

Aus dem Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin
der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendmedizin
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. J. Dötsch

Präklinische Maßnahmen in der pädiatrischen Notfallmedizin unter besonderer Berücksichtigung invasiver Notfalltechniken

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der ärztlichen Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Katharina Luisa Christine Garrelfs
aus Euskirchen
promoviert am 12. Mai 2026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln
(2026)

Dekanin/Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachterin oder Gutachter: Professor. Dr. med. F. Eifinger
2. Gutachterin oder Gutachter: Privatdozent Dr. med. V. C. Schick

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.¹

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten

Herrn Prof. Dr. Frank Eifinger
Herr Dr. Benjamin Kühne
Herr Prof. Dr. Jochen Hinkelbein
Herr Ralf Blomeyer
Frau Anne Adams

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Der dieser Arbeit zugrundeliegenden Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit in der Kinderklinik der Uniklinik Köln und durch die Datensätze der Feuerwehr Köln von Herrn Ralf Blomeyer zur Verfügung gestellt.

Die dieser Arbeit zugrundeliegenden Messergebnisse wurden ohne Mitarbeit Anderer in der Universität durch mich ermittelt.

Die in dieser Arbeit angegebenen Datensätze, Methodik und Statistik sind nach entsprechender Anleitung durch Herrn Prof. Dr. Frank Eifinger und Frau Anne Adams von mir selbst ausgeführt worden.

Die verwendeten Fallberichte wurden von mir selbst ausgewertet.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 22.06.2025

Unterschrift:

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Frank Eifinger, bedanken. Er stand mir über die Jahre meiner Dissertationsarbeit mit Rat und Tat zur Seite. Er hatte stets ein offenes Ohr, auch in Themen, die nicht meine Promotionsarbeit betrafen. Ich bedanke mich für die fachlich kompetente und für ihn selbstverständliche enorme Unterstützung und Betreuung meiner Arbeit. Die Zeit des wissenschaftlichen Austausches und der regelmäßigen Treffen war eine wertvolle Zeit für mich, und ich hoffe, dass dieser Austausch auch nach meiner Dissertation weiterhin bestehen bleibt und wir an die gemeinsame Zeit anknüpfen können.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Benjamin Kühne, welcher mir vor allem im Prozess meiner Publikation beratend und unterstützend zur Seite stand und viele gute Anregungen für meine Arbeit mit auf den Weg gab.

Zudem möchte ich auch Herrn Prof. Jochen Hinkelbein danken, der leider kürzlich verstorben ist. Ohne ihn hätte ich keinen Zugang zu der Breite meiner Daten gefunden.

Ich danke dem Team der pädiatrischen Intensivstation, das mir damals in einer Famulatur sehr viel beigebracht hat und mir das Fach pädiatrische Notfallmedizin schmackhaft gemacht hat.

Des Weiteren möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Ohne meine Eltern, Dr. Hans-Wilhelm und Gudrun Garrelfs, ohne die ich jetzt nicht an diesem Punkt in meinem Leben wäre, die mich beratend, aufbauend, motivierend und auch finanziell unterstützt haben. Ich möchte auch meinen drei Brüdern danken, die mir in härteren Phasen des Studiums und auch im Rahmen meiner Doktorarbeit stets aufmunternd, beratend und tröstend zur Seite standen, danke, Nicklas, Alexander und Maximilian Garrelfs.

Ich möchte mich auch bei meinem FreundInnen- und BekanntInnenkreis bedanken, die mich in jeder Lebenszeit und zu jedem Zeitpunkt mich stets motiviert und beraten haben.

für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	7
1. ZUSAMMENFASSUNG	8
2. EINLEITUNG	9
3. PAPER	12
4. ERGEBNISSE	22
5. DISKUSSION	31
5.1 Schlussfolgerung und Limitationen	33
5.1.1. Schlussfolgerung	33
5.1.2. Limitationen	34
5.2 Erklärung zur Datenverfügbarkeit und Finanzierung	35
5.2.1. Erklärung der Datenverfügbarkeit	35
5.2.2. Finanzierung	35
6. LITERATURVERZEICHNIS	36
7. ANHANG	39
7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	39
7.2 TABELLENVERZEICHNIS	39
8. VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN	40

Abkürzungsverzeichnis

1. Abb.	Abbildung
2. AIS	Abbreviated Injury Scale
3. CPR	cardiopulmonary resuscitation
4. CT	Computertomographie
5. DIVI	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin
6. ED	emergency department, entspricht ZNA
7. Et al.	et alii, et aliae, et alia
8. GCS	Glasgow Coma Scale
9. GNPI	Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin
10. IMC	intermediate care unit
11. IO	intraossär
12. IQR	Interquartilsabstand
13. ISS	Injury Severity Score
14. KITS	Kinderintensivstation
15. LOS	length of stay, Dauer des Krankenhausaufenthaltes
16. MRT	Magnetresonanztomographie
17. NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
18. Nr.	Nummer
19. PICU	pediatric intensive care unit
20. PIV	peripheral intravenous access
21. pVK	peripherer Venenkatheter
22. SGA	supraglottische Atemwegshilfen
23. STROBE	Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology
24. Tab.	Tabelle
25. z.B.	zum Beispiel
26. ZNA	Zentrale Notaufnahme
27. ZVK	zentraler Venenkatheter

1. Zusammenfassung

Meine Promotionsarbeit an der Universität zu Köln beinhaltet die retrospektive Analyse (5 ½ - Jahres Zeitraum: 01/2015 – 05/2020) der invasiv durchgeführten Maßnahmen (z.B. tracheale Intubation, Zugangsarten, Drainagen etc.) bei pädiatrischen PatientInnen unter 12 Lebensjahren, die über den Schockraum der Uniklinik Köln in der zentrale Notaufnahme (ZNA) oder direkt auf die Kinderintensivstation (KITS) eingeliefert wurden.

Es wurde das Management und Outcome von Kindernotfällen beleuchtet. Diese Arbeit dient dazu, Inzidenzen präklinisch invasiver Prozeduren zu erheben und zu analysieren.

Diese Arbeit zeigt Möglichkeiten auf, die gewonnenen Daten für die Qualitätssicherung und Sicherstellung invasiver Notfalltechniken in der Pädiatrie am Standort sicherzustellen und ggf. mit anderen Standorten zu vergleichen.

Zum einen sollte untersucht werden, ob Maßnahmen geschult werden sollten, um diese sicher beherrschen zu können. Zum anderen war es interessant zu erfahren, wie die präklinische notfallmedizinische Versorgung an einem Zentrum der Maximalversorgung aufgestellt ist.

In dem Zeitraum Januar 2015 bis Juni 2020 wurden insgesamt 610 PatientInnen untersucht. Hier wurden 237 direkt auf die Kinder-Intensivstation (KITS) und 373 in der zentralen Notaufnahme (ZNA) aufgenommen. Die KITS-PatientInnen waren mit einem medianen Alter von 1,58 Jahren deutlich jünger als die PatientInnen der ZNA-Gruppe, deren mittleres Alter bei 5,9 Jahren lag. Die ZNA-Gruppe beinhaltete fast ausschließlich (Poly-)Traumata. In der KITS-Gruppe zeigte sich ein breites Spektrum pädiatrischer Notfälle. Die häufigsten Diagnosen auf der KITS waren neurologische Notfälle wie etwa Status epilepticus, Infektionen oder Sepsis sowie nichtinfektiöse Atemwegsprobleme. Zudem zeigten sich auch Unterschiede im Schweregrad und der Behandlung der pädiatrischen PatientInnen. Bei den in der KITS eingelieferten PatientInnen wurden invasive oder nicht-invasive Verfahren deutlich häufiger eingesetzt als bei der ZNA-Gruppe. Schwere neurologische Einschränkungen, gemessen am Glasgow Coma Scale (GCS < 9), sowie hohe NACA-Scores, die einen schweren klinischen Zustand anzeigen, traten ebenfalls häufiger in der KITS-Gruppe auf. Darauffolgend wurden auch vermehrt Medikamente wie beispielsweise Katecholamine in der KITS-Gruppe gegeben. Bei der Medikamentengabe zeigte sich, dass in beiden Gruppen mehr als die Hälfte der PatientInnen keine Medikamente erhielten oder dies nicht dokumentiert wurde. Die Todesrate der beiden Gruppen zeigte hier auch Unterschiede: Während aus der KITS-Gruppe 19 PatientInnen verstarben, verstarben 2 Kinder aus der ZNA-Gruppe. Die durchschnittliche

Krankenhausaufenthaltsdauer unterschied sich: Auf der Kinderintensivstation verblieben die Kinder im Median 20,3 Tage, die Kinder der ZNA-Gruppe im Median nur 2 Tage.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass lebensbedrohliche Notfälle in unserer Studie nur selten auftraten, der pädiatrische PatientIn stellte aber aufgrund der großen Bandbreite möglicher Erkrankungen oder Verletzungen besondere Herausforderungen für das Rettungsdienst- und Notdienstpersonal dar. Die Ausbildung und Weiterbildung des Personals sollte hinsichtlich grundlegender Kompetenzen wie dem Atemwegsmanagement (einschließlich trachealer Intubation, supraglottische Atemwegshilfen) sowie Techniken für den peripheren oder intraossären Gefäßzugang erweitert und vertieft werden. Zudem ist eine medizinische Dokumentation essentiell, da lückenhafte Unterlagen die Versorgung und Qualitätsverbesserung behindern. Dahingehend sind weitere Studien notwendig, um das Management pädiatrischer Notfälle in der präklinischen und stationären Versorgung weiterzuentwickeln.

2. Einleitung

Pädiatrische Notfälle stellen die Rettungsdienste weiterhin vor große Herausforderungen. Obwohl Techniken wie die endotracheale Intubation und die kardiopulmonale Reanimation (CPR) denen für Erwachsene teilweise ähneln, ist das Verständnis der einzigartigen anatomischen und physiologischen Merkmale von Kindern für ein effektives pädiatrisches Notfallmanagement unerlässlich ^{1,2}. Darüber hinaus machen die große Bandbreite pädiatrischer Erkrankungen und die zusätzliche Komplexität des Umgangs mit kommunikativen und emotionalen Aspekten die präklinische Versorgung zu einer noch größeren Herausforderung ³. Diese Faktoren können kritische Rettungstechniken wie die tracheale Intubation oder andere invasive Verfahren erschweren.

Die pädiatrischen PatientInnen werden prähospital von RettungsassistentInnen oder NotärztInnen (i.d.R. ohne tiefere Weiterbildung für pädiatrische Notfälle) behandelt. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, die Maßnahmen auf die spezifischen Bedürfnisse pädiatrischer PatientInnen abzustimmen ⁴.

Obwohl sich das Spektrum der Notfälle bei Kindern mit dem von Erwachsenen überschneiden kann, unterscheiden sich die zugrundeliegenden Ursachen:

- a) Nach J. Zwingmann et al. ⁵ sind Kinder als VerkehrsteilnehmerInnen aufgrund ihrer langsameren Reaktionszeit und mangelnden Erfahrung besonders gefährdet, was sie für schwerere Verletzungen prädisponiert ⁶.

- b) Obwohl Polytraumata bei Kindern seltener auftreten, ist ihr Risiko für lebensbedrohliche Verletzungen durch diese deutlich höher.
- c) Das Atemwegsmanagement hat bei allen verletzten PatientInnen oberste Priorität, wie die deutsche S1-Leitlinie für das Atemwegsmanagement ⁷ nach dem ABCDE-Schema dargelegt.
- d) Die Anlage eines Gefäßzugangs bei Neugeborenen, Kindern und Jugendlichen ist eine besondere Herausforderung, und die Aufrechterhaltung eines zuverlässigen Zugangs ist nicht immer gewährleistet ⁸⁻¹¹.

Um die Sicherheit der jungen PatientInnen zu erhöhen, müssen Beschäftigte in der präklinischen Versorgung über spezielle Kenntnisse verfügen ^{2,12}. Studien haben gezeigt, dass trotz der enormen Wichtigkeit einer genauen Überwachung und Medikation (Stichwort Medikamentensicherheit) bei pädiatrischen Notfällen die prähospitaler Versorgung von Kindern - insbesondere im Hinblick auf die Überwachung und klinische Einschätzung - im Vergleich zu Erwachsenen weniger häufig und umfassend ist ¹³.

In Studien zeigte sich, dass die präklinische Versorgung pädiatrischer PatientInnen eine umfangreichere Ausbildung erfordert als die von Erwachsenen ^{14,15}. Die Ressourcen für die pädiatrische Notfallversorgung, sowohl präklinisch als auch stationär, variieren erheblich und hängen von logistischen Faktoren, Infrastruktur und der Verfügbarkeit von Fachpersonal ab. Größere Krankenhäuser mit multidisziplinären Teams sind naturgemäß besser für die Behandlung pädiatrischer Polytraumafälle ausgestattet als kleinere Einrichtungen ¹⁶. Darüber hinaus erfordert eine wirksame prähospitaler Versorgung ebenfalls eine gute Triagierung, ob ein Kind auf die Kinderintensivstation aufgenommen werden muss ^{17,18}. Die Sicherstellung einer ordnungsgemäßen pädiatrischen Notfallversorgung hängt also auch von einer geeigneten Organisation und Ausrüstung ab ¹⁹.

Köln, eine Stadt mit 1,1 Millionen EinwohnerInnen und die viertgrößte Stadt Deutschlands, bietet einen günstigen Rahmen für diese Studie. Das Universitätsklinikum Köln ist in mehrere Bereiche unterteilt, wobei die allgemeine zentrale Notaufnahme in einem anderen Gebäude untergebracht ist als die pädiatrische Intensivstation (KITS). Die zentrale Notaufnahme hat darüber hinaus das MRT, CT, Röntgen und die OP-Säle im gleichen Gebäude, sodass ein polytraumatisierter PatientIn auch direkt die sogenannte Trauma-Spirale durchlaufen kann. Zudem befinden sich in diesem Gebäude auch die Unfallchirurgie, Anästhesie, Neurochirurgie, Allgemeinchirurgie, Thorax- und Herzchirurgie, Radiologie und Neuroradiologie ²⁰. Im Gebäude mit der Kinderintensivstation finden sich diese Fachdisziplinen und diagnostischen

Räume nicht, aber dafür die (Notfall-)PädiaterInnen mit ihrer Expertise. Diese Organisationsstruktur macht es erforderlich, dass RettungsassistentInnen und NotfallkoordinatorInnen im Voraus entscheiden, wohin ein kritisch krankes Kind primär aufgenommen und gebracht werden soll.

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, invasive Maßnahmen in der präklinischen pädiatrischen Notfallversorgung an einem Universitätskrankenhaus der Maximalversorgung zu bewerten und zu analysieren. Darüber hinaus wurden in dieser Arbeit der Schweregrad und die Verteilung der klinischen Zustände, die primären Versorgungspfade im Krankenhaus, die Ergebnisse der PatientInnen und die Qualität der medizinischen Dokumentation untersucht. Diese Arbeit zeigt den rettungsdienstlichen Umgang mit invasiven pädiatrischen Notfallverfahren sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie auf und bietet die Möglichkeit eines Vergleichs mit anderen Einrichtungen.

Für diese Studie liegt ein Ethikvotum der Uniklinik Köln vor (Antragsnummer: 20-1325).

3. Paper

Epidemiology of pediatric transport and first aid in a German municipal emergency medical services (EMS) System: A cohort study

Vorabveröffentlichung der Arbeit im Journal Emergency International Medicine 2025

Research Article

Epidemiology of Pediatric Transports and First Aid in a German Municipal Emergency Medical Services (EMS) System: A Cohort Study

Katharina Garrelfs,¹ Benjamin Kuehne¹, Jochen Hinkelbein^{2,†}, Ralf Blomeyer³,
and Frank Eifinger¹

¹Department of Pediatrics, Division of Neonatology and Pediatric Intensive Care,
Faculty of Medicine and University Hospital Cologne, University of Cologne, Cologne, Germany

²Department of Anesthesiology, Intensive Care Medicine, and Emergency Medicine, Johannes Wesling Klinikum Minden,
Ruhr University Bochum, Bochum, Germany

³Fire Department, Emergency Medical Service, Cologne, Germany

[†]Deceased

Correspondence should be addressed to Frank Eifinger; frank.eifinger1@uk-koeln.de

Received 6 October 2024; Accepted 24 March 2025

Academic Editor: Roberto Cirocchi

Copyright © 2025 Katharina Garrelfs et al. Emergency Medicine International published by John Wiley & Sons Ltd. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Background: Pediatric emergencies remain a significant challenge for emergency services. The study aimed to retrospectively analyze invasive measures and medication administered during prehospital care. The analysis focused on invasive procedures (e.g., tracheal intubation and vascular access) performed on pediatric patients (aged 1 month to 12 years) admitted via the Central Emergency Department (ED) or directly to the University Pediatric Intensive Care Unit (PICU) of the University Hospital of Cologne. These findings provide insights into quality assurance and improvement of prehospital care and invasive emergency techniques in pediatrics.

Methods: Emergency protocols were evaluated, including parameters such as the Glasgow Coma Scale (GCS) and National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) score. Patients were categorized based on diagnosis, medication administration, and invasive emergency techniques.

Results: A total of 373 patients were admitted to the ED, and 237 patients were admitted to the PICU between 01/2015 and 05/2020. Sedation was at similar in both groups, while catecholamines were more frequently used in the PICU group. Invasive procedures, such as tracheal intubation, were rare (PICU: 9.5%; ED: 5.8%; $p = 0.093$). Peripheral venous access was performed in 33.7% of PICU cases and 51.2% of ED cases, whereas central venous access was almost never performed. 19 children admitted to the PICU died compared to one in the ED ($p < 0.001$).

Conclusion: Invasive procedures are rarely performed during prehospital care for pediatric patients. Trauma cases predominated in the ED group (99.2%), whereas the PICU group exhibited greater diagnostic variability, including trauma and internal emergencies. This study identified significant gaps in medical documentation. Training for paramedics and emergency health workers should prioritize airway management, including supraglottic airway (SGA) devices, thoracic drainage, and vascular access techniques such as peripheral intravenous (PIV) and intraosseous (IO) access. Additionally, efforts to improve medical documentation should be emphasized to enhance pediatric emergency care.

1. Introduction

Pediatric emergencies continue to pose significant challenges for emergency services. Although techniques such as tracheal intubation and cardiopulmonary resuscitation (CPR) may resemble those used for adults, understanding the unique anatomical and physiological characteristics of children is essential for effective pediatric emergency management [1, 2]. Furthermore, the wide range of pediatric diseases and the additional complexity of managing communicative and emotional aspects make prehospital care even more challenging [3]. These factors can complicate critical rescue techniques such as tracheal intubation or other invasive procedures.

While all children were first treated by paramedics alone or EMS physicians (without further intensified training in pediatric patients), it is crucial to tailor interventions to the specific needs of pediatric patients [4]. Although the spectrum of emergencies in children may overlap with that of adults, the underlying causes often differ: According to Zwingmann et al. [5], children are particularly vulnerable as road users due to slower reaction times and lack of experience, which predispose them to more severe injuries [6]. While polytrauma is less frequent in children, their risk of life-threatening injuries from multiple traumas is significantly higher. Airway management remains the top priority for all injured patients, as outlined in the German S1 guideline for airway management [7], following the ABCDE scheme. However, establishing vascular access in neonates, children, and adolescents is particularly challenging, and maintaining reliable function is not always guaranteed [8–11].

To enhance the safety of the young patients, healthcare providers must adhere to safety principles and possess specialized knowledge [2, 12]. Despite the recognized importance of accurate monitoring and medication in pediatric emergencies, studies have shown that prehospital care for children—particularly in terms of monitoring and assessment—is less frequent and comprehensive compared to adults [13].

Research highlights that the prehospital management of pediatric patients requires more extensive training compared to adults [14, 15]. Resources for pediatric emergency care, both prehospital and in-hospital, vary significantly depending on logistical factors, infrastructure, and the availability of specialized staff [2]. Larger hospitals with multidisciplinary teams are better equipped to manage pediatric polytrauma cases compared to smaller facilities [16]. Furthermore, effective prehospital care requires early recognition of whether a child needs admission to the Pediatric Intensive Care Unit (PICU) [17, 18]. Ensuring proper pediatric emergency care depends on adequate organization, appropriate equipment, and correct medication [19].

Cologne, a city with 1.1 million inhabitants and the fourth largest city in Germany, presents a unique setting for this study. The University Hospital of Cologne is divided into multiple areas, with the general emergency department

(ED) located in a separate building from the PICU. This organizational structure necessitates that paramedics and emergency coordinators decide in advance where to transfer a critically ill child.

This retrospective study aimed to evaluate and analyze invasive measures in prehospital pediatric emergency care at a university hospital providing maximum care.

Additionally, the study assessed the severity and distribution of the clinical conditions, primary in-hospital care pathways, patients' outcomes, and the quality of medical documentation. This work highlights several strategies for ensuring the quality and reliability of invasive pediatric emergency procedures at this facility, with the potential for comparisons with other institutions.

2. Methods

2.1. Study Design and Setting. This retrospective cohort study was conducted at the University Hospital of Cologne. The study was approved by the local ethics committee of the medical faculty of the University of Cologne (no. 20-1325). This article follows the current Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) guidelines for reporting observational studies (Table S1 in the Supporting Appendix).

2.2. Selection of Participants. Individuals ≤ 12 years old who were admitted either via the shock room of the Central ED or directly to the PICU at the University Hospital of Cologne were eligible for this study (Figure 1). Neonates admitted from the delivery room or following neonatal resuscitation were excluded.

2.3. Measures/Outcomes. All study data were collected from patients' medical records and anonymized using the shock room register of the Central ED until discharge from the hospital. The primary outcome was the evaluation of invasive measures performed (e.g. tracheal intubation, types of vascular access, and thoracostomy) in pediatric patients admitted to the ED or the PICU via emergency services.

Further prescribed secondary outcomes included the type of emergency service utilized (paramedic, EMS physician, and EMS helicopter), the Glasgow Coma Scale (GCS) [20], and the National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) score [21]. Patients were further categorized based on diagnosis, medication administration, and the use of invasive emergency techniques, including oxygen therapy, tracheal intubation, peripheral venous access, intraosseous (IO) access, central venous access, arterial line placement, or thoracostomy. EMS physicians and/or paramedics performed all invasive procedures. Mortality and hospital length of stay (LOS) were also recorded. For the ED group, the subsequent location of care (intensive care unit, regular ward, or discharge home) was noted. The abbreviated injury scale (AIS) and the injury severity score (ISS) were also determined for the ED group.

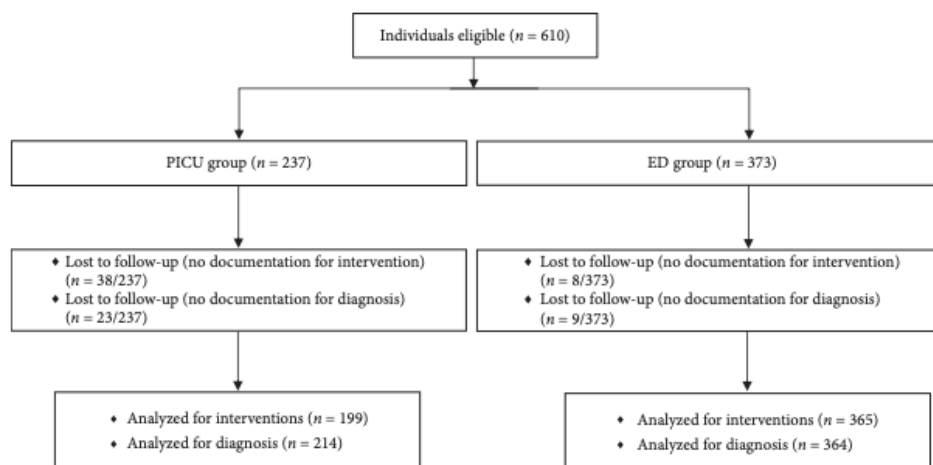


FIGURE 1: Flow diagram.

2.4. Statistical Analysis. Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics 29.0.0.0 (241) for MacOS Monterey, Version 12.7.2 (IBM Corp, New York, USA). Variables are presented as median (IQR), mean $\pm$ standard deviation, or absolute and relative frequencies. Differences between groups were compared using the Mann–Whitney U-test (ordinal outcomes) or the chi-square test (nominal outcomes). A two-sided p value < 0.05 was considered as statistically significant.

3. Results

A total of 610 individuals were retrospectively studied between January 2015 and June 2020; 237 individuals were admitted directly to the PICU, and 373 individuals were admitted to the ED. There were 108 (45.6%) females in the PICU, and 146 (39.1%) females in the ED patients, respectively. Patients in the PICU group were significantly younger with a median [IQR] age of 1.58 years [0.5–3.96], compared to a median age of 5.9 years [2.8–8.84] in the ED group ($p < 0.001$, Table 1, Figure 2).

Any invasive or noninvasive procedure was recorded in 92.4% of patients in the PICU group and in 73.4% of patients in the ED group, respectively ($p < 0.001$, Table 2).

The PICU group had a significantly higher incidence of GCS < 9 at admission compared to the ED group with 43.8% versus 5.7% ($p < 0.001$, Table 3). There were significantly more patients with NACA score VI in the PICU group compared to the ED group (12.9% vs. 0.4%, $p < 0.001$), while lower NACA scores of II–IV were significantly more common in the ED group (Table 4). Differences can be seen through all NACA scores; for example, in the PICU Group, 24.7% have a NACA score of III and 41.1% in the ED group. However, there are a large number of undocumented scores for the GCS (62.4% of the PICU and 14.7% of the ED patients) and the NACA (60.8% in the PICU group and 39.7% in the ED group).

Of the 373 children admitted to the ED, 99.2% were trauma patients, whereas a wide variety of pediatric emergencies were seen in the PICU (Table 5: neurological emergencies 30.4%, infections or sepsis 20.6%, and AB-problems 19.2%).

In both groups, more than half of the children receive no medication at all (Table 6: PICU: 65.7%; ED: 69.0%). Sedation and narcotics were administered in 28.8% of the PICU group and in 30.7% of the ED group ($p = 0.582$). Catecholamines were administered in 8.6% of the PICU patients and only 1.4% of the ED patients ($p < 0.001$).

Of the 237 patients admitted directly to the PICU, 19 died. Of the 373 patients admitted to the ED, 2 died during this period due to fatal injuries. The PICU patients had a variety of causes including hypoxemia ($n = 4$), infection/sepsis ($n = 5$), resuscitation ($n = 5$), and respiratory failure ($n = 5$). The two patients in the ED group suffered from fatal injuries. AIS scores less or equal to two were 90.1% (Table 7), and ISS scores below 16 were recorded in 89.3% of all ED patients (Table 8).

In addition, in the ED group, half of the patients initially admitted were discharged home (44.2%). A third (31.1%) of the patients were sent to the regular ward, and a few of this group were sent to the PICU (8.8%), operating room (8%), and IMC (2.1%). And we also found a group where the further treatment was not documented (2.7%). This is reflected by the LOS which shows a median [IQR] of 20.3 days [3–9] in the PICU group and 2 days [1–3] in the ED group, respectively (Table 9).

4. Discussion

In this 5-year retrospective cohort study of all pediatric patients admitted either via the ED shock room or directly to the PICU, we found that the majority of pediatric patients treated in the ED had a traumatic medical condition and were older, whereas patients admitted directly to the PICU

TABLE 1: Patient's characteristics.

	PICU group (n = 237)	ED group (n = 373)	p value
Sex			
• Male, no. (%)	129 (54.4)	227 (60.9)	0.117 ^b
• Female, no. (%)	108 (45.6)	146 (39.1)	0.117 ^b
Age, median [IQR], yrs	1.58 [0.5–3.96]	5.9 [2.8–8.84]	< 0.001 ^b
Transport			
• Not documented	56 (23.6)	4 (1.1)	< 0.001 ^a
• Paramedic alone, no. (%)	33 (18.2)	99 (26.8)	0.03 ^a
• Paramedic, emergency physician, no. (%)	100 (55.2)	221 (59.9)	0.351 ^a
• Paramedic, emergency physician, helicopter, no. (%)	3 (1.7)	43 (11.7)	< 0.001 ^a
• Other, no. (%)	44 (24.3)	7 (1.9)	< 0.001 ^a

Note: yrs = years.

Abbreviation: IQR = interquartile range.

^aPearson's Chi²-test.

^bMann-Whitney U-test.

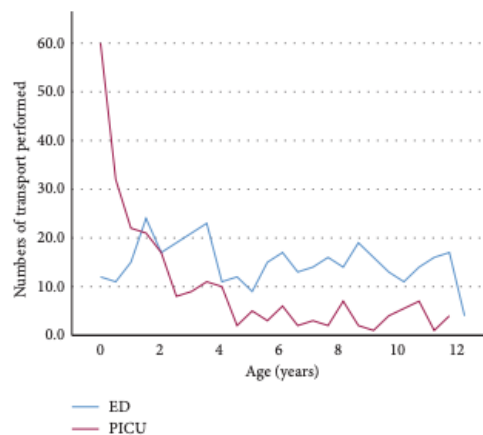


FIGURE 2: Age distribution of the children studied.

TABLE 2: Prehospital invasive procedures, multiple mentions possible.

Procedures	PICU group (n = 237)	ED group (n = 373)	p value
Not documented, no. (%)	38 (16)	8 (2.1)	< 0.001 ^a
No procedures, no. (%)	15 (7.5)	97 (26.6)	< 0.001 ^a
Oxygen, no. (%)	83 (41.7)	54 (14.8)	< 0.001 ^a
Tracheal intubation, no. (%)	19 (9.5)	21 (5.8)	0.093 ^a
Thoracic drainage, no. (%)	0	0	n.c.
Peripheral intravenous vascular access, no. (%)	67 (33.7)	187 (51.2)	< 0.001 ^a
Intraosseous vascular access, no. (%)	15 (7.5)	6 (1.6)	< 0.001 ^a
Central venous access, no. (%)	0	0	n.c.
Arterial line, no. (%)	0	0	n.c.

Abbreviation: n.c. = not calculable.

^aPearson's Chi²-test.

were significantly younger, significantly sicker with higher NACA and lower GCS scores, and had a broader spectrum of nontraumatic illnesses, including primarily neurologic, infectious, and respiratory emergencies.

While our study data suggest an over-triage of poly-traumatic patients who were scored in mean with the GCS 14 or above, patients admitted directly to the PICU were significantly under-triaged, as indicated by their substantially

TABLE 3: GCS at initial presentation.

GCS	PICU group (n = 237)	ED group (n = 373)	p value
Not documented, no. (%)	148 (62.4)	55 (14.7)	< 0.001 ^a
3–5, no. (%)	22 (24.7)	11 (3.5)	< 0.001 ^a
6–8, no. (%)	17 (19.1)	7 (2.2)	< 0.001 ^a
< 9, no. (%)	39 (43.8)	18 (5.7)	< 0.001 ^a
9–13, no. (%)	23 (25.8)	31 (9.7)	< 0.001 ^a
14–15, no. (%)	27 (30.3)	273 (85.8)	< 0.001 ^a

Abbreviation: GCS = Glasgow coma scale.

^aPearson's Chi²-test.

TABLE 4: NACA score at admission.

NACA score	PICU group (n = 237)	ER group (n = 373)	p value
Not documented, no. (%)	144 (60.8)	149 (39.7)	< 0.001 ^a
I, no. (%)	0	1 (0.4)	0.519 ^a
II, no. (%)	4 (4.3)	26 (11.6)	0.043 ^a
III, no. (%)	23 (24.7)	92 (41.1)	0.006 ^a
IV, no. (%)	34 (36.6)	91 (40.6)	0.5 ^a
V, no. (%)	19 (20.4)	13 (5.8)	< 0.001 ^a
VI, no. (%)	12 (12.9)	1 (0.4)	< 0.001 ^a
VII, no. (%)	1 (1.1)	0	0.12 ^a

^aPearson's Chi²-test.

TABLE 5: Diagnoses of the patients.

Diagnoses	PICU (n = 237)	ED (n = 373)	p value
Not documented, no. (%)	23 (9.7)	9 (2.4)	< 0.001 ^a
Trauma, no. (%)	13 (6.1)	361 (99.2)	< 0.001 ^a
Neurological emergencies, no. (%)	65 (30.4)	3 (0.8)	< 0.001 ^a
Infection/sepsis, no. (%)	44 (20.6)	0	< 0.001 ^a
AB-problems, no. (%)	41 (19.2)	0	< 0.001 ^a
Intoxication, no. (%)	2 (0.9)	0	0.065 ^a
Cardiovascular emergencies, no. (%)	17 (7.8)	0	< 0.001 ^a
Internal emergencies, no. (%)	5 (2.3)	0	0.003 ^a
Infant emergencies, no. (%)	11 (5.1)	0	< 0.001 ^a
Metabolically emergencies, no. (%)	9 (4.2)	0	< 0.001 ^a
Others, no. (%)	7 (3.3)	0	< 0.001 ^a

Abbreviation: AB = airway breathing.

^aPearson's Chi²-test.

TABLE 6: Medication, multiple mentions possible.

Medication (multiple mentions possible)	PICU (n = 237)	ED (n = 373)	p value
Not documented, no. (%)	39 (16.5)	15 (4)	< 0.001 ^a
No medication, no. (%)	130 (65.7)	247 (69)	0.334 ^a
Sedation and narcotics, no. (%)	57 (28.8)	110 (30.7)	0.582 ^a
Catecholamines, no. (%)	17 (8.6)	5 (1.4)	< 0.001 ^a
Antiepileptic drugs/psychotropic drugs, no. (%)	5 (2.5)	2 (0.6)	0.048 ^a
Antipyretics, no. (%)	0	0	n.c.
Others, no. (%)	6 (3)	6 (1.7)	0.301 ^a

Note: Sedation and narcotics: midazolam, lorazepam, diazepam, fentanyl, sufentanyl, piritramide, morphine, chloral hydrate, ketamine, propofol, thiopental, and etomidate. Catecholamines: acrine, atropine, arterenol, adrenaline, and milrinone. Antiepileptic drugs/psychotropic drugs: Haloperidol, ethosuximide, phenobarbital, levetiracetam, and valproic acid. Antipyretics: metamizole and acetaminophen. Others: succinylcholine, atracurium, rocuronium, ipratropium bromide, amiodarone, and ilomedin.

Abbreviation: n.c. = not calculable.

^aPearson's Chi²-test.

TABLE 7: AIS head score.

AIS head score	ER group (n = 373)
Not documented, no. (%)	1 (0.3)
0 (no injury), no. (%)	270 (72.4)
I (moderate), no. (%)	46 (12.3)
II (minor), no. (%)	20 (5.4)
III (serious), no. (%)	18 (4.8)
IV (severe), no. (%)	13 (3.5)
V (critical), no. (%)	3 (0.8)
VI (fatal), no. (%)	2 (0.5)

Abbreviation: AIS = abbreviated injury scale.

TABLE 8: ISS.

ISS (score)	ER group (n = 373)
Not documented, no. (%)	2
0, no. (%)	20
1, no. (%)	16
2, no. (%)	26
3, no. (%)	22
4, no. (%)	120
5, no. (%)	62
6, no. (%)	12
8, no. (%)	28
9, no. (%)	18
10, no. (%)	2
13, no. (%)	7
16, no. (%)	2
17, no. (%)	1
18, no. (%)	4
20, no. (%)	1
22, no. (%)	5
25, no. (%)	7
27, no. (%)	4
29, no. (%)	1
34, no. (%)	5
41, no. (%)	2
50, no. (%)	1
66, no. (%)	3
75, no. (%)	2

Abbreviation: ISS = injury severity score.

lower GCS. The GCS and the NACA score have been used to assess the severity of consciousness and trauma. There is an ongoing debate about the reliability of the GCS score in pediatric populations, particularly given developmental differences in children that may affect their ability to communicate or interact during scoring [22, 23]. Some researchers argue that an age-adjusted GCS score might provide greater accuracy in identifying low- or high-risk children requiring tailored treatments [24]. Notably, the NACA score has demonstrated a stronger correlation with mortality prediction in pediatric trauma cases than the GCS [24].

The modified GCS score may significantly impact outcomes for children admitted to the PICU. One critical objective of utilizing scoring systems such as the NACA and GCS is to guide decisions regarding airway management, including whether tracheal intubation is necessary.

In our study, however, only a small proportion of children underwent prehospital tracheal intubation, a finding consistent with a recent national survey of pediatric emergencies in helicopter emergency services [25]. The relatively low frequency of pediatric prehospital tracheal intubation underscores the necessity for emergency teams to be competent in pediatric airway management. Failure rates for prehospital tracheal intubation in children have been reported to be up to 3.5 times higher than in adults [26, 27]. Therefore, ongoing training in tracheal intubation techniques, including the use of supraglottic airway (SGA) devices, is critical to improve outcomes.

Prehospital invasive procedures, such as central venous catheter (CVC) insertion ($n=0$), IO vascular access ($n=21$), or thoracic drainage ($n=0$), were rare in our study population. In contrast, peripheral intravenous (PIV) vascular access was documented in only 33.7% of PICU patients and 51.2% of ED patients, despite their potentially high risk of morbidity and need for medical intervention. This low rate of PIV access is noteworthy and may reflect difficulties in establishing vascular access in pediatric patients. Myers et al. [28] report that prehospital PIV vascular access is uncommon in children, with success rates strongly correlated to the patient age. Although PIV attempts were not documented in our dataset, it is possible that unsuccessful attempts were made in a larger number of patients.

IO vascular access ($n=21$; 3.7%) is a well-documented alternative to PIV in pediatric emergencies, particularly when PIV cannot be established properly [29, 30]. Although IO access is described as a reliable and potentially life-saving technique [31], its usage remains limited in pediatric settings [32, 33]. In our cohort, IO was performed in only 7.5% of PICU patients and 1.6% of ED patients, highlighting the need for more widespread adoption of this technique in emergencies. A potential contributing factor may be the limited availability of appropriate IO devices for infants and neonates, as noted by Fuchs et al. [10]. However, high failure rates of > 50% for IO access in pediatric prehospital emergencies, as reported by Harcke et al. [34], may also deter its use. In cases where IO access is challenging, intrabuccal or intranasal medication administration could serve as viable alternatives [35].

Another striking finding in our study was that 65.7% of PICU patients and 69.0% of ED patients received no medical treatment. On the one hand, this could reflect the over-triage of polytraumatized patients in the ED group. On the other hand, the low use of medical treatment in the PICU group, despite the prevalence of infections and cardiovascular and respiratory conditions, is unexpected. This finding aligns with prior reports indicating that prehospital pediatric emergencies are rarely life-threatening and thus often do not necessitate extensive pharmacological intervention [36].

Additionally, pain assessment and management appear to be underemphasized in pediatric trauma care. Prior studies have shown low rates of pain score documentation and opioid administration in injured children [35, 37]. The low frequency of medical interventions in our cohort may therefore reflect challenges in vascular access, insufficient

TABLE 9: Hospital length of stay.

Hospital length of stay (LOS)	PICU group (n = 237)	ED group (n = 373)	p value
LOS, median [IQR], d	20.3 [3–9]	2 [1–3]	< 0.001 ^a

Abbreviations: d = days, IQR = interquartile range.

^aMann–Whitney U-test.

pain assessment, or under-treatment of other manageable conditions.

5. Limitations

Our study has several limitations. First, this was a single-center study conducted in a facility with a challenging infrastructure: the ED and the PICU are located in two separate buildings. The ED is equipped with advanced medical imaging capabilities (CT and MRI) and provides access to operating rooms with various surgical specialties, whereas the PICU building lacks these resources. As a result, most trauma patients, regardless of severity, are initially admitted to the ED, while nontrauma patients are more often admitted directly to the PICU. This workflow discrepancy may explain why the overall outcomes in the ED group are favorable, as reflected by higher GCS scores compared to the PICU group.

A second limitation of our study is the lack of a specialized department for burn injuries in our hospital, which necessitated the direct transfer of burn patients to another specialized center. Another important limitation is the incomplete or inconsistent medical documentation, which is a well-documented issue in pediatric emergency care [38], particularly in neonates and infants [39]. Although the implementation of MIND 4.0 documentation standards has been required for years by the German Interdisciplinary Association for Intensive and Emergency Medicine (DIVI) [40, 41], compliance has been inconsistent. It remains unclear whether vital signs and pain scores were recorded but not documented or if they were not assessed at all. This documentation gap could partly explain the observed low rates of medical treatment.

Furthermore, prehospital documentation in our region and much of Germany remains largely paper-based and hand-written [42], which may hinder the completeness and accuracy of records. The digitization of medical documentation, as suggested in other studies, could enhance the quality of record-keeping, improve process efficiency, and provide more reliable data for future research [43].

While the limitations described above may introduce bias into our results, they also restrict the generalizability of our findings to other settings.

6. Conclusion

To summarize, life-threatening pediatric emergencies are relatively rare events [44]. The wide variety of diseases or injuries underscores the challenges faced by paramedical teams in responding appropriately to these situations. Given

that invasive procedures such as CVCs or arterial lines are infrequently performed, training programs for paramedics and emergency health workers should prioritize core competencies such as pediatric airway management, including chest tube placement, the use of SGA devices and tracheal intubation, and PIV and IO vascular access techniques. In addition, enhancing the quality and completeness of medical documentation should be a key focus in the management of pediatric emergencies [45–47]. Poor documentation not only impacts clinical care but also limits the potential for research and quality improvement in this field. Further studies are needed to address this critical issue and to optimize the management of pediatric emergencies in both prehospital and hospital settings.

Data Availability Statement

All data analyzed during this study are included in this published article. Data and materials are accessible and can be shared when necessary.

Disclosure

Parts of this manuscript were presented [48] at the “Conference of the 49th Annual Meeting of the Society for Neonatology and Pediatric Intensive Care Medicine (GNPI), Hamburg, Germany, 2023.”

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors. Open access funding was enabled and organized by Projekt DEAL.

Acknowledgments

We thank Ms. Marguerite Kobs for editing language.

This article is dedicated to Prof. Dr. J. Hinkelbein (1974–2025) from his colleagues and friends.

Supporting Information

Additional supporting information can be found online in the Supporting Information section. (*Supporting Information*)

STROBE-checklist.

References

- [1] H. Jakob, T. Lustenberger, D. Schneidmuller, A. L. Sander, F. Walcher, and I. Marzi, "Pediatric Polytrauma Management," *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 36, no. 4 (2010): 325–338, <https://doi.org/10.1007/s00068-010-1125-3>.
- [2] K. Remick, M. Gausche-Hill, M. M. Joseph, et al., "Pediatric Readiness in the Emergency Department," *Annals of Emergency Medicine* 72, no. 6 (2018): e123–e36, <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2018.08.431>.
- [3] J. Meyburg, M. Bernhard, G. F. Hoffmann, and J. Motsch, "Principles of Pediatric Emergency Care," *Dtsch Arztebl Int* 106, no. 45 (2009): 739–747, <https://doi.org/10.3238/arztebl.2009.0739>.
- [4] J. Easter and F. Petruzella, "Updates in Pediatric Emergency Medicine for 2021," *The American Journal of Emergency Medicine* 56 (2022): 244–253, <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2022.02.019>.
- [5] J. Zwingmann, H. Schmal, N. P. Südkamp, and P. C. Strohm, "Injury Severity and Localisation of Polytraumatised Children Compared to Adults and Their Significance for Shock Room Management," *Georg Thieme Verlag* 133, no. 1 (2008): 68–75, <https://doi.org/10.1055/s-2008-1004661>.
- [6] H. W. S. Laurer, H. Wyen, J. Westhoff, M. Lehnert, R. Lefering, and I. Marzi, "Quality of Prehospital and Early Clinical Care of Pediatric Trauma Patients of School Age Compared to an Adult Cohort. A Matched-Pair Analysis of 624 Patients From the DGU Trauma Registry," *Unfallchirurg* 112 (2009): 771–777.
- [7] T. Piepho, E. Cavus, R. Noppens, et al., "[S1 Guidelines on Airway Management]," *Anaesthesist* 64, no. 11 (2015): 859–873, <https://doi.org/10.1007/s00101-015-0087-6>.
- [8] D. Maxien, S. Wirth, O. Peschel, et al., "Intraosseous Needles in Pediatric Cadavers: Rate of Malposition," *Resuscitation* 145 (2019): 1–7, <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2019.09.028>.
- [9] F. Eifinger, M. Scaal, L. Wehrle, S. Maushake, Z. Fuchs, and F. Koerber, "Finding Alternative Sites for Intraosseous Infusions in Newborns," *Resuscitation* 163 (2021): 57–63, <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.04.004>.
- [10] Z. Fuchs, M. Scaal, H. Haverkamp, F. Koerber, T. Persigehl, and F. Eifinger, "Anatomical Investigations on Intraosseous Access in Stillborns-Comparison of Different Devices and Techniques," *Resuscitation* 127 (2018): 79–82, <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2018.04.003>.
- [11] S. U. Lee, J. Y. Jung, E. M. Ham, et al., "Factors Associated With Difficult Intravenous Access in the Pediatric Emergency Department," *The Journal of Vascular Access* 21, no. 2 (2020): 180–185, <https://doi.org/10.1177/1129729819865709>.
- [12] M. M. Joseph, P. Mahajan, S. K. Snow, B. C. Ku, and M. Saidinejad, "Optimizing Pediatric Patient Safety in the Emergency Care Setting," *Journal of Emergency Nursing* 48, no. 6 (2022): 652–665, <https://doi.org/10.1016/j.jen.2022.08.010>.
- [13] A. Vetschera, V. Beliveau, K. Esswein, et al., "Preclinical Pediatric Care by Emergency Physicians: A Comparison of Trauma and Nontrauma Patients in a Population-Based Study in Austria," *Pediatric Emergency Care* 38, no. 7 (2022): e1384–e90, <https://doi.org/10.1097/PEC.0000000000002759>.
- [14] S. A. Brown, T. C. Hayden, K. A. Randell, L. Rappaport, M. D. Stevenson, and I. K. Kim, "Improving Pediatric Education for Emergency Medical Services Providers: A Qualitative Study," *Prehospital and Disaster Medicine* 32, no. 1 (2017): 20–26, <https://doi.org/10.1017/S1049023X16001230>.
- [15] S. Ramgopal, J. Elmer, J. Escajeda, and C. Martin-Gill, "Differences in Prehospital Patient Assessments for Pediatric Versus Adult Patients," *Journal of Pediatrics* 199 (2018): 200–205 e6, <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.03.069>.
- [16] M. Reichert, M. Sartelli, I. H. Askevold, et al., "Pediatric Trauma and Emergency Surgery: An International Cross-Sectional Survey Among WSES Members," *World Journal of Emergency Surgery* 18, no. 1 (2023): 6, <https://doi.org/10.1186/s13017-022-00473-5>.
- [17] A. Haque, N. R. Siddiqui, S. K. Jafri, M. Hoda, S. Bano, and A. Mian, "Clinical Profiles and Outcomes of Children Admitted to the Pediatric Intensive Care Unit From the Emergency Department," *Journal of College of Physicians and Surgeons Pakistan* 25, no. 4 (2015): 301–303.
- [18] F. O. Odetola, A. L. Rosenberg, M. M. Davis, S. J. Clark, R. E. Dechert, and T. P. Shanley, "Do Outcomes Vary According to the Source of Admission to the Pediatric Intensive Care Unit?" *Pediatric Critical Care Medicine* 9, no. 1 (2008): 20–25, <https://doi.org/10.1097/01.PCC.0000298642.11872.29>.
- [19] K. Remick, T. Gross, K. Adelgais, M. I. Shah, J. C. Leonard, and M. Gausche-Hill, "Resource Document: Coordination of Pediatric Emergency Care in EMS Systems," *Prehospital Emergency Care* 21, no. 3 (2017): 399–407, <https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1258097>.
- [20] S. Jain and L. M. Iverson, in *Glasgow Coma Scale* (StatPearls Publishing LLC, 2023).
- [21] F. Dami, V. Darioli, and M. Pasquier, "Association Between the NACA Score and Clinical Outcomes," *The American Journal of Emergency Medicine* 38, no. 8 (2020): 1692–1693, <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.01.021>.
- [22] F. Hoffmann, M. Schmalhofer, M. Lehner, S. Zimatschek, V. Grote, and K. Reiter, "Comparison of the AVPU Scale and the Pediatric GCS in Prehospital Setting," *Prehospital Emergency Care* 20, no. 4 (2016): 493–498, <https://doi.org/10.3109/10903127.2016.1139216>.
- [23] S. R. DiBrito, M. Cerullo, S. D. Goldstein, S. Ziegfeld, D. Stewart, and I. W. Nasr, "Reliability of Glasgow Coma Score in Pediatric Trauma Patients," *Journal of Pediatric Surgery* 53, no. 9 (2018): 1789–1794, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.12.027>.
- [24] D. S. Wendling-Keim, A. Hefele, O. Muensterer, and M. Lehner, "Trauma Scores and Their Prognostic Value for the Outcome Following Pediatric Polytrauma," *Front Pediatr* 9 (2021): 721585, <https://doi.org/10.3389/fped.2021.721585>.
- [25] S. Mockler, C. Metelmann, B. Metelmann, and K. C. Thies, "Prevalence and Severity of Pediatric Emergencies in a German Helicopter Emergency Service: Implications for Training and Service Configuration," *European Journal of Pediatrics* 182, no. 11 (2023): 5057–5065, <https://doi.org/10.1007/s00431-023-05178-8>.
- [26] J. J. Rodriguez, L. F. Higuaita-Gutierrez, E. A. Carrillo Garcia, E. Castano Betancur, M. Luna Londono, and S. Restrepo Vargas, "Meta-Analysis of Failure of Prehospital Endotracheal Intubation in Pediatric Patients," *Emergency Medicine International* 2020 (2020): 7012508, <https://doi.org/10.1155/2020/7012508>.
- [27] S. J. Stratton, "Prehospital Pediatric Endotracheal Intubation," *Prehospital and Disaster Medicine* 27, no. 1 (2012): 1–2, <https://doi.org/10.1017/S1049023X12000404>.
- [28] L. A. Myers, G. M. Arteaga, L. J. Kolb, C. M. Lohse, and C. S. Russi, "Prehospital Peripheral Intravenous Vascular Access Success Rates in Children," *Prehospital Emergency Care* 17, no. 4 (2013): 425–428, <https://doi.org/10.3109/10903127.2013.818180>.

- [29] E. Schwindt, D. Pfeiffer, D. Gomes, et al., "Intraosseous Access in Neonates is Feasible and Safe-An Analysis of a Prospective Nationwide Surveillance Study in Germany," *Front Pediatr* 10 (2022): 952632, <https://doi.org/10.3389/fped.2022.952632>.
- [30] N. Kikodze, K. Nemsadze, G. Togonidze, and I. Nadareishvili, "Use of Intraosseous Access in Pediatric Emergency Care in Georgia," *Georgian Medical News* 299 (2020): 33–38.
- [31] K. Reuter-Rice, D. Patrick, E. Kantor, C. Nolin, and J. Foley, "Characteristics of Children Who Undergo Intraosseous Needle Placement," *Advanced Emergency Nursing Journal* 37, no. 4 (2015): 301–307, <https://doi.org/10.1097/TME.0000000000000077>.
- [32] A. Ting, K. Smith, C. L. Wilson, F. E. Babl, and S. M. Hopper, "Pre-Hospital Intraosseous Use in Children: Indications and Success Rate," *Emergency Medicine Australasia* 34, no. 1 (2022): 120–121, <https://doi.org/10.1111/1742-6723.13886>.
- [33] P. C. Drayna, L. R. Browne, C. E. Guse, D. C. Brousseau, and E. B. Lerner, "Prehospital Pediatric Care: Opportunities for Training, Treatment, and Research," *Prehospital Emergency Care* 19, no. 3 (2015): 441–447, <https://doi.org/10.3109/10903127.2014.995850>.
- [34] H. T. Harcke, R. N. Curtin, M. P. Harty, et al., "Tibial Intraosseous Insertion in Pediatric Emergency Care: A Review Based Upon Postmortem Computed Tomography," *Prehospital Emergency Care* 24, no. 5 (2020): 665–671, <https://doi.org/10.1080/10903127.2019.1698682>.
- [35] L. R. Browne, M. I. Shah, J. R. Studnek, et al., "Multicenter Evaluation of Prehospital Opioid Pain Management in Injured Children," *Prehospital Emergency Care* 20, no. 6 (2016): 759–767, <https://doi.org/10.1080/10903127.2016.1194931>.
- [36] L. Houtekie, P. Meert, F. Thys, V. Guy-Viterbo, and S. Clement de Cleyt, "Prehospital Paediatric Emergencies in Belgium: An Epidemiologic Study," *European Journal of Emergency Medicine* 22, no. 2 (2015): 107–110, <https://doi.org/10.1097/MEJ.0000000000000116>.
- [37] L. R. Browne, J. R. Studnek, M. I. Shah, D. C. Brousseau, C. E. Guse, and E. B. Lerner, "Prehospital Opioid Administration in the Emergency Care of Injured Children," *Prehospital Emergency Care* 20, no. 1 (2016): 59–65, <https://doi.org/10.3109/10903127.2015.1056897>.
- [38] E. Izsak, J. L. Moore, K. Stringfellow, M. F. Oswanski, D. A. Lindstrom, and H. A. Stombaugh, "Prehospital Pain Assessment in Pediatric Trauma," *Prehospital Emergency Care* 12, no. 2 (2008): 182–186, <https://doi.org/10.1080/10903120801907471>.
- [39] A. Cerccone, S. Ramgopal, and C. Martin-Gill, "Completeness of Pediatric Versus Adult Patient Assessment Documentation in the National Emergency Medical Services Information System," *Prehospital Emergency Care* 28, no. 2 (2024): 243–252, <https://doi.org/10.1080/10903127.2023.2178563>.
- [40] M. Messelken, "STea: Der Minimale Notarzt Datensatz MIND3," *Der Notarzt* 27 (2011): 197–202.
- [41] P. S. Das Neue, "DIVI-Notfall-Protokoll," *Der Notarzt* 27 (2011): 195–196.
- [42] C. Mollenhoff, P. A. Eder, A. Rashid, C. Mollenhoff, I. Romer, and B. Franczyk, "[Digital Systems to Support Emergency Medical Service: A Germany-Wide Cross-Sectional Survey on Current Availability, Utilization and Existing Challenges]," *Anaesthesiologie* 71, no. 7 (2022): 518–525, <https://doi.org/10.1007/s00101-021-01085-5>.
- [43] T. Piani, L. Boccolato, G. Ruzza, et al., "Prehospital Emergency Medical Services: Paper Versus Technology," *Dimensions of Critical Care Nursing* 40, no. 2 (2021): 125–128, <https://doi.org/10.1097/DCC.0000000000000459>.
- [44] S. Meyer, U. Grundmann, J. Reinert, and L. Gortner, "[Specific Aspects of Pediatric Emergencies in the Prehospital Setting]," *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin* 111, no. 1 (2016): 65–77, <https://doi.org/10.1007/s00063-015-0113-0>.
- [45] H. Hewes, S. Hunsaker, M. Christensen, J. Whitney, T. Dalrymple, and P. Taillac, "Documentation of Pediatric Vital Signs by EMS Providers Over Time," *Journal of Pediatric Surgery* 51, no. 2 (2016): 329–332, <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.001>.
- [46] I. A. Barata, L. S. Benjamin, S. E. Mace, M. I. Herman, and R. D. Goldman, "Pediatric Patient Safety in the Prehospital/Emergency Department Setting," *Pediatric Emergency Care* 23, no. 6 (2007): 412–418, <https://doi.org/10.1097/01.pec.0000278393.32752.9f>.
- [47] J. H. Wnorowska, V. Naik, S. Ramgopal, K. Watkins, and J. A. Hoffmann, "Characteristics of Pediatric Behavioral Health Emergencies in the Prehospital Setting," *Academic Emergency Medicine* 31, no. 2 (2024): 129–139, <https://doi.org/10.1111/acem.14833>.
- [48] F. Eiffinger, K. Garrelfs, J. Hinkelbein, and R. Blomeyer, *Geburtshilfe Neonatol* 227, no. 3 (2023): e26.

4. Ergebnisse

Insgesamt wurden 610 PatientInnen zwischen Januar 2015 und Juni 2020 retrospektiv untersucht; 237 PatientInnen wurden direkt auf der Kinderintensivstation (KITS) und 373 PatientInnen auf der zentralen Notaufnahme (ZNA) aufgenommen. Wie im Ethikvotum (Antragsnummer: 20-1325) genehmigt, wurden die PatientInnen wie folgt erfasst:

Die Datenerhebung erfolgte anonymisiert über das Schockraumregister der ZNA. Hierbei wurden der erste Buchstabe von jeweils dem Vor- und Nachnamen der PatientInnen, sowie das Geburtsjahr genutzt, um die Daten zu anonymisieren. 108 (45,6 %) der PatientInnen auf der KITS und 146 (39,1 %) der PatientInnen in der zentralen Notaufnahme waren weiblich.

Die PatientInnen der KITS-Gruppe waren mit einem medianen [IQR] Alter von 1,58 Jahren [0,5 – 3,96] deutlich jünger als die der ZNA-Gruppe mit einem medianen Alter von 5,9 Jahren [2,8 – 8,84] ($p < 0,001$, Tabelle 1, Abbildung 1).

	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
Geschlecht			
• Männlich, Nr. (%)	129 (54,4)	227 (60,9)	0,117 ^b
• Weiblich Nr. (%)	108 (45,6)	146 (39,1)	0,117 ^b
Alter, Median [IQR], Jahre	1,58 [0,5 – 3,96]	5,9 [2,8 – 8,84]	< 0,001 ^b
Transport			
• nicht dokumentiert, Nr. (%)	89 (37,6)	4 (1,1)	< 0,001 ^a
• RTW alleine, Nr. (%)	0	99 (26,8)	
• RTW + NotarztIn, Nr. (%)	100 (67,6)	221 (59,9)	
• RTW + NotarztIn + Rettungshubschrauber, Nr. (%)	3 (2)	43 (11,7)	
• Andere, Nr. (%)	44 (29,7)	7 (1,9)	

Tabelle 1. Merkmale der PatientInnen.

IQR = Interquartilsabstand; a = Pearson's χ^2 -Test; b = Mann-Whitney-U-Test

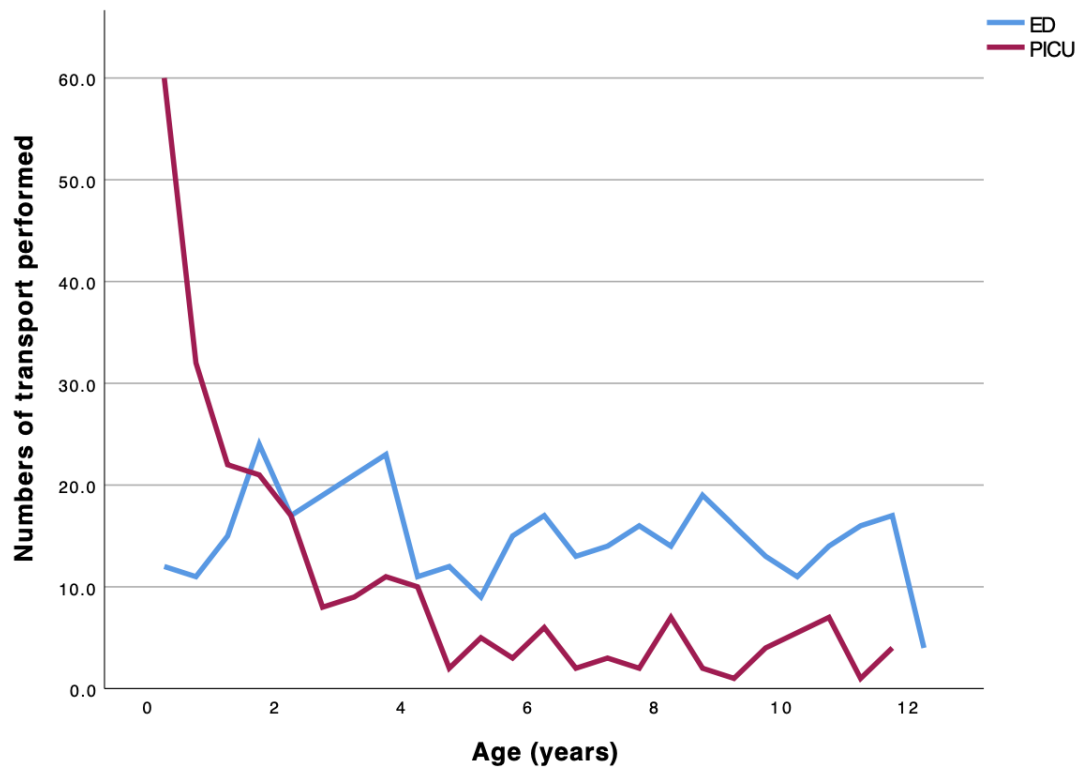


Abbildung 1. Häufigkeitsverteilung des Alters

PICU = pediatric intensive care unit, entspricht KITS; ED = emergency department, entspricht ZNA; age (years) = Alter (Jahre)

Ein invasives oder nicht-invasives Verfahren wurde bei 92,4 % der PatientInnen in der KITS-Gruppe bzw. bei 73,4 % der PatientInnen in der ZNA-Gruppe durchgeführt ($p < 0.001$, Tabelle 2).

Prozeduren	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
nicht dokumentiert, Nr. (%)	38 (16)	8 (2,1)	< 0,001 ^a
keine Prozeduren, Nr. (%)	15 (7,5)	97 (26,6)	< 0,001 ^a
Sauerstoffgabe, Nr. (%)	83 (41,7)	54 (14,8)	< 0,001 ^a
Intubation, Nr. (%)	19 (9,5)	21 (5,8)	0,093 ^a
Thoraxdrainage, Nr. (%)	0	0	n.c.
peripherer intravenöser Zugang, Nr. (%)	67 (33,7)	187 (51,2)	< 0,001 ^a
intraossärer Zugang, Nr. (%)	15 (7,5)	6 (1,6)	< 0,001 ^a
zentralvenöser Zugang, Nr. (%)	0	0	n.c.
Arterie, Nr. (%)	0	0	n.c.

Tabelle 2. Präklinische invasive Maßnahmen, Mehrfachnennungen möglich.

n.c. = nicht kalkulierbar; a = Pearson's χ^2 -Test

In der KITS-Gruppe war die Inzidenz von GCS < 9 bei der Aufnahme signifikant höher als in der ZNA-Gruppe (43,8 % vs. 5,7 %, $p < 0,001$, Tabelle 3). In der KITS-Gruppe gab es signifikant mehr PatientInnen mit NACA-Score VI als in der ZNA-Gruppe (12,9 % vs. 0,4 %, $p < 0,001$), während niedrigere NACA-Scores von II - IV in der ZNA-Gruppe signifikant häufiger vorkamen (Tabelle 4). Unterschiede ließen sich über alle NACA-Scores erkennen, z.B. hatten in der KITS-Gruppe 24,7 % einen NACA-Score von III und 41,1 % in der ZNA-Gruppe. Allerdings gab es eine große Anzahl nicht dokumentierter Scores für GCS (62,4 % der KITS- und 14,7 % der ZNA-PatientInnen) und NACA (60,8 % in der KITS-Gruppe und 39,7 % in der ZNA-Gruppe).

GCS	KITS-Gruppe	ZNA-Gruppe	p-Wert
-----	-------------	------------	--------

	(n = 237)	(n = 373)	
nicht dokumentiert, Nr. (%)	148 (62,4)	55 (14,7)	< 0,001 ^a
3-5, Nr. (%)	22 (24,7)	11 (3,5)	< 0,001 ^a
6-8, Nr. (%)	17 (19,1)	7 (2,2)	< 0,001 ^a
< 9, Nr. (%)	39 (43,8)	18 (5,7)	< 0,001 ^a
9-13, Nr. (%)	23 (25,8)	31 (9,7)	< 0,001 ^a
14-15, Nr. (%)	27 (30,3)	273 (85,8)	< 0,001 ^a

Tabelle 3. GCS initial.

GCS = Glasgow Coma Score; a = Pearson's χ^2 -Test

NACA	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
nicht dokumentiert, Nr. (%)	144 (60,8)	149 (39,7)	< 0,001 ^a
I, Nr. (%)	0	1 (0,4)	0,519 ^a
II, Nr. (%)	4 (4,3)	26 (11,6)	0,043 ^a
III, Nr. (%)	23 (24,7)	92 (41,1)	0,006 ^a
IV, Nr. (%)	34 (36,6)	91 (40,6)	0,5 ^a
V, Nr. (%)	19 (20,4)	13 (5,8)	< 0,001 ^a
VI, Nr. (%)	12 (12,9)	1 (0,4)	< 0,001 ^a
VII, Nr. (%)	1 (1,1)	0	0,12 ^a

Tabelle 4. NACA-Score initial.

a = Pearson's χ^2 -Test

Von den 373 Kindern, die in die zentrale Notaufnahme eingeliefert wurden, waren 99,2 % TraumapatientInnen, während auf der KITS eine Vielzahl unterschiedlicher pädiatrischer Notfälle zu verzeichnen waren (Tabelle 5), davon:

- a) Neurologische Notfälle (z.B. Status epilepticus): 30,4 %, z.B.
- b) Infektionen und/oder Sepsis: 20,6 % und
- c) AB-Probleme (Luftnot, nichtinfektiöse Atemwegsprobleme): 19,2 %.

Darüber hinaus gab es kardio-vaskuläre und internistische (z.B. kritische gastroenterologische und nephrologische) Notfälle, Intoxikationen sowie neonatale und metabolische Notfälle (Tabelle 5).

Diagnosen	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
nicht dokumentiert, Nr. (%)	23 (9,7)	9 (2,4)	< 0,001 ^a
Trauma, Nr. (%)	13 (6,1)	361 (99,2)	< 0,001 ^a
neurologische Notfälle, Nr. (%)	65 (30,4)	3 (0,8)	< 0,001 ^a
Infektion/Sepsis, Nr. (%)	44 (20,6)	0	< 0,001 ^a
AB-Probleme, Nr. (%)	41 (19,2)	0	< 0,001 ^a
Intoxikation, Nr. (%)	2 (0,9)	0	0,065 ^a
kardiovaskuläre Notfälle, Nr. (%)	17 (7,8)	0	< 0,001 ^a
internistische Notfälle, Nr. (%)	5 (2,3)	0	0,003 ^a
Neugeborenennotfälle, Nr. (%)	11 (5,1)	0	< 0,001 ^a
metabolische Notfälle, Nr. (%)	9 (4,2)	0	< 0,001 ^a
Andere, Nr. (%)	7 (3,3)	0	< 0,001 ^a

Tabelle 1. Diagnosen der PatientInnen.

AB = airway-breathing. a = Pearson's *Chi*²-Test

In beiden Gruppen erhielten mehr als die Hälfte der Kinder keine Medikamente (Tabelle 6: KITS: 65,7 %; ZNA: 69,0 %). Sedierung und Narkotika wurden in 28,8 % der KITS-Gruppe und in 30,7 % der ZNA-Gruppe verabreicht (p = 0,582). Zur Sedierung und Narkose wurden a) Benzodiazepine (Midazolam), b) Opiode (Fentanyl, Morphin) c) Aldehydhydrat (Chloralhydrat), d) Ketamin, e) Propofol, f) Thiopental oder/und g) Etomidat verabreicht. Katecholamine wurden bei 8,6 % der KITS-PatientInnen und bei 1,4 % der ZNA-PatientInnen gegeben (p < 0,001): a) Cafedrin/Theodrenalin (Akrinor®) sowie b) Norepinephrin und/oder c) Epinephrin verwendet.

Medikation (Mehrfachnennungen möglich)	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
nicht dokumentiert, Nr. (%)	39 (16,5)	15 (4)	< 0,001 ^a
keine Medikation, Nr. (%)	130 (65,7)	247 (69)	0,334 ^a
Sedativa und Narkotika, Nr. (%)	57 (28,8)	110 (30,7)	0,582 ^a
Katecholamine, Nr. (%)	17 (8,6)	5 (1,4)	< 0,001 ^a
Antiepileptische Medikamente/Psychotropika, Nr. (%)	5 (2,5)	2 (0,6)	0,048 ^a
Antipyretika, Nr. (%)	0	0	n.c.
Andere, Nr. (%)	6 (3)	6 (1,7)	0,301 ^a

Tabelle 2. Medikation, Mehrfachnennungen möglich.

n.c. = nicht kalkulierbar; a = Pearson's *Chi*²-Test

Outcome:

Von den 237 PatientInnen, die direkt auf der KITS aufgenommen wurden, starben 19 PatientInnen. Von den 373 PatientInnen, die in die zentrale Notaufnahme eingeliefert wurden, starben 2 aufgrund tödlicher Verletzungen.

Bei den PatientInnen der KITS gab es unterschiedliche Todes-Ursachen, darunter:

Hypoxämie (n = 4), Septischer Schock/Sepsis (n = 5), therapierefraktärer Herzstillstand (n = 5) und Lungenversagen (n = 5).

90,1 % aller ZNA-PatientInnen hatten einen AIS-Score kleiner oder gleich zwei (Tabelle 7) und 89,3 % hatten einen ISS-Score unter 16 (Tabelle 8).

AIS head score	ZNA-Gruppe (n = 373)
nicht dokumentiert, Nr. (%)	1 (0,3)
0, Nr. (%)	270 (72,4)
I, Nr. (%)	46 (12,3)
II, Nr. (%)	20 (5,4)
III, Nr. (%)	18 (4,8)
IV, Nr. (%)	13 (3,5)
V, Nr. (%)	3 (0,8)
VI, Nr. (%)	2 (0,5)

Tabelle 7. AIS head score.

AIS = Abbreviated Injury scale

ISS	ZNA-Gruppe (n = 373)
nicht dokumentiert, Nr. (%)	2
0, Nr. (%)	20
1, Nr. (%)	16
2, Nr. (%)	26
3, Nr. (%)	22
4, Nr. (%)	120
5, Nr. (%)	62

6, Nr. (%)	12
8, Nr. (%)	28
9, Nr. (%)	18
10, Nr. (%)	2
13, Nr. (%)	7
16, Nr. (%)	2
17, Nr. (%)	1
18, Nr. (%)	4
20, Nr. (%)	1
22, Nr. (%)	5
25, Nr. (%)	7
27, Nr. (%)	4
29, Nr. (%)	1
34, Nr. (%)	5
41, Nr. (%)	2
50, Nr. (%)	1
66, Nr. (%)	3
75, Nr. (%)	2

Table 8. ISS

ISS = Injury Severity Score

Die Hälfte der ursprünglich in der ZNA-Gruppe aufgenommenen PatientInnen wurde innerhalb eines Tages nach Hause entlassen (44,2 %).

Ein Drittel (31,1 %) der PatientInnen wurde auf die periphere Station verlegt, und einige wenige aus dieser Gruppe wurden a) auf die KITS (8,8 %), b) in den Operationssaal (8 %) oder c) auf die IMC-Station (2,1 %) verlegt. Zudem gab es auch eine Gruppe, bei der die weitere Behandlung nicht dokumentiert wurde (2,7 %). Dies spiegelte sich in der LOS (Length of stay)

wider, die einen Median [IQR] von 20,3 Tagen [3 – 9] in der KITS-Gruppe und 2 Tagen [1 – 3] in der ZNA-Gruppe aufwies (Tabelle 9).

Krankenhausaufenthaltsdauer (length of stay = LOS)	KITS-Gruppe (n = 237)	ZNA-Gruppe (n = 373)	p-Wert
LOS, Median [IQR], d	20,3 [3 – 9]	2 [1 – 3]	< 0,001 ^b

Tabelle 9. Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

IQR = Interquartilsabstand; d = Tage; b = Mann-Whitney-U-Test

5. Diskussion

In dieser fünfjährigen retrospektiven Kohortenstudie zeigte sich, dass die Mehrheit der pädiatrischen PatientInnen, die in der zentralen Notaufnahme (ZNA) behandelt wurden, eine primär traumatische Erkrankung hatten und älter waren als die der KITS-Gruppe. Hingegen waren die PatientInnen, die direkt auf die KITS aufgenommen wurden, signifikant jünger und kränker mit höheren NACA- und niedrigeren GCS-Scores. Zudem zeigten sie ein breiteres Spektrum an nicht-traumatischen Erkrankungen, darunter vor allem neurologische, infektiöse und respiratorische Erkrankungen.

Die zentrale Notaufnahme (ZNA) ist in einem anderen Gebäude als die Kinderintensivstation verortet. Dort ist eine spezielle diagnostische und therapeutische Versorgung (v.a. CT, MRT, OP-Säle) vorhanden, während dies im Gebäude der Kinderklinik nicht der Fall ist.

Während unsere Studiendaten darauf hindeuten, dass die polytraumatischen PatientInnen, die im Mittel mit einem GCS-Wert von 14 oder höher bewertet wurden, deutlich „gesünder“ erschienen, waren PatientInnen, die direkt auf der Kinderintensivstation aufgenommen wurden, signifikant „kränker“, wie ihr niedrigerer GCS-Wert zeigte. Der GCS und der NACA-Score werden zur Beurteilung des Schweregrads von Bewusstsein und Trauma verwendet. Es gibt eine anhaltende Debatte über die Zuverlässigkeit des GCS-Scores in der Pädiatrie, insbesondere angesichts der Entwicklungsunterschiede bei Kindern, die die initiale Bewertung beeinträchtigen können ^{21,22}. Einige ForscherInnen argumentieren, dass der altersangepasste GCS-Score eine größere Genauigkeit bei der Identifizierung von Kindern mit entweder niedrigem oder höherem Krankheits-Risiko bietet ²³. Dieser „modifizierte“ GCS ist aber nicht im hiesigen Protokoll enthalten. Insbesondere hat der NACA-Score eine stärkere Korrelation mit der Mortalitätsvorhersage bei pädiatrischen Traumfällen als der GCS gezeigt ²³.

Der modifizierte GCS-Score kann die präklinische Therapie bei Kindern erheblich beeinflussen. Ein wichtiges Ziel in der Verwendung dieser Scoring-Systeme wie NACA und GCS ist es, Entscheidungen über das Atemwegsmanagement zu treffen, insbesondere der Frage, ob eine Atemwegssicherung notwendig ist.

In unserer Studie wurde jedoch nur bei einem kleinen Teil der PatientInnen eine prähospital endotracheale Intubation und Atemwegssicherung durchgeführt. Dieses Ergebnis stimmt mit einer kürzlich durchgeführten nationalen Erhebung über pädiatrische Notfälle in der Luftrettung überein ²⁴. Die relativ geringe Häufigkeit pädiatrisch präklinischer endotrachealer Intubationen unterstreicht die Notwendigkeit, dass Notfallteams im pädiatrischen Atemwegsmanagement kompetent und sicher sein müssen. Die Misserfolgsrate bei der

prähospitalen endotrachealen Intubation bei Kindern ist Studien zufolge bis zu 3,5 Mal höher als bei Erwachsenen ^{25,26}. Daher ist eine kontinuierliche Schulung in Intubationstechniken, einschließlich der Verwendung von supraglottischen Atemwegshilfen (SGA, z.B. Larynxmaske), von entscheidender Bedeutung.

In unserer Studienpopulation waren präklinische invasive Eingriffe wie das Einsetzen eines zentralen Venenkatheters (ZVK) (n = 0), ein intraossärer (IO) Gefäßzugang (n = 21) oder eine Thoraxdrainage (n = 0) selten oder niemals durchgeführt worden.

Ein peripherer intravenöser (pVK) Gefäßzugang wurde bei 33,7 % der PatientInnen mit dem Ziel „pädiatrische Intensivstation“ und bei 51,2 % der PatientInnen mit dem Ziel „ZNA“ dokumentiert. Diese niedrige Rate an pVK-Zugängen ist bemerkenswert und spiegelt möglicherweise die Schwierigkeiten bei der Anlage von Gefäßzugängen im Kindesalter wider. Myers et al. ²⁷ berichten, dass ein prähospitaler pVK-Gefäßzugang bei Kindern selten ist, wobei die Erfolgsraten stark mit dem Alter der PatientInnen korrelieren. Obwohl pVK-Anlageversuche in unserem Datensatz nicht dokumentiert wurden, ist es durchaus möglich, dass bei einer größeren Anzahl von PatientInnen erfolglose Versuche unternommen wurden.

Der IO-Gefäßzugang (n = 21; 3,7 %) ist eine gut dokumentierte Alternative zur pVK-Anlage bei pädiatrischen Notfällen, insbesondere wenn ein peripherer Zugang nicht zeitnah angelegt werden kann ^{28,29}. Obwohl der IO-Zugang als zuverlässige und potenziell lebensrettende Technik beschrieben wird ³⁰, wird dieser in der Pädiatrie nach wie vor nur wenig eingesetzt ^{31,32}. In unserer Kohorte wurde der IO bei 7,5 % der PatientInnen in der KITS-Gruppe und bei 1,6 % der PatientInnen in der ZNA-Gruppe durchgeführt. Trotz dieses vermeintlich geringen Anteils an IO-Zugängen, fällt die Diskrepanz der beiden Gruppen auf. Dies könnte mit der Schwere der Erkrankungen, die zur Aufnahme auf die KITS führen, vereinbar sein. Ein möglicher Faktor für die Anwendung von IO-Zugängen könnte die begrenzte Verfügbarkeit geeigneter IO-Geräte gerade für Säuglinge und Neugeborene sein, wie Fuchs et al. festgestellt haben ¹⁰. Aber auch die teilweise hohen Misserfolgsraten von > 50 % beim IO-Zugang bei pädiatrischen Notfällen, wie sie von Harcke et al. ³³ berichtet wurden, könnten den Einsatz dieser Technik in Einzelfällen erklären. In einigen Fällen, in denen ein Zugang misslingt, könnte die intrabuccale oder intranasale Verabreichung von Medikamenten eine Alternative darstellen ³⁴.

Darüber hinaus wird der Schmerzbeurteilung und -behandlung in der pädiatrischen Traumaversorgung offenbar zu wenig Bedeutung beigemessen. Frühere Studien haben gezeigt, dass die Dokumentation von „Schmerzen“ und die Therapie mittels Analgetika bei verletzten Kindern gering ist ^{34,35}; obwohl eine adäquate Analgesie essentiell für ein gutes Outcome ist³⁶.

Die geringe Häufigkeit medizinischer Interventionen in unserer Kohorte könnte daher a) auf Probleme beim Gefäßzugang, b) eine unzureichende Schmerzbeurteilung oder c) eine unzureichende Behandlung anderer kontrollierbarer Erkrankungen zurückzuführen sein.

Die große Breite pädiatrischer Erkrankungen erschwert zudem das Notfallmanagement und die Diagnostik im prähospitalen Setting und im Schockraum. Ein interdisziplinärer und interprofessioneller Austausch, sowie Erfahrung im Umgang mit kritisch kranken Kindern sind wichtig für ein gebessertes Outcome ³⁷. Ein standardisiertes Protokoll wie mit Kindern im Schockraum umzugehen ist, wäre hier sinnvoll und ist in Vorbereitung („Versorgungsalgorithmus für die Behandlung nicht-traumatologisch kritisch kranker Kinder und Jugendlicher im Schockraum“).

Ein weiterer Aspekt ist die fehlende Dokumentation und die Frage, ob medizinische Behandlung überhaupt durchgeführt oder diese einfach nicht dokumentiert worden ist. Bei über 65% aller PatientInnen (65,7 % der PatientInnen auf der KITS und 69,0 % in der zentralen Notaufnahme) ist keine detaillierte Behandlung sowie Medikation dokumentiert. Dieses Ergebnis deckt sich mit früheren Berichten, die als Argument aufweisen, dass präklinische pädiatrische Notfälle selten lebensbedrohlich sind und daher oft keine umfangreichen pharmakologischen Maßnahmen erfordern ³⁸ und eine Dokumentation von Vitalzeichen seltener erfolgt ^{39,40}. Hier könnten elektronische sowie digitale Einsatzdokumentationen (sog. EPP = elektronisches Einsatzprotokoll) helfen.

5.1 Schlussfolgerung und Limitationen

5.1.1. Schlussfolgerung

Lebensbedrohliche pädiatrische Notfälle sind seltene Ereignisse ⁴¹. Die große Bandbreite an Krankheiten oder Verletzungen unterstreicht die Herausforderungen, denen sich RettungssanitäterInnen und NotärztInnen stellen müssen. Invasive Verfahren wie ZVKs oder arterielle Zugänge werden sehr selten bis gar nicht durchgeführt.

Ausbildungsprogramme für RettungsassistentInnen und NotfallsanitäterInnen sowie NotärztInnen sollten den Schwerpunkt auf Kernkompetenzen wie a) pädiatrisches Atemwegsmanagement, b) Platzierung von Thoraxdrainagen, c) Verwendung von SGA-Hilfsmitteln, d) endotrachealer Intubation und d) pVK- und IO-Gefäßzugangstechniken legen. Darüber hinaus sollte die Verbesserung der Qualität und Vollständigkeit hinsichtlich medizinischer Dokumentation erhöht werden ^{40,42,43}. Eine unzureichende Dokumentation hat

nicht nur Auswirkungen auf die klinische Versorgung, sondern schränkt auch das Potenzial für Forschung und Qualitätsverbesserung in diesem Bereich ein. Es sind weitere Studien erforderlich, um dieses kritische Thema anzugehen und das Management pädiatrischer Notfälle sowohl in der präklinischen als auch in der stationären Versorgung zu optimieren.

5.1.2. Limitationen

Unsere Studie hat mehrere Limitationen. Erstens handelte es sich um eine single-center Studie, die in einer Einrichtung mit unterschiedlichen Behandlungsabteilungen (KITS, ZNA) durchgeführt wurde: Die zentrale Notaufnahme und die KITS befinden sich in zwei getrennten Gebäuden. Fast alle TraumapatientInnen werden unabhängig von ihrem Schweregrad in die zentrale Notaufnahme eingeliefert. Diese Diskrepanz in den Arbeitsabläufen könnte erklären, warum die Gesamtergebnisse in der ZNA-Gruppe prognostisch günstiger sind.

Eine zweite Einschränkung unserer Studie ist das Fehlen einer Spezialabteilung für Brandverletzungen in der Uniklinik Köln, was die Nicht-Aufnahme bzw. Verlegung von Brandverletzten in ein anderes spezialisiertes Zentrum erforderlich machte. Eine dritte Einschränkung ist die unvollständige oder inkonsistente medizinische Dokumentation, die ein großes Problem in der pädiatrischen Notfallversorgung darstellt ⁴⁴, insbesondere bei Neugeborenen und Kleinkindern ³⁹. Obwohl die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) seit Jahren die Umsetzung der MIND 4.0 Dokumentationsstandards fordert ^{45,46}, wird diese Forderung nur unzureichend erfüllt. Es bleibt unklar, ob Vitalparameter und Schmerzwerte zwar erfasst, aber nicht dokumentiert wurden, oder ob sie überhaupt nicht bewertet wurden. Diese Dokumentationslücke könnte die beobachteten niedrigen Raten der medizinischen Behandlung größtenteils erklären.

Außerdem erfolgt die prähospitalen Dokumentation in unserer Region und in weiten Teilen Deutschlands nach wie vor weitgehend handschriftlich auf Papier ⁴⁷, was die Vollständigkeit und Genauigkeit der Aufzeichnungen beeinträchtigen kann. Die Digitalisierung der medizinischen Dokumentation, wie sie in anderen Studien vorgeschlagen wurde, könnte die Qualität der Aufzeichnungen verbessern, die Prozesseffizienz erhöhen und zuverlässigere Daten für künftige Untersuchungen liefern ⁴⁸.

Die oben beschriebenen Einschränkungen können unsere Ergebnisse beeinflussen.

5.2 Erklärung zur Datenverfügbarkeit und Finanzierung

5.2.1. Erklärung der Datenverfügbarkeit

Alle im Rahmen dieser Studie analysierten Daten sind in diesem veröffentlichten Artikel enthalten. Daten und Materialien sind zugänglich und können bei Bedarf weitergegeben werden.

5.2.2. Finanzierung

Diese Forschungsarbeit erhielt keine spezifischen Zuschüsse von öffentlichen, kommerziellen oder gemeinnützigen Einrichtungen.

Interessenkonflikte:

Die AutorInnen haben keine konkurrierenden Interessen zu erklären.

6. Literaturverzeichnis

1. Jakob H, Lustenberger T, Schneidmuller D, Sander AL, Walcher F, Marzi I. Pediatric Polytrauma Management. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2010; **36**(4): 325-38.
2. Remick K, Gausche-Hill M, Joseph MM, et al. Pediatric Readiness in the Emergency Department. *Ann Emerg Med* 2018; **72**(6): e123-e36.
3. Meyburg J, Bernhard M, Hoffmann GF, Motsch J. Principles of pediatric emergency care. *Dtsch Arztebl Int* 2009; **106**(45): 739-47; quiz 48.
4. Easter J, Petruzella F. Updates in pediatric emergency medicine for 2021. *Am J Emerg Med* 2022; **56**: 244-53.
5. J Zwingmann HS, N P Südkamp, P C Strohm. Injury severity and localisation of polytraumatised children compared to adults and their significance for shock room management. *Georg Thieme Verlag* 2008.
6. Laurer H WS, Wyen H, Westhoff J, Lehnert M, Lefering R, Marzi I. Quality of prehospital and early clinical care of pediatric trauma patients of school age compared to an adult cohort. A matched-pair analysis of 624 patients from the DGU trauma registry. *Unfallchirurg* 2009; (Sektion NIS der DGU).
7. Piepho T, Cavus E, Noppens R, et al. [S1 guidelines on airway management]. *Anaesthesist* 2015; **64**(11): 859-73.
8. D. Maxien SW, O. Peschel, A. Sterzik, S. Kirchhoff, U. Kreimeier, M. F. Reiser, F. G. Mück. Intraosseous needles in pediatric cadavers: Rate of malposition. 2019; **145**.
9. Eifinger F, Scaal M, Wehrle L, Maushake S, Fuchs Z, Koerber F. Finding alternative sites for intraosseous infusions in newborns. *Resuscitation* 2021; **163**: 57-63.
10. Fuchs Z, Scaal M, Haverkamp H, Koerber F, Persigehl T, Eifinger F. Anatomical investigations on intraosseous access in stillborns - Comparison of different devices and techniques. *Resuscitation* 2018; **127**: 79-82.
11. Lee SU, Jung JY, Ham EM, et al. Factors associated with difficult intravenous access in the pediatric emergency department. *J Vasc Access* 2020; **21**(2): 180-5.
12. Joseph MM, Mahajan P, Snow SK, Ku BC, Saidinejad M. Optimizing Pediatric Patient Safety in the Emergency Care Setting. *J Emerg Nurs* 2022; **48**(6): 652-65.
13. Vetschera A, Beliveau V, Esswein K, et al. Preclinical Pediatric Care by Emergency Physicians: A Comparison of Trauma and Nontrauma Patients in a Population-Based Study in Austria. *Pediatr Emerg Care* 2022; **38**(7): e1384-e90.
14. Brown SA, Hayden TC, Randell KA, Rappaport L, Stevenson MD, Kim IK. Improving Pediatric Education for Emergency Medical Services Providers: A Qualitative Study. *Prehosp Disaster Med* 2017; **32**(1): 20-6.
15. Ramgopal S, Elmer J, Escajeda J, Martin-Gill C. Differences in Prehospital Patient Assessments for Pediatric Versus Adult Patients. *J Pediatr* 2018; **199**: 200-5 e6.
16. Reichert M, Sartelli M, Askevold IH, et al. Pediatric trauma and emergency surgery: an international cross-sectional survey among WSES members. *World J Emerg Surg* 2023; **18**(1): 6.
17. Haque A, Siddiqui NR, Jafri SK, Hoda M, Bano S, Mian A. Clinical profiles and outcomes of children admitted to the pediatric intensive care unit from the emergency department. *J Coll Physicians Surg Pak* 2015; **25**(4): 301-3.
18. Odetola FO, Rosenberg AL, Davis MM, Clark SJ, Dechert RE, Shanley TP. Do outcomes vary according to the source of admission to the pediatric intensive care unit? *Pediatr Crit Care Med* 2008; **9**(1): 20-5.
19. Remick K, Gross T, Adelgais K, Shah MI, Leonard JC, Gausche-Hill M. Resource Document: Coordination of Pediatric Emergency Care in EMS Systems. *Prehosp Emerg Care* 2017; **21**(3): 399-407.

20. Roessler M. SC, Schmid O., Bauer M., Ross D. . Patientenversorgung im Schockraum – aktueller Stand; Emergency trauma room management – an update. *Anästh Intensivmed* 2017; **85**: 414-28.
21. Hoffmann F, Schmalhofer M, Lehner M, Zimatschek S, Grote V, Reiter K. Comparison of the AVPU Scale and the Pediatric GCS in Prehospital Setting. *Prehosp Emerg Care* 2016; **20**(4): 493-8.
22. DiBrito SR, Cerullo M, Goldstein SD, Ziegfeld S, Stewart D, Nasr IW. Reliability of Glasgow Coma Score in pediatric trauma patients. *J Pediatr Surg* 2018; **53**(9): 1789-94.
23. Wendling-Keim DS, Hefele A, Muensterer O, Lehner M. Trauma Scores and Their Prognostic Value for the Outcome Following Pediatric Polytrauma. *Front Pediatr* 2021; **9**: 721585.
24. Mockler S, Metelmann C, Metelmann B, Thies KC. Prevalence and severity of pediatric emergencies in a German helicopter emergency service: implications for training and service configuration. *European Journal of Pediatrics* 2023; **182**(11): 5057-65.
25. Rodriguez JJ, Higuaita-Gutierrez LF, Carrillo Garcia EA, Castano Betancur E, Luna Londono M, Restrepo Vargas S. Meta-Analysis of Failure of Prehospital Endotracheal Intubation in Pediatric Patients. *Emerg Med Int* 2020; **2020**: 7012508.
26. Stratton SJ. Prehospital pediatric endotracheal intubation. *Prehosp Disaster Med* 2012; **27**(1): 1-2.
27. Myers LA, Arteaga GM, Kolb LJ, Lohse CM, Russi CS. Prehospital peripheral intravenous vascular access success rates in children. *Prehosp Emerg Care* 2013; **17**(4): 425-8.
28. Schwindt E, Pfeiffer D, Gomes D, et al. Intraosseous access in neonates is feasible and safe - An analysis of a prospective nationwide surveillance study in Germany. *Front Pediatr* 2022; **10**: 952632.
29. Kikodze N, Nemsadze K, Togonidze G, Nadareishvili I. Use of Intraosseous Access in Pediatric Emergency Care in Georgia. *Georgian Med News* 2020; (299): 33-8.
30. Reuter-Rice K, Patrick D, Kantor E, Nolin C, Foley J. Characteristics of Children Who Undergo Intraosseous Needle Placement. *Adv Emerg Nurs J* 2015; **37**(4): 301-7.
31. Ting A, Smith K, Wilson CL, Babl FE, Hopper SM. Pre-hospital intraosseous use in children: Indications and success rate. *Emerg Med Australas* 2022; **34**(1): 120-1.
32. Drayna PC, Browne LR, Guse CE, Brousseau DC, Lerner EB. Prehospital Pediatric Care: Opportunities for Training, Treatment, and Research. *Prehosp Emerg Care* 2015; **19**(3): 441-7.
33. Harcke HT, Curtin RN, Harty MP, et al. Tibial Intraosseous Insertion in Pediatric Emergency Care: A Review Based upon Postmortem Computed Tomography. *Prehosp Emerg Care* 2020; **24**(5): 665-71.
34. Browne LR, Shah MI, Studnek JR, et al. Multicenter Evaluation of Prehospital Opioid Pain Management in Injured Children. *Prehosp Emerg Care* 2016; **20**(6): 759-67.
35. Browne LR, Studnek JR, Shah MI, Brousseau DC, Guse CE, Lerner EB. Prehospital Opioid Administration in the Emergency Care of Injured Children. *Prehosp Emerg Care* 2016; **20**(1): 59-65.
36. Anantha RV, Stewart TC, Rajagopalan A, Walsh J, Merritt NH. Analgesia in the management of paediatric and adolescent trauma during the resuscitative phase: the role of the pediatric trauma centre. *Injury* 2014; **45**(5): 845-9.
37. Tautz J, Schunk D, Bölke C, et al. Überlegungen und Herausforderungen zur zukünftigen Versorgung kritisch kranker Kinder im nichttraumatologischen Schockraum. *Notfall + Rettungsmedizin* 2024.
38. Houtekie L, Meert P, Thys F, Guy-Viterbo V, Clement de Clety S. Prehospital paediatric emergencies in Belgium: an epidemiologic study. *Eur J Emerg Med* 2015; **22**(2): 107-10.

39. Cercone A, Ramgopal S, Martin-Gill C. Completeness of Pediatric Versus Adult Patient Assessment Documentation in the National Emergency Medical Services Information System. *Prehosp Emerg Care* 2024; **28**(2): 243-52.
40. Hewes H, Hunsaker S, Christensen M, Whitney J, Dalrymple T, Taillac P. Documentation of pediatric vital signs by EMS providers over time. *J Pediatr Surg* 2016; **51**(2): 329-32.
41. Meyer S, Grundmann U, Reinert J, Gortner L. [Specific aspects of pediatric emergencies in the prehospital setting]. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 2016; **111**(1): 65-77.
42. Barata IA, Benjamin LS, Mace SE, Herman MI, Goldman RD. Pediatric patient safety in the prehospital/emergency department setting. *Pediatr Emerg Care* 2007; **23**(6): 412-8.
43. Wnorowska JH, Naik V, Ramgopal S, Watkins K, Hoffmann JA. Characteristics of pediatric behavioral health emergencies in the prehospital setting. *Acad Emerg Med* 2024; **31**(2): 129-39.
44. Izsak E, Moore JL, Stringfellow K, Oswanski MF, Lindstrom DA, Stombaugh HA. Prehospital pain assessment in pediatric trauma. *Prehosp Emerg Care* 2008; **12**(2): 182-6.
45. Messelken M. STea. Der Minimale Notarztdatensatz MIND3. *Der Notarzt*; 2011. p. 197-202.
46. P. S. Das neue „DIVI-Notfall-Protokoll“. *Der Notarzt* 2011; **27**: 195-6.
47. Mollenhoff C, Eder PA, Rashid A, Mollenhoff C, Romer I, Franczyk B. [Digital systems to support emergency medical service : A Germany-wide cross-sectional survey on current availability, utilization and existing challenges]. *Anaesthesiologie* 2022; **71**(7): 518-25.
48. Piani T, Boccolato L, Ruzza G, et al. Prehospital Emergency Medical Services: Paper Versus Technology. *Dimens Crit Care Nurs* 2021; **40**(2): 125-8.
49. Eifinger F GK, Hinkelbein J, Blomeyer RZ. Geburtshilfe Neonatol 2023. p. 227(03).
50. Garrelfs K, Kuehne B, Hinkelbein J, Blomeyer R, Eifinger F. Epidemiology of Pediatric Transports and First Aid in a German Municipal Emergency Medical Services (EMS) System: A Cohort Study. *Emerg Med Int* 2025; **2025**: 8184007.

7. Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Häufigkeitsverteilung des Alters

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Merkmale der PatientInnen

Tab. 2 Präklinische invasive Maßnahmen

Tab. 3 GCS initial

Tab. 4 NACA-Score initial

Tab. 5 Diagnosen der PatientInnen

Tab. 6 Medikation

Tab. 7 AIS head score

Tab. 8 ISS

Tab. 9 Dauer des Krankenhausaufenthalts

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Teile dieses Manuskripts wurden auf der GNPI 2023 vorgestellt: Abstracts zur 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), Hamburg ⁴⁹.

Die Ergebnisse wurden publiziert ⁵⁰: Emergency International Medicine, 2025