

## ÜBERSICHTSARBEIT

# Medikamentenfehler bei Kindernotfällen

Eine systematische Analyse

Jost Kaufmann, Michael Laschat, Frank Wappler

## ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund:** Fehler bei der Medikamentenverabreichung gehören zu den häufigsten medizinischen Fehlerereignissen, wobei Kinder aufgrund der notwendigen individuellen Dosisberechnung besonders häufig betroffen sind. Fehldosierungen in Höhe einer 10er-Potenz (1 000 % der empfohlenen Dosis) finden statt und stellen eine lebensgefährliche Bedrohung dar. Bei einer simulierten Reanimation in einer Kindernotaufnahme wurden 10er-Potenz-Fehler bei einer von 32 Verordnungen beobachtet. In der präklinischen Notfallmedizin muss mit den höchsten Fehlerraten gerechnet werden. Diese Übersichtsarbeit analysiert den Verordnungsprozess und zeigt evaluierte Interventionsmöglichkeiten zur Verbesserung auf.

**Methode:** Der Beitrag wurde auf der Basis einer systematischen Literaturrecherche erstellt.

**Ergebnisse:** Es konnten 32 Originalarbeiten identifiziert werden, die Interventionen zur Fehlerreduktion bei der Pharmakotherapie von Kindern untersucht haben. Kenntnisse zur pädiatrischen Pharmakotherapie (Kurse, unmittelbar zugreifbare Informationsquellen) sowie Hilfsmittel, die die kognitiven Anforderungen an den Verordnenden reduzieren (Taschenrechner, Computerprogramme, gewichtsbezogene Tabellen) reduzieren Medikamentenfehler. Gleiches gilt für eine Sensibilisierung für diese Problematik, eine Überwachung der Verordnungen, strukturierte Kommunikation und standardisierte, eindeutig gekennzeichnete Medikamentenvorbereitungen. Im klinischen Bereich sind computergestützte Verordnungsprogramme mit integrierter pädiatrisch-pharmakologischer Datenbank empfehlenswert. Im präklinischen Bereich bietet sich das „Pädiatrische Notfalllineal“ an, weil es neben einer validen Gewichtsschätzung altersentsprechende Dosierungsempfehlungen und Berechnungsschritte direkt ablesbar anbietet.

**Schlussfolgerung:** Kinder in Notfallsituationen sind erheblich von Medikamentenfehlern bedroht. Durch eine intensive Vorbereitung kann die Rate an drohenden Fehlern erheblich reduziert werden.

### ► Zitierweise

Kaufmann J, Laschat M, Wappler F: Medication errors in pediatric emergencies—a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 2012; 109(38): 609–16. DOI: 10.3238/arztebl.2012.0609

Das amerikanische „Institute of Medicine“ schätzt, dass in den USA jährlich 7 000 Menschen durch Medikamentenfehler sterben, wobei Selbstmedikation und ärztliche Verordnungen für Patienten jeden Alters analysiert wurden (1). Auch im Krankenhaus gehören Fehler bei der Medikamentenverabreichung zu den häufigsten medizinischen Fehlerereignissen (e1). Aufgrund altersgruppenspezifischer Kontraindikationen und der Notwendigkeit einer individuellen Dosisberechnung ist zu erwarten, dass Kinder besonders durch Medikamentenfehler bedroht sind (e2–e4). So wurde beispielsweise in einem Kinderkrankenhaus eine Rate an potenziell bedrohlichen Verordnungsfehlern beobachtet, die dreimal höher war (e5), als in einer Untersuchung mit identischem Studiendesign bei Erwachsenen (e6). In jeder Versorgungssituation, die raschere zeitliche Abläufe und eine höhere Dichte an Verordnungen erfordert, steigt die Fehlerrate (e7). Im Rahmen eines Risiko-Audits in einer Kindernotaufnahme wurde bei durchschnittlich 1/766 Verordnungen eine Abweichung in einer 10er-Potenz, entsprechend 1 000 % der empfohlenen Dosierung beobachtet, obwohl bereits Maßnahmen zur Verbesserung etabliert worden waren (elektronisches Verordnungs-system, standardisierte Medikamentenvorbereitung) (2). Bei einer prospektiven Untersuchung während simulierten Reanimationen durch Kindernotfallmediziner in einer Kindernotaufnahme waren sogar 1/32 Verordnungen in einer 10er-Potenz falsch (3). Man muss davon ausgehen, dass Fehler in einer solchen Dimension schwere Schäden auslösen können oder in vielen Fällen sogar fatal sind (4, e8, e9).

Weil für die präklinische Notfallversorgung von Kindern weder flächendeckend kinderspezifisches Personal noch auf diese Klientel optimierte Behandlungsabläufe vorgehalten werden können (e10), ist hier mit einer besonders hohen Fehlerrate zu rechnen (e11). Eine retrospektive Analyse von 360 präklinischen Verordnungen in den USA stellte Medikamentenfehler in 35 % aller Fälle fest. Die falsch hohen Dosierungen von intravenös verabreichtem Adrenalin lagen bei durchschnittlich 808 % der empfohlenen Dosis (5). Konkrete Inzidenzen aus größeren Fallkollektiven liegen für den Bereich der Notfallmedizin nicht vor (e12), vermutlich wird eine erhebliche Anzahl an präklinischen Medikamentenfehlern nicht berichtet (e13). Aus der zu erwartenden Häufigkeit und der Tragweite von Medikamentenfehlern bei der präklinischen Notfallversorgung von Kindern leitet sich somit eine erhebliche Bedrohung ab, die reduziert werden muss.

**TABELLE 1**

**PubMed-Recherche (Datenbank ab 1963, letzter Zugriff Mai 2012)**

Suchbegriffe: „medication errors, pediatrics“ UND „emergency“ bzw. „prevention“

|        |  |   |
|--------|--|---|
| gesamt | 219 Publikationen, 32 Studien  |   |
| davon  | ambulante oder elektive Versorgung, Selbstmedikation                 | 149   |
|        | davon  | Übersichtsarbeiten, Expertenmeinungen, Editorials |
|        |  | 52  |
|        |  | Einzelfallberichte, Leserbriefe                   |
|        |  | 11  |
|        |  | verwandte andere Themen                           |
|        |  | 39  |
|        |  | methodische Arbeiten, Fehlerdetektion, Umfragen   |
|        |  | 39  |
|        |  | Anwendungsbeobachtungen, Kohortenstudien          |
|        |  | 7   |
|        |  | randomisierte, kontrollierte Studien              |
|        |  | 1   |
| davon  | präklinische und/oder klinische Notfallversorgung, Intensivstationen | 70  |
|        | davon  | Übersichtsarbeiten, Expertenmeinungen, Editorials |
|        |  | 24  |
|        |  | Einzelfallberichte, Leserbriefe                   |
|        |  | 10  |
|        |  | verwandte andere Themen                           |
|        |  | 12  |
|        |  | methodische Arbeiten, Fehlerdetektion, Umfragen   |
|        |  | 10  |
|        |  | Anwendungsbeobachtungen, Kohortenstudien          |
|        |  | 12  |
|        |  | randomisierte, kontrollierte Studien              |
|        |  | 2   |

**Methode**

Der vorliegende Beitrag wurde auf der Basis einer systematischen Literaturübersicht mit Hilfe einer PubMed-Recherche erstellt (Tabelle 1).

**Ergebnisse**

Die Autoren konnten 22 klinische Studien zur Prävention von Medikamentenfehlern bei der Versorgung von Kindern identifizieren. Durch eine erneute Suche mit jeder der beschriebenen Interventionen als Schlagwort konnten sie weitere zehn pädiatrische Arbeiten ergänzen. Alle so erhaltenen 32 Originalarbeiten wurden in ihrer wissenschaftlichen Qualität bewertet (Tabelle 2). Metaanalysen mit ableitbaren Handlungsempfehlungen oder Leitlinien liegen bislang nicht vor und sind aufgrund der multifaktoriellen Problematik, der fehlenden Vergleichbarkeit einzelner Lösungsansätze, aber auch allein aufgrund uneinheitlicher Definitionen anhand der aktuellen Datenlage nicht realisierbar (6). Ziel dieses Artikels ist es, den Verordnungsprozess mit seinen Fehlerquellen zu analysieren und anhand dieser Struktur Lösungsansätze aufzuzeigen, die zu einer Reduktion von Fehlern beitragen können.

**Analyse des Ablaufs von Medikamentenverordnung und Fehlerquellen  
Feststellung der Indikation**

Am Anfang jeder Verordnung stehen die Indikationsprüfung und die Frage nach erfolgversprechenden Alternativen zur medikamentösen Therapie. In mancher Situation kann durch die Nähe zur Mutter eine

medikamentöse Sedierung unnötig werden. Bei der Versorgung von Kindern sind zusätzlich altersgruppenspezifische Kontraindikationen zu beachten (Tabelle 3).

**Feststellung der Dosisempfehlung**

Als Grundlage für die Verordnung dienen gewichtsbezogene Dosisempfehlungen, wobei diese abhängig von der Altersgruppe erheblich variieren können. Beispielsweise wurden bei der Gabe von Propofol zur Narkoseinduktion bei Frühgeborenen bei einer Dosis von 1 mg/kg erhebliche Kreislaufdepressionen beobachtet (e14). Hingegen wurden bei fünf- bis zehnjährigen Kindern nach 3 mg/kg Propofol und 2 oder 3 µg/kg Remifentanyl keinerlei Hypotensionen mehr beschrieben (e15).

**Feststellung des Gewichtes**

Bei der medizinischen Versorgung wird oft dem tatsächlichen Gewicht eines Kindes wenig Bedeutung beigemessen. So wurden in einer Kindernotaufnahme nur 2 % der Kinder gewogen, wobei das Gewicht aller anderen Kinder mit unterschiedlichen Methoden geschätzt wurde (e16). Am häufigsten wurden altersbezogene Schätzformeln verwendet, deren mangelhafte Qualität bekannt ist (9). Beispielsweise wogen die Sechsjährigen in der genannten Untersuchung zwischen 19 und 30 kg (e16). Auch bei der präklinischen Notfallversorgung wird dem Gewicht der Kinder nicht immer eine adäquate Bedeutung beigemessen. Dies wird auch daran erkennbar, dass im standardisierten Notarzteinsetzprotokoll gemäß den Empfehlungen der DIVI (Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin), in dem 203 Parameter erfasst werden, kein Feld für die Angabe des Gewichtes vorhanden ist (e17, e18). Im klinischen Alltag lässt sich zudem beobachten, dass in Einzelfällen sogar Medikamentendosierungen ohne konkrete Schätzung des Gewichtes sondern in Form einer Relation zu einer Erwachsenenosis vorgenommen werden.

**Errechnen der Dosis und der Zubereitung**

Alleine die Notwendigkeit zur individuellen Berechnung der erforderlichen Dosis beinhaltet die Möglichkeit von Berechnungsfehlern (e2). Beispielsweise verdoppeln Säuglinge im ersten halben Lebensjahr in der Regel ihr Körpergewicht. Somit ist hier keine Vertrautheit mit einer üblichen Dosis zu erwarten und selbst Fehldosierungen in einer 10er-Potenz werden nicht als verdächtig wahrgenommen und kommen regelmäßig vor (2). Die Festlegung der richtigen Dosis scheint der bedeutsamste Schritt zu sein, denn hier wird die höchste Rate an Fehlern beobachtet (e19, e20, 38). Zusätzlich kommt als weitere Fehlerquelle die Wahl der Zubereitung hinzu. Aufgrund der erheblichen Dosisunterschiede werden für viele Medikamente Zubereitungen in unterschiedlichen Packungsgrößen und Konzentrationen angeboten und es werden Verdünnungen hergestellt, um praktikable Volumina verabreichen zu können.

**TABELLE 2**

**Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität von Medikamentenverordnungen bei Kindern und Nachweis ihres Effektes**

| Evidenzklasse nach EBM <sup>1</sup> , Autor Jahr   | Studiendesign   | Intervention  | Effekt  |
|--|---|---|---|
| Fehlerquelle: Altersgruppenspezifische Kenntnisse (Indikation, Kontraindikationen, Dosierungsempfehlungen) |   |   |   |
| III, Mullett 2001 (7)  | prospektive Kohortenstudie  | Informationsdatenbank   | signifikante Reduktion der Fehlerrate   |
| IV, Sard 2008 (8)  | retrospektive Kohortenstudie  | Dosierungstabelle   | signifikante Reduktion Fehlerrate   |
| Fehlerquelle: Feststellung des Gewichtes   |   |   |   |
| III, Krieser 2007 (9)  | prospektive Beobachtungsstudie  | Vergleich der Methoden zur Gewichtsschätzung  | längenbezogene Schätzung überlegen  |
| Fehlerquelle: Berechnung der Dosis   |   |   |   |
| II, Shah 2003 (10)   | prospektive randomisierte kontrollierte Crossover-Studie, Vergleich Medikamentendosierungen, Benutzung eines pädiatrischen Notfalllineals                     | simulierte Reanimationen an Kinderpuppen, je 4 Reanimationen durch 28 Ärzte<br>1) ohne, 2) mit Benutzung eines pädiatrischen Notfalllineals | Abweichung der Dosierungen von der empfohlenen Dosierung in %<br>1) 36,3 % (KI: 29,3–51,2 %)<br>2) 7,6 % (KI: 4,5–9,1 %)          |
| III, Cordero 2004 (11)   | prospektive Kohortenstudie  | elektronische Rechenhilfe   | Reduktion der Fehlerrate  |
| III, Kirk 2005 (12)  | prospektive Kohortenstudie  | elektronische Rechenhilfe   | signifikante Reduktion der Fehlerrate   |
| II, Bernius 2008 (13)  | randomisierte kontrollierte Studie, korrekte Verordnungen in einem Verordnungsbogen, Zuhilfenahme einer Tabelle   | pädiatrische Verordnungsbogen, 523 Rettungsmediziner<br>1) ohne<br>2) mit Zuhilfenahme einer Tabelle  | korrekte pädiatrische Verordnungsbogen<br>1) 65 %<br>2) 94 %  |
| III, Wong 2009 (14)  | prospektive Beobachtungsstudie  | Einführen Handbuch/Dosierungstabelle  | höhere Rate an richtigen Verordnungen   |
| Fehlerquelle: Übermittlung der Verordnung  |   |   |   |
| II, Kozer 2005 (15)  | randomisierte kontrollierte Studie, Vergleich der Fehlerraten Verordnungsbogen, strukturiertes Formular   | 787 Medikamentenverordnungen, Kindernotaufnahme<br>1) schriftlich auf einem Blankopapier<br>2) schriftlich auf einem Formular               | Rate Medikamentenfehler<br>1) 16,6 %<br>2) 9,8 % (OR 0,55; KI: 0,21–0,77)   |
| IV, Larose 2008 (16)   | retrospektive Kohortenstudie  | Anordnung schriftlich auf einem Formular  | signifikante Reduktion der Fehlerrate   |
| IV, Broussard 2009 (17)  | retrospektive Beobachtungsstudie  | Anordnung schriftlich auf einem Formular  | signifikante Reduktion der Fehlerrate   |
| Übergreifende oder mehrere Maßnahmen   |   |   |   |
| III, Morriss 2009 (18)   | prospektive Kohortenstudie  | Einführung Barcode-Etiketten und Kontrollsystem   | signifikante Reduktion von Medikamentenfehlern  |
| III, Davey 2007 (19)   | prospektive Kohortenstudie  | Unterricht über pädiatrische Verordnungen   | signifikante Reduktion der Rate von Verordnungsfehlern  |
| II, Gordon 2011 (20)   | randomisierte kontrollierte Studie, Vergleich Ergebnisse eines Tests über pädiatrische Verordnungen, elektronischer Unterricht über pädiatrische Verordnungen | schriftlicher Test, Ärzte 86 ohne vs. 76 mit Unterricht<br>1) vor elektronischem Unterricht<br>2) ein Monat danach<br>3) drei Monate danach | richtige Ergebnisse schriftlicher Test<br>1) 67 vs. 67 % (p = 0,56)<br>2) 79 vs. 63 % (p < 0,0001)<br>3) 79 vs. 69 % (p < 0,0001) |
| III, Taylor 2008 (21)  | prospektive Beobachtungsstudie  | elektronisches Verordnungssystem  | Reduktion Abweichen von empfohlener Dosierung   |
| III, Walsh 2008 (22)   | prospektive Beobachtungsstudie  | elektronisches Verordnungssystem  | Reduktion bedrohliche Fehler und Schädigungen   |
| III, King 2003 (23)  | prospektive Beobachtungsstudie  | elektronisches Verordnungssystem  | signifikante Reduktion der Rate von Verordnungsfehlern  |
| III, Campino 2009 (24)   | prospektive Kohortenstudie  | Unterricht  | signifikante Reduktion der Rate von Verordnungsfehlern  |
| III, Potts 2004 (25)   | prospektive Kohortenstudie  | elektronisches Verordnungssystem  | Reduktion Fehler/bedrohliche Fehler   |
| III, Kazemi 2011 (26)  | prospektive Kohortenstudie  | elektronisches Verordnungssystem und Datenbank  | signifikante Reduktion bedrohlicher Fehler  |
| III, Kidd 2010 (27)  | prospektive Kohortenstudie  | Schulung, Handbuch, Taschenrechner  | bessere Ergebnisse schriftlicher Test   |
| IV, Kadmon 2009 (28)   | retrospektive Kohortenstudie  | elektronisches Verordnungssystem und Datenbank  | signifikante Reduktion Fehler/bedrohliche Fehler  |
| III, Campino 2008 (29)   | prospektive kontrollierte Kohortenstudie  | Kontrolle der Verordnungen  | signifikante Reduktion der Rate von Dosierungsfehlern   |
| IV, Costello 2007 (30)   | kontrollierte Kohortenstudie  | Kontrolle, Unterricht, CIRS   | Reduktion Fehler/bedrohliche Fehler   |

| Evidenzklasse nach EBM <sup>*1</sup> , Autor Jahr | Studiendesign                           | Intervention                  | Effekt  |
|---|---|-------------------------------|---|
| III, Larsen 2005 (31)                             | prospektive Kohortenstudie              | multiple Interventionen       | Reduktion Fehler/Fehler in 10er-Potenz                  |
| III, Stewart 2010 (32)                            | prospektive Vergleichstudie             | Teilnahme an Seminaren        | Verbesserung  |
| IV, Otero 2008 (4)                                | retrospektive Vergleichsstudie          | multiple Interventionen       | signifikante Reduktion der Rate von Medikamentenfehlern |
| III, Leonard 2006 (33)                            | prospektive Kohortenstudie              | multiple Interventionen       | signifikante Reduktion der Rate bedrohlicher Fehler     |
| III, Kaji 2006 (34)                               | prospektive Beobachtungsstudie          | Benutzung eines Notfalllineal | Verbesserung Rate korrekte Dosis                        |
| III, Ligi 2010 (35)                               | prospektive Kohortenstudie              | CIRS plus multiple Strategien | signifikante Reduktion Rate Fehler in 10er-Potenz       |
| IV, Koren 2002 (36)                               | retrospektive Kohortenstudie            | multiple Interventionen       | signifikante Reduktion der Rate von Medikamentenfehlern |
| IV, Sharek 2008 (37)                              | prospektiv/retrospektive Kontrollgruppe | multiple Interventionen       | signifikante Reduktion der Rate von Medikamentenfehlern |

\*1 Evidenzklassen nach Centre for Evidence-Based Medicine, 2011 (e37):  
 I, Metaanalyse randomisierter, kontrollierter Studien; II, randomisierte, kontrollierte Studie; III, gut angelegte (prospektive) kontrollierte Studie (ohne Randomisierung);  
 IV, Fallserie, Fall-Kontroll-Studie oder historisch kontrollierte Studie; V, Fallberichte, Expertenmeinungen; CIRS, Critical Incident Reporting System (Fehlerberichtssystem). KI, Konfidenzintervall;  
 OR, Odds Ratio; Eine ausführlichere tabellarische Zusammenfassung der Studien mit den Evidenzklassen III und IV ist im Internet abrufbar (eTabelle).

**Erstellung und Übermittlung der Verordnung**

Auch Kommunikationsdefizite sind in erheblichem Umfang an dem Entstehen von Medikamentenfehlern beteiligt (e21). Eine vollständige Verordnung beinhaltet eine Dosierung (zum Beispiel in mg/kg), sowie die sich aus dem Körpergewicht ergebende absolute Dosis (zum Beispiel mg). Des Weiteren sind die Benennung der verwendeten Konzentration (zum Beispiel mg/mL) und die sich daraus ergebende absolute Menge der zu verabreichenden Lösung (zum Beispiel in mL) notwendig. Auch bezüglich ähnlich klingender Namen (zum Beispiel „Esmeron“, „Esmolol“) muss aufgepasst werden (e22). Wenn eine Verdünnung benutzt werden soll, ist eine exakte Bezeichnung und am Besten auch eine Anleitung für deren Herstellung erforderlich. Bei simulierten Reanimationen in einer Notaufnahme eines Kinderkrankenhauses wurden in 17 % der Verordnungen keine in diesem Sinne vollständigen Verordnungen angegeben (3).

**Vorbereitung und Verabreichung der Verordnung**

In den meisten klinischen Situationen ist es die Aufgabe einer Assistenzperson, durch die Medikamentenvorbereitung eine Lösung mit der gewünschten Konzentration herzustellen sowie die geforderte Dosis in Form der bezeichneten Menge zu verabreichen. Bei der schon erwähnten prospektiven Beobachtungs-Studie mit simulierten Reanimationen in einer Kindernotaufnahme wurden die vorbereiteten Spritzen gesammelt. In 7 % der Spritzen wurde eine Konzentration gemessen, die um mehr als 50 % von der angegebenen Konzentration abwich (3).

**Einfluss der Versorgungssituation auf die Fehlerrate**

Die Summe der genannten Fehlerquellen gewinnt weiter an Bedeutung, je dringlicher der zeitliche Ablauf und die Dichte mehrerer Verordnungen ist, was

beispielsweise auf Intensivstationen für Erwachsene (e23) und Neugeborene nachgewiesen wurde (e5). In einer retrospektiven Kohortenstudie in einer Kindernotaufnahme wurden 10 % der Verordnungen als fehlerhaft gewertet (38). Bei der präklinischen Notfallversorgung muss im Vergleich dazu mit einer weiteren Steigerung der Rate an Fehldosierungen gerechnet werden. Neben dem emotionalen Druck, den viele Notärzte empfinden (e24), halten die präklinischen Versorgungsstrukturen weder auf Kinder spezialisiertes Personal noch für diese Klientel optimierte Behandlungsabläufe vor. Kontrollmechanismen durch mehrere Personen mit vergleichbarer Kompetenz stellen in der Klinik einen bedeutsamen Sicherheitsgewinn dar und fallen hier ebenso weg. Diese Problematik wurde durch eine prospektive Untersuchung verdeutlicht, bei der nur in 34 % der präklinisch verabreichten Adrenalingaben zur Reanimation eine korrekte Dosierung verwendet wurde (34). Belegt ist auch, dass Übermüdung der verordnenden Personen und nächtliche Uhrzeiten zur Fehlerrate beitragen (38, e25, e26).

**Ansätze zur Verbesserung der Medikamentenverordnungen**

Im Folgenden sollen Strategien zur Vermeidung dieser Fehler aufgezeigt und nach Möglichkeit durch Literaturvergleich in ihrer Wirksamkeit gewertet werden.

**Feststellung der Indikation und der Dosierungsempfehlungen**

Grundlegende Kenntnisse zu altersgruppenspezifischen Besonderheiten von Notfallmedikamenten sollten generell vorhanden sein. Es stehen mehrere Zusammenstellungen zur pädiatrischen Arzneimitteltherapie zur Verfügung und es erscheint sinnvoll, bei der präklinischen Versorgung auf eine solche zu

greifen zu können (Tabelle 4). Nachweislich erhöht der Zugriff auf pädiatrisch-pharmakologische Informationen die Rate korrekter Dosierungen (7), auch wenn es sich dabei nur um eine tabellarische Zusammenstellung handelt (8). In besonderen Situationen kann auch eine telefonische Konsultation der nächstgelegenen pädiatrischen Intensivstation hilfreich sein.

**Feststellung des Gewichtes**

Verschiedene Autoren fordern das Wiegen des Kindes als zwingende Maßnahme vor einer Medikamentenverordnung (39), wobei dies in der Notfallmedizin oft nicht durchführbar ist. Ein wertvoller Schritt bestünde alleine schon darin, dem Gewicht eine adäquate Bedeutung beizumessen. In vielen Fällen stehen die Eltern als Auskunft für das Gewicht des Kindes zur Verfügung und dies sollte genutzt werden. In einem Vergleich von Gewichtsschätzungen an 410 Kindern konnten die Eltern das Gewicht in 78 % der Fälle mit einer Abweichung von unter 10 % korrekt schätzen (9), altersbezogene Formeln waren demgegenüber weit unterlegen. Die nächstbeste Quelle stellt die längenbezogene Schätzung dar, die anhand von Perzentilen auf ein durchschnittliches Gewicht (somit Idealgewicht) schließt. Daher sollte diese Methode bei fehlender Möglichkeit, das Kind zu wiegen, verwendet werden (Perzentilen-Kurven oder pädiatrisches Notfalllineal). Bei adipösen Kindern ist die Dosierung am Idealgewicht sogar vorteilhaft, denn diese Kinder haben einen geringeren proportionalen Anteil des Extrazellulärvolumens am Gewicht, welches das maßgebliche Verteilungsvolumen für die Dosierung von Notfallmedikamenten, Analgetika und Sedativa darstellt (e27).

**Errechnen der Dosis und der Zubereitung**

Nach Kenntnis der Dosierungsempfehlung und des Gewichtes kann man die erwünschte Dosis berechnen. Dabei sind elektronische Hilfsmittel (zum Beispiel Taschenrechner) wünschenswert, weil hiermit Rechenfehler nachweislich zu minimieren sind (11). Beispielsweise kam es durch die Verwendung eines Computerprogrammes zur Dosisberechnung in einem Kinderkrankenhaus zu einer Halbierung der verordneten Fehldosierungen (12). Aber auch jede andere Maßnahme, die eine Reduktion der erforderlichen Kalkulationsschritte ermöglicht, kann die Rate an Fehlern reduzieren (e28). Beispielsweise wurden in einer prospektiven Untersuchung in den USA über 500 präklinische Notfallmediziner gebeten, in einer ruhigen, stressfreien Situation pädiatrische Verordnungen in einem Fragebogen zu berechnen, wobei immer alle benötigten Informationen genannt wurden und nur ganze Zahlen verwendet wurden. Randomisiert zugeordnet durfte etwa die Hälfte der Teilnehmer dazu eine Tabelle zu Hilfe nehmen (Tabelle 5). Ohne die Tabelle füllten nur 65 % der Notfallmediziner die Fragebögen vollständig korrekt aus, mit der Tabelle hingegen 94 % (13).

**TABELLE 3**

**Beispiele für altersgruppenspezifische Kontraindikationen von bei Erwachsenen unproblematischen Medikamenten**

| Medikament         | altersgruppenspezifische Besonderheit   |
|--------------------|---|
| Acetylsalicylsäure | unter 12 Jahren nur unter strengster Indikationsstellung, Reye-Syndrom (e34)                                  |
| Metoclopramid      | unter 12 Jahren möglicherweise extrapyramidale Störungen (e35)  |
| Promethazin        | (oder andere sedierend wirkende Antihistaminika) können möglicherweise plötzlichen Kindstod begünstigen (e36) |

**TABELLE 4**

**Beispiele für kompakte Zusammenstellungen zur pädiatrischen Arzneimitteltherapie**

| Autor, Jahr         | Titel, Verlag  |
|---------------------|--|
| Wigger et al., 2001 | Lightfaden Medikamente in der Pädiatrie, Urban & Fischer |
| Ege et al., 2009    | PÄD i.v., W. Zuckschwerdt Verlag                         |
| Renner, 2006        | Arzneimittel in der Pädiatrie, Thieme Verlag             |

**TABELLE 5**

**Auszugsweise Übersetzung der Notfalldosierungskarte nach Bernius (13)**

|  | 3,5 kg            | 5 kg              | 10 kg          | ... |
|--|-------------------|-------------------|----------------|-----|
| Adenosin (0,1 mg/kg initiale Dosis)<br>(6 mg/2 mL)                                       | 0,35 mg<br>0,1 mL | 0,5 mg<br>0,17 mL | 1 mg<br>0,3 mL | ... |
| (0,2 mg/kg zweite Dosis)<br>schnelle intravenöse/intraossäre Verabreichung               | 0,7 mg<br>0,2 mL  | 1 mg<br>0,3 mL    | 2 mg<br>0,7 mL | ... |
| ...  | ...               | ...               | ...            | ... |
| Adrenalin: Reanimation<br>1 : 1 000 (endotracheal)<br>1 : 10 000 (intravenös/intraossär) | 0,35 mL           | 0,5 mL            | 1 mL           | ... |
| ...  | ...               | ...               | ...            | ... |

**Übermittlung der Verordnung**

Es ist grundsätzlich wünschenswert, eine Verordnung wo immer möglich in schriftlicher Form zu übermitteln. Dies ist in hoch akuten Notfallsituationen kaum zu gewährleisten. Dennoch sollten alle Informationen und Berechnungsschritte zumindest verbal kommuniziert werden. Der Empfänger der Verordnung sollte diese zur Bestätigung ebenso vollständig wiederholen. Durch eine Etablierung einer derartigen Kommunikationsstruktur ist eine Senkung der Rate von Medikamentenfehlern zu erwarten (e11, e21), wobei dies für mündliche Anordnungen bisher nicht untersucht wurde. Durch das Einführen eines schriftlichen Verordnungsbogens (Tabelle 6) konnte jedoch eine geringere Fehlerrate dokumentiert werden (15–17).



**TABELLE 6**

**Übersetzung eines Anordnungsbogens von Kozer (15)**

| Datum | Uhrzeit | Gewicht (kg) | Dosierung (mg/kg) | Tagesdosis | Einzelgabe (mg/kg) | Anzahl Gaben täglich | Verabreichungsweg | Unterschrift |
|-------|---------|--------------|-------------------|------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------|
|       |         |              |                   |            |                    |                      |                   |              |
|       |         |              |                   |            |                    |                      |                   |              |
|       |         |              |                   |            |                    |                      |                   |              |



**Abbildung 1:** Das Pädiatrische Notfalllineal, angelegt an der Ferse bei mit gestreckten Beinen liegendem Kind. In dem am Kopfende zum Liegen kommenden Segment können das Gewicht, altersentsprechende Normwerte, Größen von benötigten Ausrüstungsgegenständen sowie die gewichtsbezogenen Dosierungen von Notfall-Medikamenten abgelesen werden.

**Vorbereitung und Verabreichung der Verordnung**

Wo immer möglich, sollten so wenige Konzentrationen benutzt werden, wie es vertretbar ist. Wenn nach der Medikamentengabe eine Nachspülung erfolgt, kann in vielen Fällen die unverdünnte Medikamentenlösung mit Hilfe von kleinen Spritzen (1-mL-Spritze mit 0,01-mL-Skalierung) verwendet werden. Es sollten Spritzen mit verschiedenen Konzentrationen des gleichen Wirkstoffes vermieden werden. Gewünschte Mischungsverhältnisse müssen exakt eingehalten werden. Kommerziell vorbereitete und etikettierte Spritzen erreichen dabei eine größere Sicherheit, denn hier sind Qualitätskontrollen des Herstellungsprozesses integriert (39). Nachteil solcher vorbereiteten Spritzen bestehen in der limitierten Haltbarkeit und in den Kosten. Jede vorbereitete Spritze sollte eine klare Kennzeichnung erhalten, was schon eine wirksame Überprüfung darstellt (e29). Vorteilhaft erscheint die Verwendung von farblich einheitlich gestalteten Aufklebern, wie sie in Form der ISO 26825 international festgelegt wurden (e30). So konnte belegt werden, dass durch eine solche Kennzeichnungsnorm zumindest die Verwechslungen zwischen den Medikamentengruppen reduziert werden können (39). Besonders empfehlenswert scheint auch

eine elektronisch lesbare Etikettierung von Spritzen, die von „intelligenten“ Spritzenpumpen eingelesen werden können (18), wobei diese Maßnahme im praktischen Bereich noch nicht durchführbar scheint.

**Übergreifende Ansätze zur Verbesserung der Medikamentenverordnungen**

Im Folgenden werden Verbesserungsmöglichkeiten bei der Medikamentenverordnung dargestellt, die keinem der zuvor genannten Punkte zuzuordnen sind oder mehrere Unterpunkte umfassen.

**Ausbildungskonzepte der Mitarbeiter, Observations- und Reporting-Systeme**

Eine flächendeckende präklinische Notfallversorgung durch Kinderärzte und Kinderpflegekräfte ist sicher nicht zu gewährleisten. Es konnte aber mehrfach gezeigt werden, dass Erfahrung und Ausbildung die Fehlerraten reduzieren kann. Beispielsweise kann durch Unterricht, der Kenntnisse in pädiatrischer Pharmakotherapie vermittelt, aber auch Ursachen von Medikamentenfehlern und deren Lösungsansätze zum Inhalt hat, die Rate an Verschreibungsfehlern reduziert werden (4, 19, 20, 24, 32). Fehler-Berichtssysteme (CIRS,

„critical incident reporting system“) steigern die Rate an berichteten und in einer Klinik konstruktiv diskutierten Fehlern (e20), wobei bisher ohne Nachweis vermutet werden kann, dass dadurch eine Reduktion von Fehlern erreicht wird. Nachweislich konnte aber alleine das Einführen von Kontrollen durch den Krankenhausapotheker auf einer neonatologischen Intensivstation die Fehlerrate reduzieren (29). Diese Maßnahme wurde den Mitarbeitern angekündigt und hatte offensichtlich deren Vigilanz erhöht.

### Elektronische Verordnungssysteme

Bei der Verwendung von computerbasierten Verordnungssystemen werden gewünschte Dosierungen, Applikationswege und Häufigkeiten in ein Programm eingegeben und Rechenschritte durch den Computer erledigt. Nachweislich kann ein solches System die Rate an lückenhaften Verordnungen reduzieren (21), wobei die Rate an bedrohlichen Fehldosierungen durch diese isolierte Maßnahme nicht reduzierbar ist (23, e31). Durch Integration einer Datenbank zur pädiatrischen Pharmakotherapie, die Hinweise zu Dosierungsempfehlungen und einen Kontrollmechanismus impliziert, konnten bedrohliche Fehldosierungen signifikant verringert werden (23, 25, 26).

### Das Pädiatrische Notfalllineal

Das Pädiatrische Notfalllineal (PädNFL) gewährleistet Unterstützung in allen aufgezeigten Unterpunkten der Medikamentenverordnung. Besonders im präklinischen Bereich, in dem einige der genannten die Verordnungssicherheit erhöhenden Maßnahmen aufgrund der strukturellen Gegebenheiten nicht zum Einsatz kommen können, kann der Einsatz sinnvoll sein. Das PädNFL ermöglicht eine präzise Gewichtsschätzung unter Vermeidung von durch Adipositas bedingter Überdosierung und stellt altersgruppenabhängige Dosisempfehlungen zur Verfügung. In Folge einer standardisierten, auf dem Lineal beschriebenen Medikamentenvorbereitung sind dann direkt die Konzentrationen und die daraus abgeleiteten zu verabreichenden Volumina angegeben. Somit ist ein Großteil der kognitiven Leistungen der Medikamentenverordnungen in dem Lineal hinterlegt und es ist somit nicht überraschend, dass anhand eines ähnlichen Prinzips (Broselow-Tape) der Nutzen im Rahmen von simulierten Reanimationen bereits vielfach erwiesen wurde (10). Auch bei der präklinischen Notfallversorgung von Kindern konnte im Rahmen einer prospektiven Kohortenstudie die Rate an korrekt dosierten Adrenalingaben durch die Einführung dieses Hilfsmittels nahezu verdoppelt werden (34). Zusätzlich ist die längenbezogene Wahl des passenden endotrachealen Tubus den altersbezogenen Formeln überlegen (40). Des Weiteren sind physiologische Normwerte auf einen Blick abrufbar, wobei ein Einhalten dieser Werte entscheidend für ein optimales neurologisches Ergebnis sind (e32). Der bewiesene Nutzen des Lineals hat zu einer Empfehlung seines Einsatzes in den Reanimations-Leitlinien der American Heart Association (AHA) geführt (e33) (*Abbildung 1*).

## Schlussfolgerung

Medikamentenfehler stellen eine bedeutsame Bedrohung für alle Patienten dar, wobei besonders Kinder in Notfallsituationen einer erheblichen Gefährdung ausgesetzt sind. Es wäre wünschenswert und vermutlich auch lohnend, dass zu diesem Themenbereich intensive und koordinierte Forschungsaktivitäten stattfinden. Generell führen alleine schon eine Sensibilisierung der Mitarbeiter für diese Problematik sowie diesbezügliche Weiterbildungen zu einer Reduktion von Fehldosierungen. Gleiches gilt für alle Maßnahmen, die zu einer Reduktion der kognitiven Anforderungen an die Verordnenden führen.

### KERNAUSSAGEN

- Mitarbeiter sollten regelmäßig Schulungen erhalten, bei denen Ursachen und Prävention von Medikamentenfehlern sowie Kenntnisse über die pädiatrische Pharmakotherapie vermittelt werden. Eine regelhafte Kontrolle der Verordnungen erhöht ebenso wesentlich deren Qualität.
- Das Gewicht von Kindern spielt eine entscheidende Rolle bei der Pharmakotherapie, es sollten geeignete Schätzmethoden verwendet werden. Die Errechnung der Dosis sollte mit elektronischer Hilfe (zum Beispiel Taschenrechner) oder einer gewichtsbezogenen Tabelle erfolgen.
- Es sollte jederzeit Zugriff auf Daten zur pädiatrischen Pharmakotherapie (altersgruppenspezifische Dosierungen, Medikamentenzubereitung und Kontraindikationen) gewährleistet werden. Dies kann elektronisch, aber auch in Form von Tabellen oder Kitteltaschenbüchern gewährleistet sein.
- Es sollten möglichst wenige Medikamentenzubereitungen mit unterschiedlichen Konzentrationen vorgehalten werden; wann immer möglich, sollte auf Verdünnungen verzichtet werden (zum Beispiel auch durch den Einsatz von 1 mL Spritzen mit Skalierung). Spritzen sind möglichst einheitlich (zum Beispiel ISO-Norm 26825) zu etikettieren.
- Die Verordnung sollte, wenn immer möglich, schriftlich in Form eines strukturierten Anordnungsboogens stattfinden. Bei mündlichen Anordnungen ist zu fordern, dass eine Kommunikationsstruktur aufgebaut wird, bei der eine strukturierte und vollständige Ansage und deren bestätigende vollständige Wiederholung durch den Empfänger stattfindet.

### Interessenkonflikt

Dr. Kaufmann hält einen Gebrauchsmusterschutz und erhält Lizenzgebühren für das „Pädiatrische Notfalllineal“.

Die anderen Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

### Manuskriptdaten

eingereicht: 27. 2. 2012, revidierte Fassung angenommen: 5. 6. 2012

### LITERATUR

1. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS: To Err is Human: Building a Safer Health System. Washington, DC: National Academy Press 1999.
2. Kozer E, Scolnik D, Keays T, Shi K, Luk T, Koren G: Large errors in the dosing of medications for children. *N Engl J Med* 2002; 346: 1175–6.
3. Kozer E, Seto W, Verjee Z, et al.: Prospective observational study on the incidence of medication errors during simulated resuscitation in a paediatric emergency department. *BMJ* 2004; 329: 1321.
4. Otero P, Leyton A, Mariani G, Ceriani Cernadas JM, Patient Safety Committee: Medication errors in pediatric inpatients: prevalence and results of a prevention program. *Pediatrics* 2008; 122: e737–43.

5. Hoyle JD, Davis AT, Putman KK, Trytko JA, Fales WD: Medication dosing errors in pediatric patients treated by emergency medical services. *Prehosp Emerg Care* 2012; 16: 59–66.
6. Miller MR, Robinson KA, Lubomski LH, Rinke ML, Pronovost PJ: Medication errors in paediatric care: a systematic review of epidemiology and an evaluation of evidence supporting reduction strategy recommendations. *Qual Saf Health Care* 2007; 16: 116–26.
7. Mullett CJ, Evans RS, Christenson JC, Dean JM: Development and impact of a computerized pediatric anti-infective decision support program. *Pediatrics* 2001; 108: E75.
8. Sard BE, Walsh KE, Doros G, Hannon M, Moschetti W, Bauchner H: Retrospective evaluation of a computerized physician order entry adaptation to prevent prescribing errors in a pediatric emergency department. *Pediatrics* 2008; 122: 782–7.
9. Krieser D, Nguyen K, Kerr D, Jolley D, Clooney M, Kelly AM: Parental weight estimation of their child's weight is more accurate than other weight estimation methods for determining children's weight in an emergency department? *Emerg Med J* 2007; 24: 756–9.
10. Shah AN, Frush K, Luo X, Wears RL: Effect of an intervention standardization system on pediatric dosing and equipment size determination: a crossover trial involving simulated resuscitation events. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2003; 157: 229–36.
11. Cordero L, Kuehn L, Kumar RR, Mekhjian HS: Impact of computerized physician order entry on clinical practice in a newborn intensive care unit. *J Perinatol* 2004; 24: 88–93.
12. Kirk RC, Li-Meng Goh D, Packia J, Min Kam H, Ong BK: Computer calculated dose in paediatric prescribing. *Drug Saf* 2005; 28: 817–24.
13. Bernius M, Thibodeau B, Jones A, Clothier B, Witting M: Prevention of pediatric drug calculation errors by prehospital care providers. *Prehosp Emerg Care* 2008; 12: 486–94.
14. Wong E, Taylor Z, Thompson J, Tuthill D: A simplified gentamicin dosing chart is quicker and more accurate for nurse verification than the BNFC. *Arch Dis Child* 2009; 94: 542–5.
15. Kozar E, Scolnik D, MacPherson A, Rauchwerger D, Koren G: Using a preprinted order sheet to reduce prescription errors in a pediatric emergency department: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2005; 116: 1299–302.
16. Larose G, Bailey B, Lebel D: Quality of orders for medication in the resuscitation room of a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2008; 24: 609–14.
17. Broussard M, Bass PF, 3rd, Arnold CL, McLarty JW, Bocchini JA, Jr.: Preprinted order sets as a safety intervention in pediatric sedation. *J Pediatr* 2009; 154: 865–8.
18. Morriss FH, Jr., Abramowitz PW, Nelson SP, et al.: Effectiveness of a barcode medication administration system in reducing preventable adverse drug events in a neonatal intensive care unit: a prospective cohort study. *J Pediatr* 2009; 154: 363–8, 8 e1.
19. Davey AL, Britland A, Naylor RJ: Decreasing paediatric prescribing errors in a district general hospital. *Qual Saf Health Care* 2008; 17: 146–9.
20. Gordon M, Chandratilake M, Baker P: Improved junior paediatric prescribing skills after a short e-learning intervention: a randomised controlled trial. *Arch Dis Child* 2011; 96: 1191–4.
21. Taylor JA, Loan LA, Kamara J, Blackburn S, Whitney D: Medication administration variances before and after implementation of computerized physician order entry in a neonatal intensive care unit. *Pediatrics* 2008; 121: 123–8.
22. Walsh KE, Landrigan CP, Adams WG, et al.: Effect of computer order entry on prevention of serious medication errors in hospitalized children. *Pediatrics* 2008; 121: e421–7.
23. King WJ, Paice N, Rangrej J, Forestell GJ, Swartz R: The effect of computerized physician order entry on medication errors and adverse drug events in pediatric inpatients. *Pediatrics* 2003; 112: 506–9.
24. Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-de-Heredia I, Valls-i-Soler A: Educational strategy to reduce medication errors in a neonatal intensive care unit. *Acta Paediatr* 2009; 98: 782–5.
25. Potts AL, Barr FE, Gregory DF, Wright L, Patel NR: Computerized physician order entry and medication errors in a pediatric critical care unit. *Pediatrics* 2004; 113: 59–63.
26. Kazemi A, Ellenius J, Pourasghar F, et al.: The effect of Computerized Physician Order Entry and decision support system on medication errors in the neonatal ward: experiences from an Iranian teaching hospital. *J Med Syst* 2011; 35: 25–37.
27. Kidd L, Shand E, Beavis R, Taylor Z, Dunstan F, Tuthill D: Prescribing competence of junior doctors: does it add up? *Arch Dis Child* 2010; 95: 219–21.
28. Kadmon G, Bron-Harlev E, Nahum E, Schiller O, Haski G, Shonfeld T: Computerized order entry with limited decision support to prevent prescription errors in a PICU. *Pediatrics* 2009; 124: 935–40.
29. Campino A, Lopez-Herrera MC, Lopez-de-Heredia I, Valls ISA: Medication errors in a neonatal intensive care unit. Influence of observation on the error rate. *Acta Paediatr* 2008; 97: 1591–4.
30. Costello JL, Torowicz DL, Yeh TS: Effects of a pharmacist-led pediatrics medication safety team on medication-error reporting. *Am J Health Syst Pharm* 2007; 64: 1422–6.
31. Larsen GY, Parker HB, Cash J, O'Connell M, Grant MC: Standard drug concentrations and smart-pump technology reduce continuous-medication-infusion errors in pediatric patients. *Pediatrics* 2005; 116: e21–5.
32. Stewart M, Purdy J, Kennedy N, Burns A: An interprofessional approach to improving paediatric medication safety. *BMC Med Educ* 2010; 10: 19.
33. Leonard MS, Cimino M, Shaha S, McDougal S, Pilliod J, Brodsky L: Risk reduction for adverse drug events through sequential implementation of patient safety initiatives in a children's hospital. *Pediatrics* 2006; 118: e1124–9.
34. Kaji AH, Gausche-Hill M, Conrad H, et al.: Emergency medical services system changes reduce pediatric epinephrine dosing errors in the pre-hospital setting. *Pediatrics* 2006; 118: 1493–500.
35. Ligi I, Millet V, Sartor C, et al.: Iatrogenic events in neonates: beneficial effects of prevention strategies and continuous monitoring. *Pediatrics* 2010; 126: e1461–8.
36. Koren G: Trends of medication errors in hospitalized children. *J Clin Pharmacol* 2002; 42: 707–10.
37. Sharek PJ, McClead RE, Jr., Taketomo C, et al.: An intervention to decrease narcotic-related adverse drug events in children's hospitals. *Pediatrics* 2008; 122: e861–6.
38. Kozar E, Scolnik D, Macpherson A, et al.: Variables associated with medication errors in pediatric emergency medicine. *Pediatrics* 2002; 110: 737–42.
39. Merry AF, Anderson BJ: Medication errors—new approaches to prevention. *Paediatr Anaesth* 2011; 21: 743–53.
40. Hofer CK, Ganter M, Tucci M, Klaghofer R, Zollinger A: How reliable is length-based determination of body weight and tracheal tube size in the paediatric age group? The Broselow tape reconsidered. *Br J Anaesth* 2002; 88: 283–5.

**Anschrift für die Verfasser**

Dr. med. Jost Kaufmann,  
Lehrstuhl Anästhesie II  
Universität Witten/Herdecke Abteilung für Kinderanästhesie  
Kinderkrankenhaus Kliniken der Stadt Köln gGmbH,  
Abteilung für Kinderanästhesie  
Amsterdamerstraße 59,  
50735 Köln,  
kaufmannj@kliniken-koeln.de

**Zitierweise**

Kaufmann J, Laschat M, Wappler F: Medication errors in pediatric emergencies—a systematic analysis. *Dtsch Arztebl Int* 2012; 109(38): 609–16. DOI: 10.3238/arztebl.2012.0609

 Mit „e“ gekennzeichnete Literatur:  
[www.aerzteblatt.de/lit3812](http://www.aerzteblatt.de/lit3812)

eTabelle:  
[www.aerzteblatt.de/12m0609](http://www.aerzteblatt.de/12m0609)

The English version of this article is available online:  
[www.aerzteblatt-international.de](http://www.aerzteblatt-international.de)



# Medikamentenfehler bei Kindernotfällen

Eine systematische Analyse

Jost Kaufmann, Michael Laschat, Frank Wappler

## eLITERATUR

- e1. Pham JC, Aswani MS, Rosen M, et al.: Reducing Medical Errors and Adverse Events. *Annu Rev Med* 2011; 63: 447–63.
- e2. Davis T: Paediatric prescribing errors. *Arch Dis Child* 2011; 96: 489–91.
- e3. Abdi Z: The paediatric analgesia wheel: are you ready to roll? *Lancet* 2009; 373: 1831–2.
- e4. Gonzales K: Medication administration errors and the pediatric population: a systematic search of the literature. *J Pediatr Nurs* 2010; 25: 555–65.
- e5. Kaushal R, Bates DW, Landrigan C, et al.: Medication errors and adverse drug events in pediatric inpatients. *Jama* 2001; 285: 2114–20.
- e6. Bates DW, Leape LL, Petrycki S: Incidence and preventability of adverse drug events in hospitalized adults. *J Gen Intern Med* 1993; 8: 289–94.
- e7. Foresman-Capuzzi J: Delivering resuscitation medications to pediatric patients. *J Emerg Nurs* 2011; 37: 194–9.
- e8. Kozer E, Scolnik D, Jarvis AD, Koren G: The effect of detection approaches on the reported incidence of tenfold errors. *Drug Saf* 2006; 29: 169–74.
- e9. Perondi MB, Reis AG, Paiva EF, Nadkarni VM, Berg RA: A comparison of high-dose and standard-dose epinephrine in children with cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004; 350: 1722–30.
- e10. Biarent D, Bingham R, Eich C, et al.: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 2010; 81: 1364–88.
- e11. Barata IA, Benjamin LS, Mace SE, Herman MI, Goldman RD: Pediatric patient safety in the prehospital/emergency department setting. *Pediatr Emerg Care* 2007; 23: 412–8.
- e12. Fernandez CV, Gillis-Ring J: Strategies for the prevention of medical error in pediatrics. *J Pediatr* 2003; 143: 155–62.
- e13. Cushman JT, Fairbanks RJ, O’Gara KG, et al.: Ambulance personnel perceptions of near misses and adverse events in pediatric patients. *Prehosp Emerg Care* 2010; 14: 477–84.
- e14. Welzing L, Kribs A, Eifinger F, Hünsele C, Oberthuer A, Roth B: Propofol as an induction agent for endotracheal intubation can cause significant arterial hypotension in preterm neonates. *Paediatr Anaesth* 2010; 20: 605–11.
- e15. Batra YK, Al Qattan AR, Ali SS, Qureshi MI, Kuriakose D, Migahed A: Assessment of tracheal intubating conditions in children using remifentanyl and propofol without muscle relaxant. *Paediatr Anaesth* 2004; 14: 452–6.
- e16. Greig A, Ryan J, Glucksman E: How good are doctors at estimating children’s weight? *J Accid Emerg Med* 1997; 14: 101–3.
- e17. Schlechtriemen T, Bradschettl G, Stolpe E, Altemeyer KH: Entwicklung eines erweiterten Mindestdatensatz Notfallmedizin für die Luftrettung. *Notfall & Rettungsmedizin* 2001; 4: 76–89.
- e18. Messelken M, Schlechtriemen T, Arntz HR, et al.: Der minimale Notfalldatensatz MIND3. *Anaesth Intensivmed* 2011; 52: 738–43.
- e19. Hicks RW, Becker SC, Krenzischek D, Beyea SC: Medication errors in the PACU: a secondary analysis of MEDMARX findings. *J Perianesth Nurs* 2004; 19: 18–28.
- e20. Neuspiel DR, Stubbs EH, Liggin L: Improving reporting of outpatient pediatric medical errors. *Pediatrics* 2011; 128: e1608–13.
- e21. Pruitt CM, Liebelt EL: Enhancing patient safety in the pediatric emergency department: teams, communication, and lessons from crew resource management. *Pediatr Emerg Care* 2010; 26: 942–8; quiz 9–51.
- e22. Basco WT, Jr., Ebeling M, Hulsey TC, Simpson K: Using pharmacy data to screen for look-alike, sound-alike substitution errors in pediatric prescriptions. *Acad Pediatr* 2010; 10: 233–7.
- e23. Valentin A, Capuzzo M, Guidet B, et al.: Errors in administration of parenteral drugs in intensive care units: multinational prospective study. *Bmj* 2009; 338: b814.
- e24. Zink W, Bernhard M, Keul W, Martin E, Volkl A, Gries A: [Invasive techniques in emergency medicine. I. Practice-oriented training concept to ensure adequately qualified emergency physicians]. *Anaesthesist* 2004; 53: 1086–92.
- e25. Hendey GW, Barth BE, Soliz T: Overnight and postcall errors in medication orders. *Acad Emerg Med* 2005; 12: 629–34.
- e26. Vila-de-Muga M, Colom-Ferrer L, Gonzalez-Herrero M, Luaces-Cubells C: Factors associated with medication errors in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 2011; 27: 290–4.
- e27. Luten RC, Zaritsky A, Wears R, Broselow J: The use of the Broselow tape in pediatric resuscitation. *Acad Emerg Med* 2007; 14: 500–1; author reply 1–2.
- e28. Luten R, Wears RL, Broselow J, Croskerry P, Joseph MM, Frush K: Managing the unique size-related issues of pediatric resuscitation: reducing cognitive load with resuscitation aids. *Acad Emerg Med* 2002; 9: 840–7.
- e29. Merry AF, Shipp DH, Lowinger JS: The contribution of labelling to safe medication administration in anaesthetic practice. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2011; 25: 145–59.
- e30. Sybrecht GW, Prien T: Arzneimittelsicherheit: Standard-Spritzen-aufkleber in der Akutmedizin. *Dtsch Arztebl* 2010; 107: A1031–2.
- e31. Walsh KE, Gurwitz JH: Medical abbreviations: writing little and communicating less. *Arch Dis Child* 2008; 93: 816–7.
- e32. Chambers IR, Jones PA, Lo TY, et al.: Critical thresholds of intracranial pressure and cerebral perfusion pressure related to age in paediatric head injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2006; 77: 234–40.
- e33. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, et al.: Special Report-Pediatric Advanced Life Support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Pediatrics* 2010; 126: e1361–99.
- e34. Macdonald S: Aspirin use to be banned in under 16 year olds. *Bmj* 2002; 325: 988.
- e35. Yis U, Ozdemir D, Duman M, Unal N: Metoclopramide induced dystonia in children: two case reports. *Eur J Emerg Med* 2005; 12: 117–9.
- e36. Promethazine and sudden infant death. *Prescrire Int* 2006; 15: 226.
- e37. OCEBM Levels of Evidence Working Group. „The Oxford 2011 Levels of Evidence“. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. <http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653>

eTABELLE

**Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität von Medikamentenverordnungen bei Kindern und Nachweis ihres Effektes.**

| Evidenzklasse nach EBM <sup>41</sup> Autor Jahr  | Studiendesign, Zielkriterium, Intervention  | Methode, Gruppen  | Effekt  |
|--|---|---|---|
| Fehlerquelle: Altersgruppenspezifische Kenntnisse (Indikation, Kontraindikationen, Dosierungsempfehlungen) |   |   |   |
| III, Mullett 2001 (7)  | prospektive Kohortenstudie, Vergleich Fehlerrate bei Verordnungen von Antibiotika, Einführen elektronische Informationsdatenbank zur Therapieentscheidung                         | 1 758 Patientenaufnahmen über ein Jahr, Kinderintensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen einer Informationsdatenbank  | Risiko für (therapeutisch relevante) falsch hohe oder niedrige Dosierungen<br>1) 16/100 Patiententage<br>2) 11/100 Patiententage (p < 0,0001)                               |
| IV, Sard 2008 (8)  | retrospektive Kohortenstudie, Vergleich Fehlerrate bei Medikamentenverordnungen, Einführen tabellarischer Zusammenstellung zur pädiatrischen Arzneimitteltherapie                 | 724 Verordnungen, Kindernotaufnahme<br>1) vor<br>2) nach Einführen einer Dosierungstabelle  | Vergleich Fehlerrate<br>1) 18 %<br>2) 2 % (RR 0,10; KI 0,02–0,42)   |
| Fehlerquelle: Feststellung des Gewichtes   |   |   |   |
| III, Krieser 2007 (9)  | prospektive Beobachtungsstudie, Vergleich geschätztes/gewogenes Gewichtes, verschiedene Schätzmethoden  | 410 Kinder 1.–11. Lebensjahr, Kindernotaufnahme<br>1) Schätzung durch Eltern<br>2) längenbezogene Schätzung<br>3) drei altersbezogene Formeln                         | Vergleich Gewicht geschätzt/gewogen<br>1) 78 % der Fälle innerhalb 10 %<br>2) 61 % der Fälle innerhalb 10 %<br>3) 34–42 % der Fälle innerhalb 10 %                          |
| Fehlerquelle: Berechnung der Dosis   |   |   |   |
| II, Shah 2003 (10)   | prospektive randomisierte kontrollierte Crossover-Studie, Vergleich Abweichung von Medikamentendosierungen von der empfohlenen Dosis, Benutzung eines pädiatrischen Notfalllineal | simulierte Reanimationen an Kinderpuppen, je 4 Reanimationen durch 28 Ärzte<br>1) ohne<br>2) mit Benutzung pädiatrisches Notfalllineal                                | Abweichung der Dosierungen von der empfohlenen Dosierung in %<br>1) 36,3 % (KI: 29,3–51,2 %)<br>2) 7,6 % (KI: 4,5–9,1 %)  |
| III, Cordero 2004 (11)   | prospektive Kohortenstudie, Vergleich Fehlerrate bei Verordnungen von Gentamicin, Einführen einer elektronische Rechenhilfe   | 211 Frühgeborene, neonatologische Intensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen elektronische Rechenhilfe  | Vergleich Fehlerrate<br>1) 13 %<br>2) 0 %   |
| III, Kirk 2005 (12)  | prospektive Kohortenstudie, Vergleich Fehlerrate bei Medikamentenverordnungen, Einführen einer elektronische Rechenhilfe (Dosisberechnung mit Computer)                           | 4 274 Medikamentenverordnungen, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach Einführen elektronische Rechenhilfe  | Vergleich Fehlerrate<br>1) 28,2 %<br>2) 12,6 % (RR 0,44; p < 0,001)   |
| II, Bernius 2008 (13)  | randomisierte kontrollierte Studie, korrekte Verordnungen in einem Verordnungsbogen, Zuhilfenahme einer Tabelle   | pädiatrische Verordnungsbogen, 523 Rettungsmediziner<br>1) ohne<br>2) mit Zuhilfenahme einer Tabelle  | korrekte pädiatrische Verordnungsbogen<br>1) 65 %<br>2) 94 %  |
| III, Wong 2009 (14)  | prospektive Beobachtungsstudie, korrekte Verordnungen von Gentamicin in einem Verordnungsbogen, mit Hilfe eines Handbuchs oder mit Hilfe einer Dosierungstabelle                  | vier Verordnungen (2 neonatologisch, 2 pädiatrisch) in einem Test, 51 Krankenschwestern, Kinderkrankenhaus<br>1) mit einem Handbuch<br>2) mit einer Dosierungstabelle | richtige Antworten, pädiatrische Verordnung<br>1) 80 %<br>2) 100 %<br>Richtige Antworten, neonatologische Verordnung<br>1) 35 %<br>2) 55 % (nur Fehler Verordnungsfrequenz) |
| Fehlerquelle: Übermittlung der Verordnung  |   |   |   |
| II, Kozer 2005 (15)  | randomisierte kontrollierte Studie, Vergleich der Fehlerraten Verordnungsbogen, strukturiertes Formular   | 787 Medikamentenverordnungen, Kindernotaufnahme<br>1) schriftlich auf einem Blankopapier<br>2) schriftlich auf einem Formular   | Rate Medikamentenfehler<br>1) 16,6 %<br>2) 9,8 % (OR 0,55; KI: 0,21–0,77)   |
| IV, Larose 2008 (16)   | retrospektive Kohortenstudie, Vergleich der Fehlerraten Verordnungsbogen, strukturiertes Formular   | 719 Medikamentenverordnungen, Kindernotaufnahme<br>1) schriftlich auf einem Blankopapier<br>2) schriftlich auf einem Formular   | Rate Medikamentenfehler<br>1) 15 %<br>2) 6 % (Δ 9 %; KI: 5–13 %)  |
| IV, Broussard 2009 (17)  | retrospektive Beobachtungsstudie, Vergleich der Fehlerraten Verordnungsbogen für Sedierungen, strukturiertes Formular   | 84 Verordnungsbögen, Kinderkrankenhaus<br>1) schriftlich in der Patientenakte<br>2) schriftlich auf einem Formular  | Rate Medikamentenfehler<br>1) 25 %<br>2) 9 % (p < 0,001)  |

| Evidenzklasse nach EBM* <sup>1</sup> Autor Jahr | Studiendesign, Zielkriterium, Intervention   | Methode, Gruppen  | Effekt   |
|---|--|---|--|
| Übergreifende oder mehrere Maßnahmen            |  |   |  |
| III, Morriss 2009 (18)                          | prospektive Kohortenstudie, Risikorate Medikamentenfehler, Spritzenbeschriftung mit Barcodes und elektronisches Kontrollsystem   | 92 398 Verordnungen, neonatologische Intensivstation<br>1) nach Barcode-Etiketten und Kontrollsystem  | relatives Risiko von Medikamentenfehlern<br>1) RR 0,53 (KI: 0,29–0,91; p = 0,04)   |
| III, Davey 2007 (19)                            | prospektive Kohortenstudie, Vergleich von Verordnungsfehlern, Unterricht über pädiatrische Verordnungen  | gesamt 515 Verordnungen, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach Unterricht  | Rate Verordnungsfehler<br>1) 31 %<br>2) 17 % (p < 0,001)   |
| II, Gordon 2011 (20)                            | randomisierte kontrollierte Studie, Vergleich Ergebnisse eines Test über pädiatrische Verordnungen, elektronischer Unterricht über pädiatrische Verordnungen   | schriftlicher Test, Ärzte 86 ohne vs. 76 mit Unterricht<br>1) vor elektronischem Unterricht<br>2) ein Monat danach<br>3) drei Monate danach   | Richtige Ergebnisse schriftlicher Test<br>1) 67 vs. 67 % (p = 0,56)<br>2) 79 vs. 63 % (p < 0,0001)<br>3) 79 vs. 69 % (p < 0,0001)  |
| III, Taylor 2008 (21)                           | prospektive Beobachtungsstudie, Vergleich der Abweichungen von empfohlener Dosierung, Einführen eines elektronischen Verordnungssystems  | gesamt 526 Verordnungen, Neonatologische Intensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen elektronisches Verordnungssystem  | Abweichen von empfohlener Dosierung<br>1) 20 % der Verordnungen<br>2) 11 % der Verordnungen (RR 0,53)  |
| III, Walsh 2008 (22)                            | prospektive Beobachtungsstudie, Vergleich der Rate an Fehlern, Einführen eines elektronischen Verordnungssystems (Kontrollen der Verordnungen waren bereits implementiert)   | 12 672 Verordnungen, neonatologische und pädiatrische Intensivstationen, Normalstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen elektronisches Verordnungssystem  | bedrohliche Verordnungsfehler<br>1) 22/1 000 Patiententage<br>2) Reduktion um 7 %<br>Schädigungen durch Verordnungsfehler<br>1) 7/1 000 Patiententage<br>2) keine Reduktion  |
| III, King 2003 (23)                             | prospektive Studie, Vergleich von Verordnungsfehlern und potentiell bedrohlichen Fehlern, Einführung eines elektronischen Verordnungssystems (ohne hinterlegte pädiatrische Medikamenten-Datenbank)  | Rate an Verordnungsfehlern und potentiell bedrohlichen Fehlern<br>1) Stationen ohne<br>2) Stationen mit   | Vergleich der Rate an Verordnungsfehler<br>2) RR 0,6 (KI: 0,48–0,74) – also Verbesserung<br>Vergleich Rate an bedrohlichen Fehlern<br>2) RR 1,3 (KI: 0,47–3,52) – also Verschlechterung                                |
| III, Campino 2009 (24)                          | prospektive Kohorten-Studie, Rate Dosierungsfehler, Unterricht   | gesamt 5 694 Verordnungen, neonatologische Intensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen Unterricht  | Rate Verordnungsfehler<br>1) 5 %<br>2) 0,2 % (p < 0,001)   |
| III, Potts 2004 (25)                            | prospektive Kohortenstudie, Vergleich Rate Verordnungsfehler und bedrohlicher Fehler, Einführen eines elektronischen Verordnungssystems mit integrierter pharmakologisch-pädiatrischer Datenbank   | gesamt 13 828 Verordnungen, Kinderintensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführung des Verordnungssystems  | Vergleich der Rate an Verordnungsfehler<br>1) 30,1/100 Verordnungen<br>2) 0,2/100 Verordnungen (p < 0,001)<br>Vergleich Rate an bedrohlichen Fehlern<br>1) 2,2/100 Verordnungen<br>2) 1,3/100 Verordnungen (p < 0,001) |
| III, Kazemi 2011 (26)                           | prospektive Kohorten-Studie, Vergleich Rate bedrohlicher Verordnungsfehler, Einführen eines elektronischen Verordnungssystems mit Integration einer Informationsdatenbank  | gesamt 3 206 Verordnungen, Neugeborenenstation<br>1) vorher<br>2) nach Einführung elektronisches Verordnungssystem<br>3) zusätzlich integrierte Datenbank   | Rate bedrohlicher Verordnungsfehler<br>1) 2,5 %<br>2) 2,4 %<br>3) 0,8 % (p < 0,005)  |
| III, Kidd 2010 (27)                             | prospektive Kohortenstudie, Vergleich Ergebnisse eines Test über pädiatrische Verordnungen, Einführung einer Schulung, zur Verfügung stellen von Fachinformationen und eines Taschenrechners   | 32 vs. 30 junge Ärzte, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach Schulung, Handbuch, Taschenrechner  | richtige Antworten<br>1) 58 % richtige Antworten<br>2) 93 % (Δ 36 %; KI: 24–47 %)  |
| IV, Kadmon 2009 (28)                            | retrospektive Kohorten-Studie, Rate an Verschreibungsfehlern und potentiell bedrohlichen Fehlern, Einführen eines elektronischen Verordnungssystems/ Integration einer Informationsdatenbank in dieses/ nur ärztliche Verordnungen möglich (zuvor auch Schwestern) | 3 750 Anordnungen (Antibiotika und Antikonvulsiva), Kinderkrankenhaus<br>1) vorher<br>2) nach Einführung elektronisches Verordnungssystem<br>3) Integration Informationsdatenbank<br>4) Verordnungen nur ärztlich möglich | Verschreibungsfehler/potenziell bedrohliche Fehler<br>1) 5,5 % / 2,5 %<br>2) 5,3 % / 2,4 %<br>3) 3,8 % (p < 0,05) / 0,8 % (p < 0,001)<br>4) 0,7 % (p < 0,005) / 0,7 % (p < 0,001)                                      |
| III, Campino 2008 (29)                          | prospektive kontrollierte Kohorten-Studie, Rate Dosierungsfehler, Einführen einer Kontrolle der Verordnungen durch den Krankenhausapotheker  | 4 304 Verordnungen, neonatologische Intensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführen einer Kontrolle  | Rate Dosierungsfehler<br>1) 14 %<br>2) 5 % (p < 0,001)   |

| Evidenzklasse nach EBM* <sup>1</sup> Autor Jahr | Studiendesign, Zielkriterium, Intervention   | Methode, Gruppen   | Effekt  |
|---|--|--|---|
| IV, Costello 2007 (30)                          | kontrollierte Kohorten-Studie (retrospektive Kontrollgruppe, prospektive Interventionsgruppen), Rate Medikamentenfehler mit potentieller oder stattgefundener Schädigung, Einführen einer Kontrolle der Verordnungen durch den Krankenhaus-apotheker/ CIRS/ Unterricht         | Kinderintensivstation<br>1) vorher (2 Monate)<br>2) nach Einführen einer Kontrolle (4 Monate)<br>3) Kontrolle, Unterricht, CIRS (4 Monate) | Rate Medikamentenfehler mit potenzieller oder stattgefundener Schädigung<br>1) 46 %<br>2) 8 %<br>3) 0 %   |
| III, Larsen 2005 (31)                           | prospektive Kohorten-Studie, Rate an berichteten Medikamentenfehlern und 10er-Potenz-Fehler bei kontinuierlichen intravenösen Gaben, Einführen von Standardkonzentrationen/ am Computer erstellte Spritzenbeschriftungen/ „intelligente Spritzenpumpen“                        | 12 399 Verordnungen, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach Interventionen   | Medikamentenfehler/1 000 Verordnungen<br>1) 3,1<br>2) 0,8 (Δ 2,3; KI: 1,1–3,4; p < 0,001)<br>Fehler in 10er-Potenz/1 000 Verordnungen<br>1) 0,41<br>2) 0,08 |
| III, Stewart 2010 (32)                          | prospektive Vergleichstudie, Ergebnisse eines Test über pädiatrische Verordnungen, Seminare über pädiatrische Pharmakotherapie, Kommunikation und Teamwork   | Vergleich Testergebnisse 68 Teilnehmer<br>1) vor<br>2) nach Teilnahme an Seminaren   | Verbesserung bezüglich Kenntnissen zu<br>– Bewusstsein zur Medikamentensicherheit<br>– Gründe von Medikamentenfehlern<br>– Kommunikation und Teamwork       |
| IV, Otero 2008 (4)                              | retrospektive Vergleichsstudie, Rate an Medikamentenfehlern, Etablierung eines Ausbildungsprogramm mit multiplen Komponenten (standardisierte Verordnungen, Supervisionen, interdisziplinäre Besprechungen, pharmakologische Visiten, Checkliste, CIRS, Informationsdatenbank) | 1 734 Verordnungen, pädiatrische Stationen<br>1) vor<br>2) nach multiplen Interventionen   | Medikamentenfehler/1 000 Verordnungen<br>1) 11 %<br>2) 7 % (OR 0,61; KI: 0,5–0,75)  |
| III, Leonard 2006 (33)                          | prospektive Kohortenstudie, Rate an Verordnungsfehlern, Unterricht mittels einer Internetseite/ Kontrollen der Verordnungen mit Feedback/ monatlich Besprechungen  | 8 718 Verordnungen, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach multiplen Interventionen  | Rate an potenziell bedrohlichen Verordnungsfehlern<br>1) 78 / 100 Verordnungen<br>2) 40 / 100 Verordnungen (p = 0,01)                                       |
| III, Kaji 2006 (34)                             | prospektive Beobachtungs-Studie, Vergleich Dosierungsgenauigkeit von Adrenalin innerhalb 20% der empfohlenen Dosis, Einführung eines pädiatrischen Notfalllineal (Broselow-Tape)   | 141 Kinder, präklinische Reanimationen<br>1) ohne<br>2) mit Benutzung eines Notfalllineal  | Dosis empfohlen/gegeben innerhalb 20 %<br>1) 34 %<br>2) 67 %  |
| III, Ligi 2010 (35)                             | prospektive Kohortenstudie, Rate an Dosierungsfehlern in einer 10er-Potenz, Einführung eines CIRS System sowie daraus abgeleitete Strategien zur Fehlervermeidung  | 1 033 Patienten, neonatologische Intensivstation<br>1) vor<br>2) nach Einführung CIRS plus Strategien                                      | Rate an Dosierungsfehlern in einer 10er-Potenz<br>1) 2,3 / 100 Patienten<br>2) 0,6 / 100 Patienten (p = 0,02)   |
| IV, Koren 2002 (36)                             | retrospektive Kohortenstudie, Rate der Medikamentenfehler, Computer-basiertes Verordnungssystem/ Sortieren der verfügbaren Medikamente/ Schulung   | 1,8 Millionen Medikamentengaben jährlich, jeweils 2 Jahre Beobachtungszeitraum, Kinderkrankenhaus<br>1) vor<br>2) nach Intervention        | Rate an Medikamentenfehlern durch Ärzte<br>1) 0,04 %<br>2) 0,02 % (p < 0,001)   |
| IV, Sharek 2008 (37)                            | prospektive Beobachtungsstudie mit retrospektiver Kontrollgruppe, Rate an potentiell bedrohlichen Medikamentenfehlern, Teilnahme an einer Risikoanalyse und multifaktoriellen Prozessoptimierung   | Anästhesieabteilungen in 14 Kinderkrankenhäusern<br>1) vor<br>2) nach Intervention   | Medikamentenfehlerhäufigkeit<br>2) Reduktion um 67 % (p < 0,001)  |

\*<sup>1</sup> Evidenzklassen nach Centre for Evidence-Based Medicine, 2011 (e37): I, Metaanalyse randomisierter, kontrollierter Studien; II, randomisierte, kontrollierte Studie; III, gut angelegte (prospektive) kontrollierte Studie (ohne Randomisierung); IV: Fallserie, Fall-Kontroll-Studie oder historisch kontrollierte Studie; V, Fallberichte, Expertenmeinungen; CIRS, Critical Incident Reporting System (Fehlerberichtssystem); KI, Konfidenzintervall; RR, Relatives Risiko. OR, Odds Ratio; Δ, Differenz