorgehen

26. Was ist die häufigste Art der Narkoseeinleitung bei Kindern mit angeborenem Herzfehler an Ihrem Zentrum?

Antwortmöglichkeiten:

Barbiturat

Disoprivan

Etomidat

Benzodiazepin

Ketanest mono

Ketanest + Benzodiazepin

Sevofluran

Halotan

Enfluran

Isofluran

Abhängig vom Anästhesisten

Abhängig von der Pathophysiologie und dem klinischen Zustand

27. Wie führen Sie in der Regel die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie in einer kinderherzchirurgischen OP durch?

Beschreiben Sie die typische Aufrechterhaltung der Komponente „HYPNOSE“ der Narkose in der Phase OHNE kardiopulmonalen Bypass?

- inhalativ
- Sevofluran
- Isofluran
- Desfluran
- Enfluran
- Halotan

- intravenös
- Benzodiazepine
- kontinuierlich
- Bolus
- Disoprivan
- Ketanest
- kontinuierlich
- Bolus
- Neuroleptika
- kontinuierlich
- Bolus
- kontinuierlich
- Bolus

28. Wie führen Sie in der Regel die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie in einer kinderherzchirurgischen OP durch?

Beschreiben Sie die typische Aufrechterhaltung der Komponente „HYPNOSE“ der Narkose in der Phase MIT kardiopulmonalen Bypass?

- inhalativ
- Sevofluran
- Isofluran
- Desfluran

- Enfluran
- Halotan
- intravenös
- Benzodiazepine
- kontinuierlich
- Bolus
- Disoprivan
- Ketanest
- kontinuierlich
- Bolus
- Neuroleptika
- kontinuierlich
- Bolus
- kontinuierlich
- Bolus
- keine Sedativa oder Hypnotika am Bypass

29. Wir setzen Ketanest regelhaft intraoperativ ein...

**ja**  
**nein**

bei Kindern unter 1 Jahr

bei Kindern zwischen 1 und 3 Jahren



bei Kindern über 3 Jahren



30. Wie führen Sie in der Regel die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie in einer kinderherzchirurgischen OP durch?

Beschreiben Sie die typische Aufrechterhaltung der Komponente „ANALGESIE“ in der Phase OHNE kardiopulmonalen Bypass?

- inhalativ
- Xenon
- Lachgas
- intravenös
- Opiat
- Fentanyl
- kontinuierlich
- Bolus
- Sufentanil
- kontinuierlich
- Bolus
- Alfentanil
- kontinuierlich
- Bolus
- Remifentanil

- kontinuierlich
- Bolus
- Ketanest
- kontinuierlich
- Bolus
- Kombination

31. Wie führen Sie in der Regel die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie in einer kinderherzchirurgischen OP durch?

Beschreiben Sie die typische Aufrechterhaltung der Komponente „ANALGESIE“ der Narkose in der Phase MIT kardiopulmonalen Bypass?

- inhalativ
- Xenon
- Lachgas
- intravenös
- Opiat
- Fentanyl
- kontinuierlich
- Bolus
- Sufentanil
- kontinuierlich
- Bolus

- Alfentanil
- kontinuierlich
- Bolus
- Remifentanil
- kontinuierlich
- Bolus
- Ketanest
- kontinuierlich
- Bolus
- Kombination

32. Wie führen Sie in der Regel die Aufrechterhaltung der Allgemeinanästhesie in einer kinderherzchirurgischen OP durch?

Beschreiben Sie die typische Aufrechterhaltung der Komponente „RELAXIERUNG“ der Narkose (mit und ohne kardiopulmonalem Bypass)?

- kontinuierlich
- Pancuronium
- Norcuronium
- Atracurium
- Cisatracurium
- Succinylcholin
- Rocuronium

- Mivacurium
- repetitiv Boli
- Pancuronium
- Norcuronium
- Atracurium
- Cisatracurium
- Succinylcholin
- Rocuronium
- Mivacurium
- keine erneute Relaxierung nach der Einleitung
- keine Relaxierung während der gesamten Narkose

33. Die Beatmung während einer kinderherzchirurgischen OP erfolgt in den meisten Fällen als

- volumengesteuerte Beatmung
- druckgesteuerte Beatmung
- druckgesteuert Beatmung mit Volumengarantie z.B. Dräger Autoflow
- kein einheitliches Vorgehen

34. Die Beatmung während der Phase am CPB erfolgt in den meisten Fällen als

- keine Beatmung, kein PEEP
- nur PEEP

- low frequency positive pressure ventilation
- low-tidal-volume ventilation
- kein einheitliches Vorgehen

35. Während hypothermer Phasen am Bypass wird folgendes pH- Management eingesetzt

- pH-Stat (Korrektur des pCO<sub>2</sub> auf die aktuelle Körper/Bluttemperatur)
- Alpha-Stat (keine Korrektur des pCO<sub>2</sub> auf die aktuelle Körper/Bluttemperatur)
- verschiedenes Vorgehen in Abhängigkeit von der OP
- verschiedenes Vorgehen in Abhängigkeit vom Operateur/Anästhesisten/Kardiotechniker
- mir nicht bekannt

36. Aortenbogeneingriffe z.B. Norwood 1 OP oder Rekonstruktion eines unterbrochenen Aortenbogens werden an unsrem Zentrum wie folgt durchgeführt...

- hypothermer Kreislaufstillstand
- profunde Hypothermie <14°C
- tiefe Hypothermie 14.1°C – 20°C
- moderate Hypothermie 20.1°C – 28°C
- milde Hypothermie 28.1°C – 34°C
- selektive Hirnperfusion im hypothermen Kreislaufstillstand
- gesteuert mittels Blutfluss

- Blutfluss 10 -20 ml/kg\*min
- Blutfluss 21 -30 ml/kg\*min
- Blutfluss 21 -30 ml/kg\*min
- Blutfluss 31 -40 ml/kg\*min
- Blutfluss 41 -50 ml/kg\*min
- Blutfluss >50 ml/kg\*min
- gesteuert mittels Perfusionsdruck
- Perfusionsdruck 10 -10 mmHg
- Perfusionsdruck 11 -20 mmHg
- Perfusionsdruck 21 -30 mmHg
- Perfusionsdruck 31 -40 mmHg
- Perfusionsdruck 41 -50 mmHg
- Perfusionsdruck 11 > 50 mmHg
- Orientiert am NIRS
- variables Vorgehen
- mir nicht bekannt
- solche Eingriffe werden an unserem Zentrum nicht durchgeführt

37. Bei Aortenbogeneingriffen wie z.B. Norwood 1 OP oder Rekonstruktion eines unterbrochenen Aortenbogens werden an unsrem Zentrum zur Neuroprotektion vor DHCA folgende zusätzliche Maßnahmen durchgeführt ...

- Fall mit selektiver Hirnperfusion

- Gabe von Corticoiden
- Gabe von Lidocain i.v.
- Gabe von Barbituraten
- Gabe von Propofol
- Eishaube
- Fall ohne selektive Hirnperfusion
- Gabe von Corticoiden
- Gabe von Lidocain i.v.
- Gabe von Barbituraten
- Gabe von Propofol
- Eishaube
- keines der genannten Verfahren
- solche Eingriffe werden an unserem Zentrum nicht durchgeführt

38. Welche Aussagen zur Tranexamsäure treffen für Ihr Zentrum zu?

Wir verwenden Tranexamsäure intraoperativ bei angeborenen Herzfehlern

[Bitte auswählen]

Antwortmöglichkeiten:

immer

Indikation nach POCT Gerinnungsdiagnostik

empirisch

nie

nicht vorhanden

39. Zu welchem Zeitpunkt wird Tranexamsäure an Ihrem Zentrum verabreicht?

Geben Sie die gängige Praxis an.

- kontinuierlich
- nach der Einleitung
- mit Beginn des CPB
- beim Wiedererwärmen am CPB
- nach dem CPB
- Boli
- nach der Einleitung
- mit Beginn des CPB
- beim Wiedererwärmen am CPB
- nach dem CPB
- keine Anwendung von Tranexamsäure
- keine einheitliche Anwendung von Tranexamsäure

40. Bei Eingriffen mit CPB verwenden wir Cortisonpräparate zur Reduktion der inflammatorischen Antwort ...

- als Standard
- für spezielle Indikationen
- nie

41. Wenn Cortisonpräparate zur Reduktion der inflammatorischen Antwort eingesetzt werden, bevorzugen wir ...

- Hydrocortison

- Dexamethason
- Prednisolon
- andere

42. Wenn Cortisonpräparate zu Reduktion der inflammatorischen Antwort eingesetzt werden, so tun wir dies...

- geplant vor Beginn der chirurgischen Stimulation
- geplant vor Beginn des CPB
- geplant mit Beginn des CPB oder am CPB
- beim Auftreten einer Inflammationsreaktion (z.B. Hypotension, Volumenbedarf)

43. Welche Aussage zur Therapie mit Blutprodukten trifft für Ihr Zentrum zu?

- |  | <b>ja</b>             | <b>weiß</b>           |
|--|-----------------------|-----------------------|
|  | <b>nein</b>           | <b>nicht</b>          |
| Ein Cellsaver ist im Kinderherz OP vorhanden.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Der Cellsaver kommt bei jeder Kinderherz OP mit CPB zum Einsatz.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Erythrozytenkonzentrate werden vor Verwendung im CPB Priming mittel Cellsaver aufbereitet.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Gefrorenes Frischplasma (GFP) wird in unserem Zentrum auch als kolloidaler Volumenersatz verwendet (ohne das eine Gerinnungsstörung vorliegt). | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

Humanalbumin wird in unserem Zentrum auch als kolloidaler Volumenersatz angewendet.

Erythrozytenkonzentrate sind bei der Anwendung im Kinderherz OP in der Regel nicht älter als 2 Wochen.

44. Bei welchem der folgenden Eingriffe streben Sie eine Fast-Track-Anästhesie an? Fast-Track-Anästhesie meint hier Intubation und Extubation des Kindes im OP.

- ISTA Korrektur
- ASD Verschluss
- VSD Verschluss
- AVSD Korrektur
- Ductus arteriosus Verschluss
- Fontan OP
- Anlage eine Aortopulmonalen Shuntes z.B. BT Shunt
- PA Banding
- Norwood I OP
- Fallot Korrektur
- Glenn OP
- Isolierte Klappen OP z.B. MKR, AKR, AKE

- Wir führen prinzipiell keine Fast-Track-Anästhesie bei Kindern mit angeborenen Herzfehlern durch

45. Durch wen erfolgt die postoperative Betreuung auf der Intensivstation?

- Ausschließlich durch Pädiater.
- Ausschließlich durch Anästhesisten.
- Interdisziplinär unter pädiatrischer Führung.
- Interdisziplinär unter anästhesiologischer Führung.
- Andere.

46. Ab welchem Körpergewicht können an Ihrem Zentrum aufgrund der technischen Gegebenheiten intraoperative TEE bei Kindern durchgeführt werden?

- >2,5 KG   
  >3,5 KG   
  >5 KG   
  >15 KG   
  >25 KG   
  >30 KG   
  kein TEE vorhanden   
  intraoperatives ist mir unbekannt

47. Eine intraoperative transösophageale Echokardiographie bei Kinder < 10 Jahren im Herz OP sollte durchgeführt werden, wenn...

- |  | <b>volle Zustimmung</b> | <b>Zustimmung</b>     | <b>neutral</b>        | <b>Ablehnung</b>      | <b>volle Ablehnung</b> |
|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| ... einfache Gefäßfehlbildungen vorliegen (z.B. ISTA)  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| ... einfache Vitien mit CPB operiert werden (z.B. ASD, VSD)  | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| ... komplexe Vitien mit CPB operiert werden (z.B. TOF)   | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| ... IMMER, wenn ein kardiopulmonaler Bypass zum Einsatz kommt.                                       | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |
| ... IMMER Kindern an angeborenen Herzfehlern operiert werden und keine Kontraindikation für eine TEE | <input type="radio"/>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>  |

48. Für den Fall, dass eine transösophageale Echokardiographie intraoperativ durchgeführt werden soll. Wer führt die transösophageale Echokardiographie bei Kindern < 10 Jahren intraoperativ in erster Linie durch?

- Der narkoseführende Anästhesist
- Ein zusätzlicher Anästhesist
- Ein Kinderkardiologe
- Ein Kardiologie (nicht Kinderkardiologe)
- transösophageale Echokardiographie wird intraoperativ nicht angewendet

49. Welche Substanz setzen Sie an Ihrem Zentrum als Mittel der ersten Wahl zur positiv inotropen Kreislaufunterstützung ein?

- Adrenalin
- Dobutamin
- Dopamin
- Levosimendan
- Milrinon
- Enoximon
- Amrinon
- andere

50. Welche Substanzkombination würden Sie an Ihrem Zentrum wählen, wenn die positiv inotropen Kreislaufunterstützung mit einem Medikament nicht ausreichend ist?

Bitte nur 2 Medikamente angeben.

Das Ziehen die Inhalte (Drag & Drop) auf die korrekte Position.

Adrenalin

Dobutamin

Dopamin

Levosimendan

Milrinon

Enoximon

Amrinon

andere

Adrenalin

1

Dobutamin

2

Dopamin

Levosimendan

Milrinon

Enoximon

Amrinon

andere

51. Welche Substanz setzen Sie an Ihrem Zentrum als Mittel der ersten Wahl als Vasopressor ein?

- Noradrenalin
- Dopamin
- Vasopressin/Terlipressin
- Hydrocortison
- Ephedrin
- Akrinor
- Phenylephrin
- andere

52. Welche Substanzkombination würden Sie an Ihrem Zentrum wählen, wenn die Vasopressortherapie mit einem Medikament nicht ausreichend ist?

Bitte nur 2 Medikamente angeben.

Das Ziehen die Inhalte (Drag & Drop) auf die korrekte Position.

Noradrenalin

Dopamin

Vasopressin/Terlipressin

Hydrocortison

Ephedrin

Akrinor

Phenylephrin

andere

Noradrenalin

1

Dopamin

2

Vasopressin/Terlipressin

Hydrocortison

Ephedrin

Akrinor

Phenylephrin

andere

53. Welche Maßnahme führen Sie an Ihrem Zentrum regelmäßig zur Prävention eines SIRS durch?

- Antiinflammatorische Medikation durch Bolus Kortikoid
- Verwendung von Clonidin zur Dämpfung der sympathischen Aktivierung
- Verwendung von beschichteten HLM Systemen
- Ultrafiltration und/oder modifizierte Ultrafiltration am CPB

54. Welche Aussagen zur patientennahen Sofortdiagnostik (Point-of-Care-Testing POCT) von Gerinnungsstörungen treffen für Ihre Klinik zu?

Hiermit ist nicht die Diagnostik der Heparinwirkung wie ACT gemeint.

**ja**

**nein**

Im OP Bereich ist ein Gerät zur Sofortdiagnostik von Gerinnungsstörungen z.B. ROTEM® vorhanden.



Die Diagnostik von Gerinnungsstörungen erfolgt ausschließlich im Zentrallabor.



Therapieentscheidungen bei Gerinnungsstörungen werden bei uns regelmäßig von POCT z.B. ROTEM® Ergebnissen abhängig gemacht.

55. Zur Therapie von plasmatischen Gerinnungsstörungen verwenden wir primär ....

- Faktorenkonzentrate
- PPSB
- Fibrinogen
- rVIIa
- andere
- Gefrorenes Frischplasma
- Kein einheitliches Vorgehen

## 7. Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b> Institutionsorganisation der beteiligten Zentren.....	15
<b>Abb. 2:</b> Operatives Spektrum der Zentren .....	17
<b>Abb. 3:</b> CHD Fälle mit CPB pro Jahr .....	18
<b>Abb. 4:</b> Die Anzahl der Mitarbeiter eines Kernteams der Anästhesie .....	19
<b>Abb. 5:</b> Vorausgesetzt, an jedem Zentrum erfolgt mindestens ein kinderherzchirurgischer Eingriff pro Jahr, dann ergibt sich für jeden Mitarbeiter des Kernteams für Kinderherzanästhesie die oben angegebene Mindestanzahl an Eingriffen.....	20
<b>Abb. 6:</b> Einschätzung der Kinderherzzentren, wann eine TTE intraoperativ bei Kindern unter 10 Jahren eingesetzt werden sollte.....	25
<b>Abb. 7:</b> Die jeweils häufigste Art der Narkoseeinleitung in den verschiedenen Kinderherzzentren.....	27
<b>Abb. 8:</b> Operative Eingriffe, bei denen eine Fast-Track-Anästhesie angestrebt wird ....	33

## **8. Tabellenverzeichnis**

<b>Tab. 1:</b> Die operativen Fallzahlen der Zentren.....	16
<b>Tab. 2:</b> Monitoringverfahren während kinderherzchirurgischen Operationen mit CPB ..	26

## 9. Literaturverzeichnis

Akhtar MI, Hamid M, Minai F, Rehman N. Feasibility and safety of on table extubation after corrective surgical repair of tetralogy of Fallot in a developing country: a case series. *Ann Card Anaesth.* 2015. 18: 237–241

Angadi U, Westrope C, Chowdhry MF. Is levosimendan effective in paediatric heart failure and post-cardiac surgeries? *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2013. 17: 710–714

Apers S, Kovacs AH, Luyckx K, Thomet C, Budts W, Enomoto J, Sluman MA, Wang J-K, Jackson JL, Khairy P, Cook SC, Chidambarathanu S, Alday L, Eriksen K, Dellborg M, Berghammer M, Mattsson E, Mackie AS, Menahem S, Caruana M, Veldtman G, Soufi A, Romfh AW, White K, Callus E, Kutty S, Fieuws S, Moons P. Quality of Life of Adults With Congenital Heart Disease in 15 Countries: Evaluating Country-Specific Characteristics. *J Am Coll Cardiol.* 2016. 67: 2237–2245

Beckmann A, Funkat A-K, Lewandowski J, Frie M, Ernst M, Hekmat K, Schiller W, Gummert JF, Harringer W. German Heart Surgery Report 2016: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2017. 65: 505–518

Bein B, Renner J. Herzkatheterisierung in der pädiatrischen Kardiologie. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2007. 42: 814–821

Bhende MS. End-tidal carbon dioxide monitoring in pediatrics - clinical applications. *J Postgrad Med.* 2001. 47: 215–218

Burkhardt BEU, Rücker G, Stiller B. Prophylactic milrinone for the prevention of low cardiac output syndrome and mortality in children undergoing surgery for congenital heart disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015: CD009515

Chaki T, Nawa Y, Tamashiro K, Mizuno E, Hirata N, Yamakage M. Remifentanyl prevents increases of blood glucose and lactate levels during cardiopulmonary bypass in pediatric cardiac surgery. *Ann Card Anaesth.* 2017. 20: 33–37

DGAInfo. Personelle, räumliche, apparative und organisatorische Voraussetzungen sowie Anforderungen bei der Erbringung von Anästhesieleistungen für herzchirurgische und kardiologische Eingriffe bei Kindern und Jugendlichen mit angeborenen Herzfehlern. *Anästh Intensivmed*. 2017; 85:518–524.

Dobbs HA, Bennett-Guerrero E, White W, Shernan SK, Nicoara A, Del Rio JM, Stafford-Smith M, Swaminathan M. Multinational institutional survey on patterns of intraoperative transesophageal echocardiography use in adult cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014. 28: 54–63

Dönmez A, Kaya H, Haberal A, Kutsal A, Arslan G. The effect of etomidate induction on plasma cortisol levels in children undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 1998. 12: 182–185

Dütschke P, Scheewe J, Bein B. Der herzchirurgische Korrekturingriff. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2007. 42: 804–813

Erikssen G, Liestøl K, Seem E, Birkeland S, Saatvedt KJ, Hoel TN, Døhlen G, Skulstad H, Svennevig JL, Thaulow E, Lindberg HL. Achievements in congenital heart defect surgery: a prospective, 40-year study of 7038 patients. *Circulation*. 2015. 131: 337-346; discussion 346

Fudickar A, Bein B. Propofol infusion syndrome: update of clinical manifestation and pathophysiology. *Minerva Anesthesiol*. 2009. 75: 339–344

Garg R, Rao S, John C, Reddy C, Hegde R, Murthy K, Prakash PVS. Extubation in the operating room after cardiac surgery in children: a prospective observational study with multidisciplinary coordinated approach. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014. 28: 479–487

Gupta P, Rettiganti M, Wilcox A, Vuong-Dac M-A, Gossett JM, Imamura M, Chakraborty A. An Empirically Derived Pediatric Cardiac Inotrope Score Associated With Pediatric Heart Surgery. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2018. 30: 62–68

Guzeltas A, Ozyilmaz I, Tanidir C, Odemis E, Tola HT, Ergul Y, Bilici M, Haydin S, Ereğ E, Bakir I. The significance of transesophageal echocardiography in assessing congenital heart disease: our experience. *Congenit Heart Dis*. 2014. 9: 300–306

Habre W, Disma N, Virag K, Becke K, Hansen TG, Jöhr M, Leva B, Morton NS, Vermeulen PM, Zielinska M, Boda K, Veyckemans F. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT). *Lancet Respir Med*. 2017. 5: 412–425

Hasija S, Chauhan S, Jain P, Choudhury A, Aggarwal N, Pandey RK. Comparison of speed of inhalational induction in children with and without congenital heart disease. *Ann Card Anaesth*. 2016. 19: 468–474

Hofer I, Spivack J, Yapor M, Zerillo J, Reich DL, Wax D, DeMaria S. Association between anesthesiologist experience and mortality after orthotopic liver transplantation. *Liver Transpl*. 2015. 21: 89–95

Hummel J, Rücker G, Stiller B. Prophylactic levosimendan for the prevention of low cardiac output syndrome and mortality in paediatric patients undergoing surgery for congenital heart disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2017. 8: CD011312

Joshi RK, Aggarwal N, Agarwal M, Dinand V, Joshi R. Assessment of Risk Factors for a Sustainable "On-Table Extubation" Program in Pediatric Congenital Cardiac Surgery: 5-Year Experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2016. 30: 1530–1538

Kanazawa T, Egi M, Shimizu K, Toda Y, Iwasaki T, Morimatsu H. Intraoperative change of lactate level is associated with postoperative outcomes in pediatric cardiac surgery patients: retrospective observational study. *BMC Anesthesiol*. 2015. 15: 29

Klamt JG, Vicente WVdA, Garcia LV, Carmona F, Abrão J, Menardi AC, Manso PH. Neuroprotective Anesthesia Regimen and Intensive Management for Pediatric Cardiac Surgery with Cardiopulmonary Bypass: a Review and Initial Experience. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2017. 32: 523–529

Krajčová A, Waldauf P, Anděl M, Duška F. Propofol infusion syndrome: a structured review of experimental studies and 153 published case reports. *Crit Care*. 2015. 19: 398

Laquay N, Pouard P, Silicani MA, Vaccaroni L, Orliaguet G. Early stages of propofol infusion syndrome in paediatric cardiac surgery: two cases in adolescent girls. *Br J Anaesth*. 2008. 101: 880–881

Laquay N, Prieur S, Greff B, Meyer P, Orliaguet G. Le syndrome de perfusion du propofol. *Ann Fr Anesth Reanim*. 2010. 29: 377–386

Lemson J, Driessen JJ, van der Hoeven JG. The effect of neuromuscular blockade on oxygen consumption in sedated and mechanically ventilated pediatric patients after cardiac surgery. *Intensive Care Med.* 2008. 34: 2268–2272

Lerman J. Preoperative assessment and premedication in paediatrics. *Eur J Anaesthesiol.* 2013. 30: 645–650

Levin DN, Taras J, Taylor K. The cost effectiveness of transesophageal echocardiography for pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth.* 2016. 26: 682–693

Mahle WT, Jacobs JP, Jacobs ML, Kim S, Kirshbom PM, Pasquali SK, Austin EH, Kanter KR, Nicolson SC, Hill KD. Early Extubation After Repair of Tetralogy of Fallot and the Fontan Procedure: An Analysis of The Society of Thoracic Surgeons Congenital Heart Surgery Database. *Ann Thorac Surg.* 2016a. 102: 850–858

Mahle WT, Nicolson SC, Hollenbeck-Pringle D, Gaies MG, Witte MK, Lee EK, Goldsworthy M, Stark PC, Burns KM, Scheurer MA, Cooper DS, Thiagarajan R, Sivarajan VB, Colan SD, Schamberger MS, Shekerdemian LS. Utilizing a Collaborative Learning Model to Promote Early Extubation Following Infant Heart Surgery. *Pediatr Crit Care Med.* 2016b. 17: 939–947

Marín-Vivas RR, Saldívar-Müller CE, Sánchez-Bañuelos CC, Flores-Lujano J, Núñez-Enríquez JC. Factores predictores de hiperglucemia postoperatoria severa en pacientes pediátricos de cirugía cardíaca. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2017. 55: 324–329

Meinertz T, Diegeler A, Stiller B, Fleck E, Heinemann MK, Schmaltz AA, Vestweber M, Bestehorn K, Beckmann A, Hamm C, Cremer J. German Heart Report 2013. *Clin Res Cardiol.* 2015. 104: 112–123

Miller JW, Vu DN, Chai PJ, Kreutzer JH, John JB, Vener DF, Jacobs JP. Upper body central venous catheters in pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth.* 2013. 23: 980–988

Mutsuga M, Quiñonez LG, Mackie AS, Norris CM, Marchak BE, Rutledge JM, Rebeyka IM, Ross DB. Fast-track extubation after modified Fontan procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012. 144: 547–552

- Neumann RP, Ungern-Sternberg BS von. The neonatal lung--physiology and ventilation. *Paediatr Anaesth*. 2014. 24: 10–21
- Oliveira NC de, Ashburn DA, Khalid F, Burkhart HM, Adatia IT, Holtby HM, Williams WG, van Arsdell GS. Prevention of early sudden circulatory collapse after the Norwood operation. *Circulation*. 2004. 110: II133-138
- Raissadati A, Nieminen H, Jokinen E, Sairanen H. Progress in late results among pediatric cardiac surgery patients: a population-based 6-decade study with 98% follow-up. *Circulation*. 2015. 131: 347-353; discussion 353
- Rossi AF, Seiden HS, Sadeghi AM, Nguyen KH, Quintana CS, Gross RP, Griep RB. The outcome of cardiac operations in infants weighing two kilograms or less. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998. 116: 28–35
- Sasson L, Sherman A, Ezri T, Houry S, Ghilad E, Cohen I, Evron S. Mode of ventilation during cardiopulmonary bypass does not affect immediate postbypass oxygenation in pediatric cardiac patients. *J Clin Anesth*. 2007. 19: 429–433
- Schreiber J-U, Lancé MD, Korte M de, Artmann T, Aleksic I, Kranke P. The effect of different lung-protective strategies in patients during cardiopulmonary bypass: a meta-analysis and semiquantitative review of randomized trials. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2012. 26: 448–454
- Schumann J, Henrich EC, Strobl H, Prondzinsky R, Weiche S, Thiele H, Werdan K, Frantz S, Unverzagt S. Inotropic agents and vasodilator strategies for the treatment of cardiogenic shock or low cardiac output syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018. 1: CD009669
- Schwedler G, Lindinger A, Lange PE, Sax U, Olchvary J, Peters B, Bauer U, Hense H-W. Frequency and spectrum of congenital heart defects among live births in Germany : a study of the Competence Network for Congenital Heart Defects. *Clin Res Cardiol*. 2011. 100: 1111–1117
- Scohy TV, Bikker IG, Hofland J, Jong PL de, Bogers AJJC, Gommers D. Alveolar recruitment strategy and PEEP improve oxygenation, dynamic compliance of respiratory system and end-expiratory lung volume in pediatric patients undergoing cardiac surgery for congenital heart disease. *Paediatr Anaesth*. 2009. 19: 1207–1212

Silber JH, Kennedy SK, Even-Shoshan O, Chen W, Mosher RE, Showan AM, Longnecker DE. Anesthesiologist Board Certification and Patient Outcomes. *Survey of Anesthesiology*. 2002. 46: 320–321

Simons J, Sood ED, Derby CD, Pizarro C. Predictive value of near-infrared spectroscopy on neurodevelopmental outcome after surgery for congenital heart disease in infancy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012. 143: 118–125

Smith AH, Owen J, Borgman KY, Fish FA, Kannankeril PJ. Relation of milrinone after surgery for congenital heart disease to significant postoperative tachyarrhythmias. *Am J Cardiol*. 2011. 108: 1620–1624

Sood ED, Benzaquen JS, Davies RR, Woodford E, Pizarro C. Predictive value of perioperative near-infrared spectroscopy for neurodevelopmental outcomes after cardiac surgery in infancy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013. 145: 438-445.e1; discussion 444-445

Su F, El-Komy MH, Hammer GB, Frymoyer A, Cohane CA, Drover DR. Population pharmacokinetics of etomidate in neonates and infants with congenital heart disease. *Biopharm Drug Dispos*. 2015. 36: 104–114

Sungur Ulke Z, Kartal U, Orhan Sungur M, Camci E, Tugrul M. Comparison of sevoflurane and ketamine for anesthetic induction in children with congenital heart disease. *Paediatr Anaesth*. 2008. 18: 715–721

Tabbutt S, Ramamoorthy C, Montenegro LM, Durning SM, Kurth CD, Steven JM, Godinez RI, Spray TL, Wernovsky G, Nicolson SC. Impact of inspired gas mixtures on preoperative infants with hypoplastic left heart syndrome during controlled ventilation. *Circulation*. 2001. 104: 1159-164

Ungern-Sternberg BS von, Regli A, Frei FJ, Hammer J, Jordi Ritz E-M, Erb TO. Decrease in functional residual capacity and ventilation homogeneity after neuromuscular blockade in anesthetized preschool children in the lateral position. *Paediatr Anaesth*. 2007. 17: 841–845

Vogt W, Läer S. Treatment for paediatric low cardiac output syndrome: results from the European EuLoCOS-Paed survey. *Arch Dis Child*. 2011. 96: 1180–1186

Wong JJ-M, Chen CK, Moorakonda RB, Wijeweera O, Tan TYS, Nakao M, Allen JC, Loh TF, Lee JH. Changes in Near-Infrared Spectroscopy After Congenital Cyanotic Heart Surgery. *Front Pediatr.* 2018. 6: 97

## 10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zur Anfertigung der vorliegenden Arbeit beigetragen haben. An erster Stelle gilt mein Dank meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Markus Velten, für seine freundliche und unkomplizierte Betreuung und das Überlassen des Promotionsthemas. Ein besonderer Dank gilt außerdem Herrn Dr. med. Torsten Bähler. Er hat zu seinem Wort gestanden, mich bis zur Fertigstellung der Doktorarbeit zu begleiten und half mir maßgeblich in allen Phasen. Auch danke ich allen weiteren Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin an der Universitätsklinik Bonn, die mich bei meiner Arbeit unterstützt haben.

Ich möchte mich auch bei meiner Familie bedanken. Meine Eltern, Kriemhild und Frank, meine Schwester Verena mit ihrer Familie und meine Charli haben mich immer unterstützt und motiviert.