

Monatsschr Kinderheilkd  
<https://doi.org/10.1007/s00112-024-02123-3>  
 Eingegangen: 27. November 2024  
 Angenommen: 13. Dezember 2024

© The Author(s) 2025

**Redaktion**

Florian Lagler, Salzburg  
 Antje Neubert, Erlangen  
 Wolfgang Rascher, Erlangen



# Sicherheit intravenöser Medikationen bei Kindernotfällen

Jost Kaufmann<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Abteilung für Kinderanästhesiologie und Endoskopie, Köln, Deutschland

<sup>2</sup> Fakultät für Gesundheit, Universität Witten/Herdecke, Witten/Herdecke, Deutschland

<sup>3</sup> Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH, Köln, Deutschland

## Zusammenfassung

Medikamentenfehler stellen eine bedeutsame Gefahr für Patienten aller Altersgruppen dar. Weil aber bei Kindern altersspezifische Dosierungsempfehlungen und Kontraindikationen zu berücksichtigen sind und eine individuelle Dosisberechnung erforderlich ist, werden unabhängig vom Versorgungsbereich durchgehend höhere Fehlerraten als bei Erwachsenen beobachtet. Ein bedeutsamer Unterschied zur Versorgung von Erwachsenen ist, dass auch bei viel Erfahrung keine Vertrautheit mit einer typischen Dosis entstehen kann, denn in der Kindermedizin wiegen die Patienten zwischen weniger als 1 kg und mehr als 100 kg. Insbesondere in Notfallsituationen mit Kindern besteht zudem bei den meisten Versorgenden eine große psychische Belastung, und es müssen in kurzer Zeit mehrere potenziell gefährliche Medikamente verabreicht werden. Allein schon ein falsch gesetztes Komma bei der Berechnung einer Adrenalindosis kann zu einem lebensbedrohlichen Fehler führen. Diese Übersichtsarbeit analysiert den Prozess der Medikamentengabe, identifiziert typische Stolperstellen, zeigt erfolgreiche Interventionen auf und präsentiert im Wesentlichen die Empfehlungen der AWMF-S2k-Leitlinie zur „Medikamentensicherheit bei Kindernotfällen“.

**Schlüsselwörter**

Medikamentenfehler · Notfallmedizin · Dosierungsfehler · Patientensicherheit · Gewichtsschätzung

## 1. Einleitung

Medikationsfehler durch injizierbare Medikamente wurden 2014 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) auf Platz 1 der 5 bedeutsamsten sicherheitsrelevanten Themen in der Medizin („High 5s“) gesetzt [33]. Kinder sind besonders in Notfallsituationen durch Medikationsfehler gefährdet, denn es muss eine individuelle Dosis berechnet werden, und es gibt keine „typische“ Dosis [27]. Erfahrene Versorger im Erwachsenenbereich haben nach einiger Zeit eine klare Vorstellung einer „typischen Dosis“. Dadurch sind oft keine Berechnungen einer Dosierung im Erwachsenenbereich mehr notwendig, und

stark abweichende Anordnungen werden mit einer guten Wahrscheinlichkeit auch als falsch erkannt. Beispielsweise ist bei der Verabreichung von Adrenalin zur Wiederbelebung für Erwachsene systematisch keine Berechnung erforderlich, denn alle Erwachsenen bekommen leitliniengerecht 1 mg i.v., unabhängig von ihrem Alter, ihrer Körpergröße oder ihrem Körpergewicht [44]. Bei Kindern ist dies hingegen fundamental anders, da die Dosis abhängig vom Körpergewicht berechnet werden muss. Schwerwiegende Fehler kommen bei dieser Berechnung regelmäßig vor und sind beispielsweise bei Adrenalin zur Reanimation lebensbedrohlich. Ein Zehnerpotenz

Dieser Beitrag ist Teil der Artikelserie zur Arzneimitteltherapiesicherheit bei Kindern und Jugendlichen, basierend auf einem Modul der Online-Fortbildung 2024 der DGKJ „Arzneimittel sicher einsetzen“.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

fehler ist mit dem Überleben wahrscheinlich unvereinbar [39, 43].

### 2. Sicherheitskultur

Die zentrale Erkenntnis ist, dass Fehler für alle Menschen möglich sind, was keine Anschuldigung gegen die Behandelnden darstellt, sondern vielmehr eine grundlegende Voraussetzung für jedes Bestreben zur Verbesserung der Patientensicherheit ist („To err is human“) [25]. Es genügt nicht, dieses allgemeine Prinzip zu verstehen, sondern jeder Behandelnde muss es für sich selbst akzeptieren. Denn nur bei Akzeptanz der eigenen Fehlbarkeit können Sicherheitsstrukturen umgesetzt werden. Der traditionelle Anspruch an die vermeintliche Unfehlbarkeit von Außenstehenden und Medizinern selbst ist nach wie vor ein Problem [42]. Die unterschiedliche Akzeptanz der persönlichen Fehlbarkeit ist im Alltag offensichtlich und sogar auch in der Literatur eindeutig belegt [20]. So ließen sich erfahrene Ärzte bei der Dosierung von Notfallmedikamenten weniger von einer einfachen Tabelle unterstützen und machten weiterhin schwerwiegende Fehler, während unerfahrene Ärzte oder Medizinstudenten mithilfe der Tabelle fehlerfrei dosierten [15].

**Merke.** Menschen machen Fehler, und ein komplexes System wie die Medizin sollte so angepasst werden, dass es leichtfällt, die richtigen Entscheidungen zu fällen, und „erschwert“ wird, Fehler zu machen.

*Standard Operating Procedures (SOP), Standardarbeitsanweisungen (SAA)* sowie Checklisten helfen dabei, Abläufe zu standardisieren und somit schon bei der Vorbereitung Fehler zu vermeiden. Zudem machen sie die wesentlichen Informationen zur Pharmakotherapie für das gesamte Team sichtbar. Durch ein regelmäßiges Training in Simulationen unter Einbindung dieser SOP und Checklisten wird die Wahrscheinlichkeit für eine sichere und fehlerfreie Umsetzung erhöht. Alle Initiativen zur Verbesserung der Arzneimittelsicherheit sollten sich auf die Schaffung bzw. Verstärkung der Sicherheitskultur und die Steigerung der Kompetenz des versorgenden Teams konzentrieren. Es muss aber auch darauf geachtet werden, eine hohe Akzeptanz in der Praxis zu erreichen. Diese

kann nur dann erreicht werden, wenn die Empfehlungen und Vorgaben die Anwender nicht überfordern [13], situations sensitiv angepasst sind und den Anwendern die Möglichkeit geben, sinnhafte Veränderungen und Optimierungen zu initiieren [22].

### 3. Inzidenzen

Bei der prähospitalen Versorgung in den USA wurden fehlerhafte Medikamentendosierungen generell bei jeder 3. Medikamentengabe und in 60 % der Fälle bei der Gabe von Adrenalin dokumentiert [11]. In dieser und in einer weiteren Arbeit aus Deutschland lag die durchschnittliche Überdosierung von Adrenalin bei mehr als dem 8fachen der empfohlenen Dosis [19]. Auch während simulierter Reanimationsszenarien in einer optimal spezialisierten Kindernotaufnahme wurde bei 3 % der Verordnungen ein 10er-Potenz-Fehler angeordnet oder vorbereitet [29]. Ein solcher Fehler ist sicher lebensbedrohlich und mit großer Wahrscheinlichkeit mit einem Überleben nicht vereinbar [39, 43]. Zusammenfassend werden also Kinder regelmäßig durch Medikationsfehler gefährdet.

**Cave.** Eine Überdosierung von Adrenalin kann lebensbedrohlich sein.

### 4. Die zugehörige Leitlinie, Zielsetzung und Umsetzung

Eine Expertengruppe, zusammengebracht von der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin, bestehend aus 22 Fachexperten aus 15 Fachgesellschaften, Berufsverbänden und Interessenvertretungen, hat 2021 im Rahmen eines formalen Konsensusprozesses auf Basis der vorhandenen Evidenz Empfehlungen erarbeitet, um die Arzneimitteltherapiesicherheit bei pädiatrischen Notfallsituationen zu verbessern [18]. Dabei konnten spezifische Gefährdungen und Mechanismen, die aufgrund der Besonderheiten des pädiatrischen Kontextes zu Medikationsfehlern führen können, identifiziert werden. Darüber hinaus wurden zahlreiche Maßnahmen empfohlen, die meist kurzfristig und mit geringem Aufwand umsetzbar sind und die Patientensicherheit bei Kindernotfällen erhöhen. Die Leitlinie steht in verschiede-

nen Ausführlichkeitsstufen kostenlos auf der Website der AWMF zum Download zur Verfügung (S2K-LL Reg.-Nr. 027-071; [www.awmf.org](http://www.awmf.org)).

### 5. Qualifikation, Schulung und Erhöhung der Vigilanz

Natürlich haben die Qualifikation und Ausbildung des Personals, insbesondere eine pädiatrische Expertise, einen positiven Einfluss auf die Qualität der Medikation. Eine pädiatrische Expertise für jeden Versorger von Kindernotfällen zu fordern, ist jedoch nicht realisierbar. Dennoch können auch Fachfremde durch gute Vorbereitung Kinder in Akutsituationen sicher versorgen. Dazu sind v. a. klare, einfache Handlungsempfehlungen, Kenntnis und Benutzung von Hilfsmitteln sowie das Training in Simulationsszenarien notwendig [17]. Schulungen und Fortbildungen sollten als fester Bestandteil eines jeden Gesamtkonzepts durchgeführt werden [6, 8–10, 23, 26, 31, 32, 34, 35, 37, 45].

Studien haben gezeigt, dass allein die Kontrolle der Verordnenden dazu führte, dass weniger Fehler gemacht wurden, unabhängig davon, ob der Kontrolleur daneben stand [46] oder die Kontrolle „unsichtbar“ erfolgte [7]. Dies lässt darauf schließen, dass die Verordnenden in diesen Fällen lediglich ihre Anordnungen aufmerksamer ausführten, also mit einer höheren Vigilanz für die Bedeutung ihrer Tätigkeit gearbeitet hatten. Demnach spielen neben dem direkt im Rettungseinsatz tätigen Personal auch die durch die Führungsebene in Krankenhäusern und Rettungsdiensten bereitgestellten Strukturen, Mechanismen und Kontrollen entscheidende Rollen bei der Sicherheitskultur.

**Merke.** Schulungen zur Arzneimittelsicherheit bei Kindern erhöhen das Wissen und die Vigilanz der Verordnenden.

### 6. Bedeutung des Gewichts

Eine sichere Arzneimittelversorgung bei Kindernotfällen setzt voraus, das Körpergewicht des Kindes zu kennen oder anhand seiner Körperlänge abzuschätzen. Leider war das Gewicht in nur 0,5 % der Notarzteinsatzprotokolle einer deutschen Großstadt dokumentiert, da die dort verwen-

deten Protokollbogen entsprechend dem meist eingesetzten, durch die DIVI empfohlenen Notarzteinsatzprotokoll, kein Feld für die Dokumentation des Gewichtes vorsieht. Dies wurde in der besagten Stadt vor über 10 Jahren geändert, indem ein Gewichtsfeld in das Protokoll aufgenommen wurde, wodurch die Dokumentationsrate auf 30 % stieg [21].

**Merke.** Eine sichere Medikation bei Kindernotfällen beginnt mit der Erfassung oder längenbezogenen Schätzung des Körpergewichts.

Zusätzlich hatte ein Bündel an weiteren Maßnahmen kontinuierlich stattgefunden. Die Rate an Fehldosierungen mit einer Abweichung von mehr als 300 % von der empfohlenen Dosis war für alle untersuchten Medikamente um 55 % und für Adrenalin um 78 % gefallen [21]. Dies zeigt, dass eine tatsächlich am Kind ankommende Verbesserung der Arzneimittelsicherheit möglich ist und die bessere Beachtung des Gewichtes einen wesentlichen Beitrag dazu leisten kann. Bei falschem Gewicht sind Über- oder Unterdosierung unvermeidbar.

## 7. Gewichtsschätzung und längenbezogene Dosierungshilfen

Eine Metaanalyse bestätigt, dass das von den Eltern angegebene Gewicht verwendet werden sollte. Ansonsten sind längenbezogene Schätzungen altersbezogenen Schätzungen eindeutig überlegen [50], und es sollten Systeme dafür zur Verfügung stehen [48]. Ein weiterer wichtiger Vorteil der längenbezogenen Gewichtsschätzung ist, dass sie das Normalgewicht ermittelt, was eine praktikable Annäherung an das für Notfallmedikationen perfekte, aber schwer zu berechnende Idealgewicht darstellt.

**Cave.** Eine Dosierung von Medikamenten mit geringer therapeutischer Breite (z. B. Sedativa und Analgetika) am gewogenen Gewicht kann bei Adipositas Überdosierungen verursachen und sollte sich deshalb am Idealgewicht orientieren.

In präklinischen Notfällen sollten nach Möglichkeit längenbezogene Systeme verwendet werden, die neben einer Gewichtsschätzung zusätzlich auch konkrete Dosierungsempfehlungen für Medikamente

umfassen [48]. Dies dient dazu, Berechnungsfehler auszuschließen, und bietet zusätzlich die Möglichkeit, Vorschläge zu geeigneten Materialgrößen zu benennen.

Solche integrierten Hilfsmittel können die Patientensicherheit in der präklinischen Versorgung deutlich erhöhen. Nachgewiesen wurde dies aber bisher ausschließlich für das Pädiatrische Notfalllineal (PÄdNFL, [www.notfalllineal.de](http://www.notfalllineal.de)), mit dem in 2 Studien gezeigt wurde, dass die bedrohlichen Medikationsfehler mit Adrenalin und anderen Medikamenten erheblich reduziert werden [19, 21].

In Krankenhäusern ist das Gewicht von Kindern üblicherweise bekannt. Intensivstationen für Kinder sollten dies nutzen und uneingeschränkt Notfallpläne verwenden, die an das individuelle Gewicht des Patienten angepasst sind. Diese Notfallpläne sollten nicht nur die für das Gewicht geeigneten Dosierungen in Milligramm angeben, sondern auch die in Millilitern zu verabreichende Menge bei jeweils klar definierter Medikamentenkonzentration. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sollte die Auswahl der Medikamente in solch einem Notfallplan auf die dringlichsten und zeitkritischen Notfallmedikamente beschränkt werden. Auch sind situationsbezogene Pläne sinnvoll, beispielsweise für eine Reanimation, eine Intubation oder zur Schmerztherapie.

## 8. Vermeidung von Übertherapie

Es kann vorkommen, dass Kinder eine intensivere medikamentöse Behandlung erhalten, als ihre tatsächliche Situation zwingend erfordern würde oder es notwendig wäre, wenn supportive Maßnahmen konsequent ausgenutzt würden. So können beispielsweise auch äußere Umstände, wie die Art des geplanten Transports, zu einer Übertherapie verleiten. Eine „Schutzintubation“ – also eine Intubation, die nicht akut notwendig, sondern aufgrund der Umstände in Betracht gezogen wird – kann durch die daraus resultierenden Komplikationen zum Tod oder zu schweren Behinderungen führen. Daher ermutigt die Leitlinie dazu, „Übertherapie“ durch die Nutzung unterstützender Maßnahmen und die Verbesserung äußerer Umstände zu vermeiden. Dabei soll keinesfalls generell zur Untertherapie ermutigt werden, aber

in schwierigen Situationen und bei Kindern mit schwerwiegenden Grunderkrankungen kann es in Einzelfällen tatsächlich sicherer sein, auf eine zu starke Beeinflussung der Vitalfunktionen durch Analgetika oder Sedativa zu verzichten.

**Merke.** Manchmal kann „so viel Nichtstun“ wie möglich eine richtige Entscheidung sein („*primum non nocere*“).

Gerade Kinder mit Schlafapnoe, schweren Atemwegsverengungen, eingeschränkter Muskelkraft sowie schwerwiegenden neurologischen Entwicklungseinschränkungen weisen ein erhöhtes Risiko für schwerwiegende Komplikationen auf, auch bei vermeintlich „normalen“ Versorgungsabläufen [14, 36, 49]. In geeigneten Kliniken mit Expertise für Kinder mit komplexen Grunderkrankungen stehen spezielle Instrumente zur Verfügung, was in der Präklinik nicht der Fall ist. Die präklinische Versorgung kann daher nicht immer das gleiche Sicherheitsniveau wie in der Klinik, insbesondere hinsichtlich der Atemwege, erreichen. Grundsätzlich müssen alle Kinder, die Medikamente mit potenziell Einfluss auf die Vitalfunktionen erhalten – insbesondere jene mit schweren Grunderkrankungen – engmaschig und umfassend überwacht werden, mindestens mithilfe der Pulsoxymetrie und des Elektrokardiogramms.

Die Leitliniengruppe hat zudem deutlich gemacht, dass die Unterstützung durch die Bezugspersonen aufgrund der starken Bindung das Wohlbefinden und den Stressabbau des Kindes positiv beeinflussen kann. Daher kann die Gabe von Sedativa oft bei Beruhigung durch eine Bezugsperson vermieden oder reduziert werden, was nachweislich auch die Schmerzwahrnehmung verbessert [2]. Hierzu kann ebenso eine altersgerechte Lagerung beitragen. So könnte ein Kind mit angestrenzter Atmung auf dem Schoß der Mutter, die ihm die Sauerstoffmaske vorhält, möglicherweise stabil für den Transport sein. Hingegen könnte ein fixiertes Kind ohne Mutter durch die resultierende Aufregung dekompensieren. Eine klare Empfehlung, einen so beschriebenen Transport durchzuführen, kann eine formale Leitlinie aber nicht aussprechen, denn dies würde bedeuten, eine Abweichung von den formellen

## Infobox 1

### 5-R-Regel

- Richtiger Patient?
- Richtiges Medikament?
- Richtige Dosierung?
- Richtiger Zeitpunkt?
- Richtiger Verabreichungsweg?

Vorschriften zur Patientensicherung beim Transport zu empfehlen. Hier erlaubt zwar die Rechtslage Abweichungen bei notwendiger medizinischer Behandlung, die juristische Verantwortung für den Transport liegt aber eindeutig beim Fahrzeugführer. Die Leitliniengruppe schlägt vor, in jedem Einzelfall einen mit dem Fahrzeugführer gut begründeten und sowohl medizinisch als auch den Transport betreffend abgestimmten Kompromiss zu finden.

**Merke.** Vor dem Hintergrund eines erheblichen medizinischen Vorteils und im Sinne einer Erhöhung der Patientensicherheit sollte mit dem Fahrzeugführer die günstigste Transportmodalität im Einzelfall abgesprachen werden.

## 9. Berechnungen

Bei pädiatrischen Patienten ist die gewichtsbezogene Dosierung in der Regel nicht mit der Dosierung für Erwachsene vergleichbar und kann zwischen den verschiedenen pädiatrischen Altersgruppen erheblich variieren. Daher muss der verschreibende Behandelnde die für den individuellen Patienten altersgruppenspezifisch geeignete körperlengewichtsbezogene Dosierung von Notfallmedikamenten kennen oder zuverlässig ermitteln können, beispielsweise durch Rückgriff auf eine tabellarische Zusammenfassung. Eine solche Zusammenfassung der wichtigsten pädiatrisch-pharmakologischen Informationen sollte in jeder Einrichtung, in der Kindernotfälle auftreten können, alle notwendigen Fakten zusammenfassend vorbereitet werden. Hierzu kann sehr gut auf die online frei verfügbare Datenbank des „Kinderformulariums“ zugegriffen werden, welches alle notwendigen Informationen unter Verweis auf die zugrunde liegende Evidenz gebündelt anbietet ([www.kinderformularium.de](http://www.kinderformularium.de)).

Die genannten Informationen sind zwingend notwendig, um eine altersgruppenspezifisch richtige Therapiedosis festzulegen. Bei der konkreten Berechnung der Dosis treten dann trotzdem häufig bedrohliche Fehler auf. Beispielsweise werden regelmäßig Zehnerpotenzfehler gemacht, die beispielsweise schon durch das gedanklich falsche Setzen eines Kommas auftreten [27]. Bemerkenswert und positiv ist, dass systematische Literaturrecherchen gezeigt haben, dass jede Maßnahme, welche die kognitiven Anforderungen hierbei reduziert, dazu in der Lage ist, die Rate und Intensität von Dosierungsfehlern zu senken [16]. Allein durch den Einsatz einer einfachen Tabelle konnten in Simulationen 66% [15] bzw. 90% [3] aller 10er-Potenz-Fehler bei der Adrenalingabe zur Reanimation vermieden werden. In einer Studie zur „echten“ präklinischen Versorgung von pädiatrischen Notfällen verhinderte ein längenbasiertes System mit Dosierungsempfehlungen in 9 von 10 Fällen Fehler mit einer Abweichung von mehr als 300% von der empfohlenen Dosis [19].

**Cave.** Aufgrund der erheblichen Gefährdung und der Möglichkeit zur Verbesserung der Sicherheit sollen gefährliche Medikationen (z. B. Adrenalin, Analgetika) nicht ohne Überprüfung durch ein unterstützendes System gegeben werden.

## 10. Kommunikationsstruktur

Auch bei der Vermittlung der Verordnung können Informationen verloren gehen oder Übertragungsfehler passieren. Durch Standardisierung und Rückversicherung der Übermittlung ist beides reduzierbar [16, 22]. Daher sollte die Übermittlung der Verordnung, wenn dies möglich ist, schriftlich erfolgen, am besten auf einem standardisierten Bogen [4, 28, 30]. Dies gilt besonders für Verordnungen mit hohem Risikopotenzial (z. B. Kalium, Katecholamine, Insulin, Adrenalin). In Notfallsituationen ist diese Forderung sicher nicht sinnvoll erfüllbar. Ersatzweise soll aber dann auch die mündliche Verordnung strukturiert erfolgen und durch alle Beteiligten wiederholt und rückversichert werden. Immer soll die zu verabreichende Menge eines jeden Medikaments genannt

werden. Dabei reicht es aus, wenn erfahrene Mitarbeiter, die mit der aktuellen medizinischen Situation vertraut sind, nur das Medikament und die vorgesehene Dosis nennen [22]. Die verabreichende Person wiederholt das Medikament und die zu verabreichende Menge („Closed-loop“-Kommunikation). Bei weniger vertrauten Teams und Medikamenten mit potenziell schwerwiegenden Nebenwirkungen sollten diese Ansage und Rückversicherung für jedes Medikament unter der Nennung des Körpergewichts des Kindes, der Dosierung pro Kilogramm Körpergewicht, der Gesamtmenge des Wirkstoffes z. B. in Milligramm, der Konzentration der Lösung und der resultierenden zu verabreichenden Menge in Millilitern erfolgen.

**Merke.** Erst und nur, wenn alle Teammitglieder Einigkeit signalisiert haben („Closed-loop“-Kommunikation), dass alles korrekt ist, soll die Medikamentengabe erfolgen.

Circa 70–80% aller medizinischen Zwischenfälle beruhen nicht auf medizinischer Unwissenheit, sondern auf mangelnder Team-Performance, was seit über 20 Jahren bekannt ist („To err is human“ [25]). Gründe hierfür können z. B. Kommunikationsdefizite und falsches Rollenverhalten bzw. -verständnis sein [5]. Jedes Teammitglied soll jederzeit die Möglichkeit haben, Zweifel an Anordnungen zu äußern („speaking up“) [25]. Vor jeder Medikamentengabe müssen alle Beteiligten mit hoher Vigilanz und gleichberechtigt die 5-R-Regel beachten (s. Infobox).

Eine gute Kommunikationsstruktur sollte regelmäßig praktisch eingeübt und auch im normalen klinischen Alltag gelebt werden [18]. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass sie dann auch in Notfallsituationen angewendet wird. Zudem sind Critical-Incident-Reporting-Systeme (CIRS), die eine anonyme Meldung kritischer Ereignisse ermöglichen sollten, wichtige Bestandteile der Kommunikation [18]. Die Berichte müssen von einem interdisziplinären Expertengremium konstruktiv diskutiert und Lösungsvorschläge erarbeitet werden. Ein solches CIRS sollte mittlerweile in jeder medizinischen Einrichtung Standard sein.

## 11. Sortieren und Kennzeichen der Medikationen

Medikamentenverwechslungen können insbesondere durch ähnlich klingende Namen und ähnlich aussehende Ampullen entstehen. Eine besonders ungünstige Situation ist, wenn leicht zu verwechselnde Medikamente nahe beieinander gelagert werden, sodass schon ein geringfügig veränderter Griff in ein Ampullarium zu Verwechslungen führen kann. Sofern alternative Aufbewahrungsmöglichkeiten bestehen, sollten ähnlich klingende oder aussehende Medikamente vermieden oder zumindest deutlich räumlich getrennt aufbewahrt werden. Jedem Medikament ist ein klar definierter Aufbewahrungsort zuzuweisen. Bei ausreichendem Platzangebot sollte eine möglichst deutliche räumliche Trennung von Medikamenten mit hohem Verwechslungsrisiko erfolgen. Zudem ist eine genormte Kennzeichnung der aufgezogenen Medikamente mit den genormten, farbcodierten Aufklebern empfehlenswert, um Verwechslungen nach dem Aufziehen zu vermeiden.

## 12. Vorbereitung der Medikation

Grundsätzlich ist es empfehlenswert, Verdünnungen zu vermeiden, wenn eine präzise und sichere Verabreichung der Konzentrationen in den Ampullen möglich ist. In vielen Fällen kann eine exakte Applikation der unverdünnten Injektionslösung mithilfe kleiner Spritzen (1 ml mit 0,01-ml-Skalierung) erfolgen, wobei auf eine ausreichende Nachspülung, beispielsweise mit 0,9%iger Kochsalzlösung, geachtet werden soll. Eine weitere Option, um eigene Verdünnungen zu vermeiden, ist die Verwendung vorgefertigter, vorgegebener Spritzen, die in Deutschland zunehmend verfügbar sind. So gibt es beispielsweise Epinephrin-Spritzen zur Reanimation in der üblicherweise verwendeten Konzentration von 100 µg/ml und einem Gesamtvolumen von 10 ml, die nicht erst verdünnt werden müssen. Sollte eine Verdünnung dennoch erforderlich sein, muss eine klare Anleitung zur Zubereitung vorliegen. Die Zielspritze mit dem Medikament muss umgehend gekennzeichnet werden, was mithilfe von Etiketten nach ISO 26825 er-

folgen und auch die Konzentration der Lösung angeben soll [47]. Dabei soll die Skalierung nicht überklebt werden, damit die exakte Applikation des gewünschten Volumens nicht beeinträchtigt wird. Die angestrebte Zielkonzentration sollte so gewählt werden, dass die weiteren Berechnungen und Dosierungen möglichst einfach erfolgen können. Bei der Vorbereitung eines Medikaments für eine i.m.-Gabe soll die Spritze so weit entleert werden, dass nur die zu verabreichende Gesamtmenge verbleibt. Denn die technische Handhabung ist hier geeigneter, wenn die Spritze in die Faust genommen, und mit dem Daumen der Stempel herabgedrückt wird. Dabei kommt es schneller zu einem versehentlichen „Leerspritzen“ des gesamten Spritzeninhalts.

## 13. „Off-Label Use“

Der Leitliniengruppe lag es zudem wesentlich am Herzen, ein klares Statement zum „Off-Label Use“ in der Kindernotfallmedizin zu formulieren. Viele Medikamente, die seit Jahrzehnten erfolgreich und unproblematisch in der Kinder- und Jugendmedizin eingesetzt werden, haben keine formale Zulassung, obwohl langjährige klinische Erfahrung und Evidenz für ihre sichere Anwendung in der Literatur hinterlegt sind. Überblickend für die gesamte Pädiatrie hatten in den USA im Jahr 2012 nur 46% aller bedeutsamen Medikamente eine formale pädiatrische Zulassung [40]. Differenziert für die Neonatologie ist diese Quote erheblich geringer und liegt in der Dimension von nur ca. 20% [38]. Alle bisherigen politischen Bemühungen, diese Situation zu verbessern, blieben ohne wesentlichen Erfolg, sodass eine Veränderung der Sachlage nicht absehbar zu erwarten ist.

Unabhängig vom offiziellen Zulassungsstatus existiert für viele Medikamente eine umfangreiche Studien- und Erfahrungslage, die ihre wirksame und sichere Anwendung bei Kindern belegt. In den meisten Fällen gelten diese Medikamente sogar als erste Wahl für bestimmte Indikationen und Patientengruppen, auch wenn keine formale Zulassung vorhanden ist. Ein Beispiel hierfür ist Fentanyl, das zwar formal erst ab einem Kindesalter von 2 Jahren zugelassen ist [1], aber seit

Jahrzehnten international am häufigsten in der Neonatologie zur Analgosedierung eingesetzt wird [12]. Selbst für Frühgeborene und Neugeborene liegen hier pharmakologische Daten und validierte Dosierungsempfehlungen vor [24, 41], die jedoch nicht für eine Zulassung herangezogen wurden.

Für die prähospitalen und innerklinischen Behandlung von Notfällen bei Kindern sollen daher die Therapieentscheidungen auf wissenschaftlicher Evidenz und Erfahrung basieren und nicht allein aufgrund des Zulassungsstatus erfolgen. Ein „Off-Label Use“ ist nicht unsachgemäß, illegal oder kontraindiziert, sondern kann in vielen Fällen die bestmögliche Therapie darstellen. Der „Off-Label Use“ sollte dennoch so bald wie möglich mit den Sorgeberechtigten besprochen werden. Die Anwender von Notfallmedikamenten bei Kindern und Jugendlichen, besonders auch im „Off-Label Use“, sollten zeitnah Kenntnis nehmen von aktuellen Sicherheitshinweisen der Pharmakovigilanz (z. B. Rote-Hand-Briefe, Newsletter der AkdÄ, BfArM-Bulletin).

**Merke.** Ein grundsätzlicher Verzicht auf „Off-Label Use“ gefährdet Kinder und macht eine sachgemäße Behandlung unmöglich.

In einem vom Bundesministerium für Gesundheit geförderten Projekt wurde eine europäisch harmonisierte Datenbank auf Basis der bestmöglichen Evidenz als Referenz für Dosierungsempfehlungen erstellt; diese wurde oben bereits erwähnt und ist kostenfrei abrufbar ([www.kinderformularium.de](http://www.kinderformularium.de)). Ihr Ziel ist es, die Arzneimitteltherapie bei Kindern und Jugendlichen zu verbessern, Dosierungsempfehlungen national und international zu harmonisieren und Informationen für Anwender einfach und kostenfrei zugänglich zu machen [51]. Auszüge aus den hier gesammelten Informationen wurden in der Leitlinie für die wichtigsten Notfallmedikamente tabellarisch zusammengefasst.



## Korrespondenzadresse



### Prof. Dr. med. Jost Kaufmann

Kinderkrankenhaus der Kliniken der Stadt Köln gGmbH  
Amsterdamer Str. 59, 50735 Köln, Deutschland  
jost.kaufmann@uni-wh.de

**Funding.** Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** Die Angaben zum Interessenkonflikt orientieren sich am Formular des International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE). J. Kaufmann hat keinerlei Unterstützung für das vorliegende Manuskript erhalten. In den letzten 36 Monaten erhielt er für mehrere Gerichtsgutachten in Summe ca. 10.000 Euro. J. Kaufmann hält ein europaweites Patent für die Entwicklung des pädiatrischen Notfallineals (PädNfL; [www.notfallineal.de](http://www.notfallineal.de)) und erhält Vergütung für dessen Vermarktung durch die Smart In Venture GmbH, Gleueler Straße 249, 50935 Köln.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

## Literatur

- Braun B, Melsungen AG (2024) Fachinformation „Fentanyl B. Braun 0,1 mg Injektionslösung
- Bembich S, Cont G, Causin E et al (2018) Infant Analgesia With a Combination of Breast Milk, Glucose, or Maternal Holding. *Pediatrics* 142:e20173416
- Bernius M, Thibodeau B, Jones A et al (2008) Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 12:486–494
- Broussard M, Bass PF 3rd, Arnold CL et al (2009) Preprinted order sets as a safety intervention in pediatric sedation. *J Pediatr* 154:865–868
- Calhoun AW, Boone MC, Porter MB et al (2014) Using simulation to address hierarchy-related errors in medical practice. *Perm J* 18:14–20
- Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-De-Heredia et al (2009) Educational strategy to reduce medication errors in a neonatal intensive care unit. *Acta Paediatr* 98:782–785
- Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-De-Heredia et al (2008) Medication errors in a neonatal intensive care unit. Influence of observation on the error rate. *Acta Paediatr* 97:1591–1594
- Condren M, Honey BL, Carter SM et al (2014) Influence of a systems-based approach to prescribing errors in a pediatric resident clinic. *Acad Paediatr* 14:485–490
- Costello JL, Torowicz DL, Yeh TS (2007) Effects of a pharmacist-led pediatrics medication safety team on medication-error reporting. *Am J Health Syst Pharm* 64:1422–1426
- Davey AL, Britland A, Naylor RJ (2008) Decreasing paediatric prescribing errors in a district general hospital. *Qual Saf Health Care* 17:146–149
- Hoyle JD, Davis AT, Putman KK et al (2012) Medication dosing errors in pediatric patients treated by emergency medical services. *Prehosp Emerg Care* 16:59–66
- Hünseler C, Roth B (2009) Analgosedierung in der pädiatrischen Intensivmedizin. *Intensiv Up2date* 5:229–247
- Jain D, Sharma R, Reddy S (2018) WHO safe surgery checklist: Barriers to universal acceptance. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol* 34:7–10
- Jay MA, Thomas BM, Nandi R et al (2017) Higher risk of opioid-induced respiratory depression in children with neurodevelopmental disability: a retrospective cohort study of 12 904 patients. *Br J Anaesth* 118:239–246
- Kaufmann J, Engelhardt T, Steinwegs I et al (2019) Der Einfluss von Ausbildung und Erfahrung auf Dosierungsfehler bei pädiatrischen Notfallmedikamenten – eine interventionelle Fragebogen-Studie mit tabellarischer Hilfe. *Anaesth Intensivmed* 60:164–172
- Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2012) Medication errors in pediatric emergencies: a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 109:609–616
- Kaufmann J, Laschat M, Wappler F (2020) Präklinische Versorgung von Kindernotfällen. *Anaesth Intensivmed* 61:26–37
- Kaufmann J, Rascher W, Neubert A et al (2021) S2k-Leitlinie 027/071: „Medikamentensicherheit bei Kindernotfällen“ AWMF. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/027-071.html>
- Kaufmann J, Roth B, Engelhardt T et al (2018) Development and Prospective Federal State-Wide Evaluation of a Device for Height-Based Dose Recommendations in Prehospital Pediatric Emergencies: A Simple Tool to Prevent Most Severe Drug Errors. *Prehosp Emerg Care* 22:252–259
- Kaufmann J, Schieren M, Wappler F (2018) Medication errors in paediatric anaesthesia—a cultural change is urgently needed! *Br J Anaesth* 120:601–603
- Kaufmann J, Uhl S, Singer E et al (2021) Improving Pediatric Drug Safety in Prehospital Emergency Care—10 Years on. *J Patient Saf* 17:e1241–e1246
- Kaufmann J, Wolf AR, Becke K et al (2017) Drug safety in paediatric anaesthesia. *Br J Anaesth* 118:670–679
- Kidd L, Shand E, Beavis R et al (2010) Prescribing competence of junior doctors: does it add up? *Arch Dis Child* 95:219–221
- Koehntop DE, Rodman JH, Brundage DM et al (1986) Pharmacokinetics of fentanyl in neonates. *Anesth Analg* 65:227–232
- Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS (1999) *To Err is Human: Building a Safer Health System*. National Academy Press, Washington, DC
- Koren G (2002) Trends of medication errors in hospitalized children. *J Clin Pharmacol* 42:707–710
- Kozer E, Scolnik D, Keays T et al (2002) Large errors in the dosing of medications for children. *N Engl J Med* 346:1175–1176
- Kozer E, Scolnik D, Macpherson A et al (2005) Using a preprinted order sheet to reduce prescription errors in a pediatric emergency department: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 116:1299–1302
- Kozer E, Seto W, Verjee Z et al (2004) Prospective observational study on the incidence of medication errors during simulated resuscitation in a paediatric emergency department. *BMJ* 329:1321
- Larose G, Bailey B, Lebel D (2008) Quality of orders for medication in the resuscitation room of a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 24:609–614
- Larsen GY, Parker HB, Cash J et al (2005) Standard drug concentrations and smart-pump technology reduce continuous-medication-infusion errors in pediatric patients. *Pediatrics* 116:e21–e25
- Leonard MS, Cimino M, Shaha S et al (2006) Risk reduction for adverse drug events through sequential implementation of patient safety initiatives in a children's hospital. *Pediatrics* 118:e1124–e1129
- Leotsakos A, Zheng H, Croteau R et al (2014) Standardization in patient safety: the WHO High 5s project. *Int J Qual Health Care* 26:109–116
- Manias E, Kinney S, Cranswick N et al (2014) Interventions to reduce medication errors in pediatric intensive care. *Ann Pharmacother* 48:1313–1331
- McClead RE Jr, Catt C, Davis JT et al (2014) An internal quality improvement collaborative significantly reduces hospital-wide medication error related adverse drug events. *J Pediatr* 165:1222–1229.e1221
- Niesters M, Overdyk F, Smith T et al (2013) Opioid-induced respiratory depression in paediatrics: a review of case reports. *Br J Anaesth* 110:175–182
- Otero P, Leyton A, Mariani G et al (2008) Medication errors in pediatric inpatients: prevalence and results of a prevention program. *Pediatrics* 122:e737–e743
- Pandolfini C, Bonati M (2005) A literature review on off-label drug use in children. *Eur J Pediatr* 164:552–558
- Perondi MB, Reis AG, Paiva EF et al (2004) A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med* 350:1722–1730

40. Sachs AN, Avant D, Lee CS et al (2012) Pediatric information in drug product labeling. *JAMA* 307:1914–1915
41. Santeiro ML, Christie J, Stromquist C et al (1997) Pharmacokinetics of continuous infusion fentanyl in newborns. *J Perinatol* 17:135–139
42. Sexton JB, Thomas EJ, Helmreich RL (2000) Error, stress, and teamwork in medicine and aviation: cross-sectional surveys. *BMJ* 320:745–749
43. Sharman M, Meert KL (2005) What is the right dose of epinephrine? *Pediatr Crit Care Med* 6:592–594
44. Soar J, Bottiger BW, Carli P et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. *Resuscitation* 161:115–151
45. Stewart M, Purdy J, Kennedy N et al (2010) An interprofessional approach to improving paediatric medication safety. *BMC Med Educ* 10:19
46. Subramanyam R, Mahmoud M, Buck D et al (2016) Infusion Medication Error Reduction by Two-Person Verification: A Quality Improvement Initiative. *Pediatrics* 138(6):e20154413
47. Sybrecht GW, Prien T (2010) Arzneimittelsicherheit: Standard-Spritzenaufkleber in der Akutmedizin. *Dtsch Arztebl* 107:A-1031–A-1032
48. Van De Voorde P, Turner NM, Djakow J et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: Paediatric Life Support. *Resuscitation* 161:327–387
49. Wappler F (2003) Current aspects of anesthesia in neuromuscular diseases. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 38:495–499
50. Wells M, Goldstein LN, Bentley A (2017) The accuracy of emergency weight estimation systems in children—a systematic review and meta-analysis. *Int J Emerg Med* 10:29
51. Zahn J, Wimmer S, Rödle W et al (2021) Development and Evaluation of a Web-Based Paediatric Drug Information System for Germany. *Pharmacy* 9:8

**Hinweis des Verlags.** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

## Safety of intravenous medications in pediatric emergencies

Medication errors represent a significant danger to patients of all age groups; however, due to the necessity for considering age-specific dosage recommendations and contraindications as well as the need for individual dose calculations, higher error rates are consistently observed in children compared to adults, independent of the field of care. A significant difference from the care of adults is that even with a great deal of experience, a familiarity with a typical dose cannot develop as in pediatric medicine, patients weigh between less than 1 kg and more than 100 kg. Particularly in emergency situations involving children, most caregivers also experience a high level of psychological stress and multiple potentially dangerous medications must be administered in a short period of time. Even a misplaced comma in the calculation of an adrenaline dose can lead to a life-threatening error. This review analyzes the process of medication administration, identifies typical pitfalls, shows successful interventions and essentially presents the recommendations of the Association of the Scientific Medical Societies in Germany (AWMF) S2k guidelines on “Medication safety in pediatric emergencies”.

### Keywords

Medication errors · Emergencies · Dosing error · Patient safety · Weight estimation