Artikel online veröffentlicht: 29.01.2024

Notfallpläne zum Management von Notfällen bei Kindern mit außerklinischer Beatmung

Emergency Care Plans for the Management of Emergencies in Children on Home Mechanical Ventilation

OPEN ACCESS

Autorinnen/Autoren
Florian Stehling[1], Anke Wendt[2], Michael Berger[3], Sebastian Kerzel[4], Dejan Vlajnic[5], Hans Fuchs[6], Lennart Gunst[6]

Institute
1 Pediatric Pulmonology and Sleep Medicine, Cystic Fibrosis Center, University Hospital Essen, Essen, Germany
2 Department of Pediatric Respiratory Medicine, Immunology and Critical Care Medicine, Charite University Hospital Berlin, Berlin, Germany
3 Division of Pediatric Surgery, Department of General, Abdominal and Transplant Surgery, University Hospital Essen, Essen, Germany
4 Department of Pediatric Pneumology and Allergy, University Hospital Regensburg, Regensburg, Germany
5 Department of Pediatrics, Vest Children's Hospital Datteln, Datteln, Germany
6 Center for Pediatrics, Department of Neonatology, Medical Center, University of Freiburg, Freiburg im Breisgau, Germany

Schlüsselwörter
Notfall, Kinder, Heimbeatmung, außerklinische Beatmung, Tracheostoma, Trachealkanüle

Key words
Emergency, children, home mechanical ventilation, tracheostomy, tracheal cannula

Artikel online veröffentlicht 29.01.2024

Bibliografie
Klin Padiatr 2024; 236: 57–63
DOI 10.1055/a-2235-7805
ISSN 0300-8630
© 2024. The Author(s).
This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)
Georg Thieme Verlag, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse
Dr. Florian Stehling
Universitätsklinik Essen
Children´s Hospital
Hufelandstr. 55
45147 Essen
Germany
Tel.: 02017232251
florian.stehling@uk-essen.de

ZUSAMMENFASSUNG

Die chronisch respiratorische Insuffizienz wird auch in der Pädiatrie zunehmend ambulant mit außerklinischer Beatmung behandelt. Die oft komplex, erkrankten Kinder werden in der Häuslichkeit durch pflegerische und ärztliche Teams unterschiedlichster Zusammensetzung betreut. Strukturierte Behandlungsprozesse, speziell Notfallpläne zum Management des respiratorischen Notfalls von außerklinisch beatmeten Kindern fehlen. Dieser Beitrag ist ein Vorschlag zum Notfallmanagement bei Atemwegsinfekten, Notfällen bei außerklinisch nicht-invasiv-beatmeten und invasiv-beatmeten, tracheotomierten Kindern. Neben den Reanimationsmaßnahmen nach ERC/AHA liegt der Schwerpunkt vor allem auf dem Sekretmanagement, aber auch dem Umgang mit Beatmungsgeräten und Devices.

ABSTRACT

In pediatrics chronic respiratory insufficiency is increasingly treated on an outpatient basis with home mechanical ventilation. Nursing and medical teams with different structures take care of the often complex ill children in the outpatient setting. Structured treatment processes, especially emergency plans for the management of respiratory emergencies of home mechanical ventilated children are lacking. This article is a proposal for emergency management of respiratory infections, emergencies of non-invasively ventilated and invasively ventilated, tracheotomized children. In addition to resuscitation measures according to ERC/AHA, the focus is primarily on secretion management, as well as on the handling of ventilators and devices.

Einleitung

Die außerklinische Beatmung wurde initial zur Therapie der progredienten Atemmuskelschwäche bei Kindern und Jugendlichen mit neuromuskulären Erkrankungen etabliert, wodurch Morbidität und Mortalität gesenkt und die Lebensqualität verbessert werden konnte [1, 2]. Im Zusammenhang mit verbesserten technischen Möglichkeiten wird die außerklinische Beatmung nun zunehmend für andere Indikationen und als Anschlussbehandlung an (prolongierte) Intensivaufenthalte eingesetzt. Daher steigt die Zahl der außerklinisch beatmeter Kinder kontinuierlich [3]. Diese Kinder sind häufig komplex krank und benötigen interdisziplinäre Betreuung. Beteiligt sind pädiatrische Pneumologen (für die Beatmungstherapie), pädiatrische Neurologen (bei neurologischer Grunderkrankung, Hilfsmittelversorgung und Anbindung an SPZ), pädiatrische Gastroenterologen (Ernährungstherapie, PEG), HNO und/oder Kinderchirurgie (Anlage und Versorgung von Tracheostomata), Physiotherapie (Sekretmanagement), Logopädie (Sprechen, Schlucken) und die spezialisierte ambulante pädiatrische Palliativversorgung (SAPPV), wobei die Versorgungsstrukturen sich regional stark unterscheiden.

Außerklinische Beatmungstherapien im Kindesalter werden häufig von akut intensivmedizinisch arbeitenden Kinderintensivstationen etabliert und nach Entlassung in erster Linie von ambulanten Kinder-Intensivpflegediensten weiterbetreut, teilweise wird die komplette Versorgung aber auch von medizinischen Laien übernommen. Strukturierte Behandlungsprozesse zur Begleitung von außerklinisch beatmeten Kindern fehlen. Hierzu gehört neben einer qualifizierten Indikationsstellung zur außerklinischen Beatmung auch das strukturierte Entlassmanagement mit Überleitung in ambulante Strukturen.

Bei Kindern mit außerklinischer Beatmung können zu jeder Zeit, insbesondere auch respiratorische, lebensbedrohliche Notfälle eintreten, die auch außerhalb der Kliniken rasch adäquat behandelt werden müssen, um längere Hypoxämien zu vermeiden. Deshalb müssen Angehörige und Betreuer mit Etablierung einer außerklinischen Beatmung ein Reanimationstraining durch das Klinikpersonal erhalten. Notfälle bei Kindern mit außerklinischer Beatmung benötigen ein strukturiertes Vorgehen. Als Merkhilfe und Algorithmus haben wir deshalb Notfallpläne entworfen, welche allen beteiligten Berufsgruppe und Angehörigen nun frei zugänglich zur Verfügung stehen. Es wird hier zwischen nicht-invasiven und invasiven Beatmungsformen unterschieden, da sich die Ursachen und die Behandlungsschritte der Notfallszenarien unterscheiden. Die häufigsten Notfälle bei außerklinisch beatmetet Kindern treten in Rahmen von Atemwegsinfekten mit vermehrter Sekretproduktion in den Atemwegen auf.

Ziel des Beitrags ist einen Vorschlag zum Notfallmanagement außerklinisch beatmeter Kinder zu machen und praktische Handlungsempfehlungen in Form von Notfallplänen anzubieten. Die dargestellten Empfehlungen sind im Konsens der Arbeitsgemeinschaft chronisch respiratorische Insuffizienz der Gesellschaft Pädiatrische Pneumologie geprüft und verabschiedet worden. Allerdings ist kein multiprofessioneller formaler DELPHI Prozess durchlaufen worden.

Atemwegsinfekte

Wiederkehrende Atemwegsinfektionen (mit vermehrtem und verändertem Sekret, Dyspnoe, Fieber, erhöhtem Beatmungsbedarf) sind ein häufiges Problem bei außerklinisch beatmeten Kindern [4]. Diese Infektionen können einerseits durch eine zugrundeliegende respiratorische Insuffizienz/Husteninsuffizienz, als auch durch eine Tracheotomie selbst bedingt sein. Das Management von Atemwegsinfektionen bei außerklinisch beatmeten Kindern fokussiert sich auf drei Säulen: 1. Sekretmanagement, 2. Antibiotische Therapie, 3. Intensivierung der Beatmungstherapie.

Zu 1. das frühzeitige und konsequente Sekretmanagement kann den Progress eines Sekretproblems mit Ausbildung von Ateleketasen/Atemwegsverlegung reduzieren und so ggf. Notfallsituationen vorbeugen. Sekretmanagement bei außerklinisch beatmeten Kindern beinhaltet vor allem die konsequente Anwendung von Atemphysiotherapie – meist unterstützt durch die mechanische Hustenassistenz. Atemwegssekret wird neben einer ausreichenden Hydrierung zusätzlich durch Inhalationstherapie mobilisierbarer gemacht.

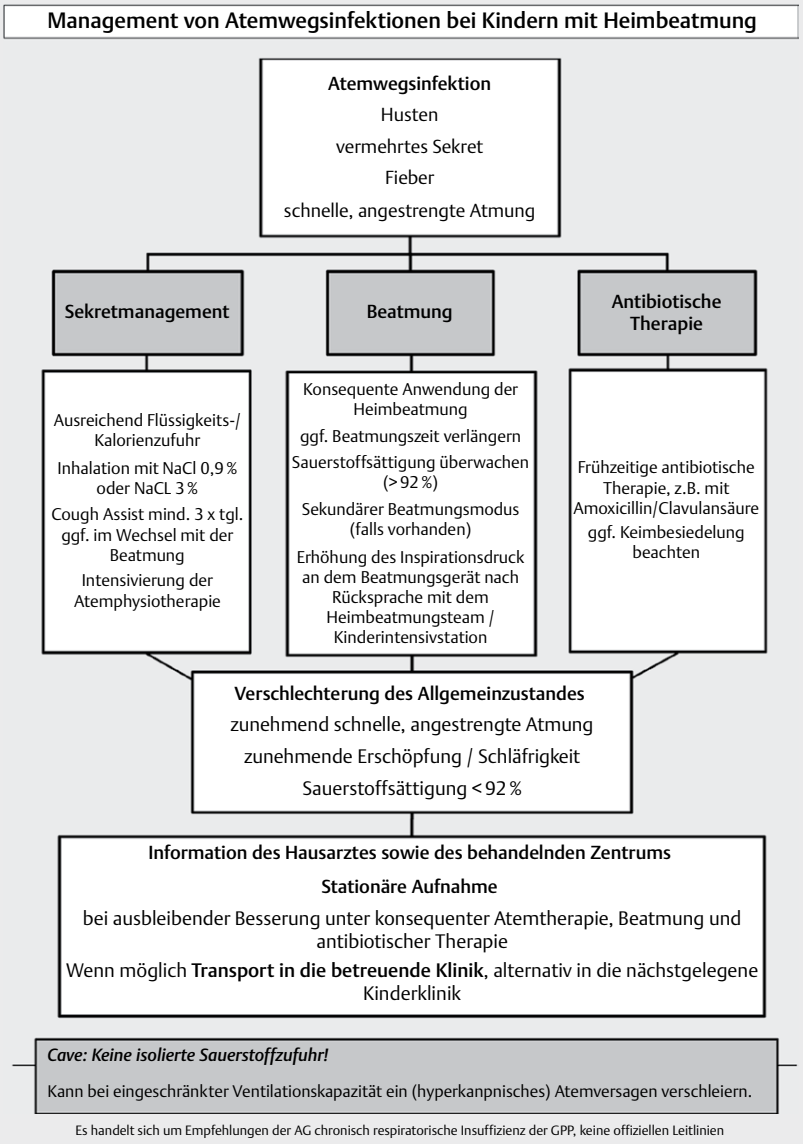
Zu 2. Frühzeitig im Verlauf einer Infektion sollte eine empirische Antibiotikatherapie begonnen werden. Die Rationale hierfür ist das hohe Risiko für bakterielle Superinfektionen mit Komplikationen. Im ambulanten Setting ist eine Therapie mit einem Aminopenicillin plus Betalaktamaseinhibitor zu empfehlen [5]. Kulturen aus Atemwegssekreten spiegeln bei Kindern mit persistierend eingeschränkter Sekretclearance vor allem eine Mischkulturen fehlbesiedelnder Keime wider und nicht den verursachenden Organismus einer Atemwegsinfektion [6].

Zu 3. Die Beatmungstherapie wird durch Verlängerung der Beatmungszeit und ggf. Anhebung von Beatmungsparametern nach Rücksprache mit dem betreuenden Zentrum intensiviert. Isolierte Sauerstoffgabe kann ein hyperkapnisches Atemversagen im Rahmen einer Atemwegsinfektion maskieren. Bei signifikanter Hypoxämie muss trotzdem Sauerstoff möglichst über das Heimbeatmungsgerät gegeben werden und das Kind umgehend per Rettungsdienst in einer Klinik, wenn möglich in dem behandelnden Zentrum, vorgestellt werden.

Das Vorgehen im Rahmen von Atemwegsinfekten ist im Notfallplan 1 zusammengefasst (▶ **Abb. 1**).

Notfälle bei nicht-invasiver Beatmung

Die häufigsten Indikationen zu einer nicht-invasiven Heimbeatmung (NIV) stellen neuromuskuläre Erkrankungen (vor allem Muskeldystrophie Duchenne und Spinale Muskelatrophie), chronische Lungenerkrankungen, Atemantriebsstörungen und obere Atemwegsobstruktionen (Mittelgesichtshypoplasien, Laryngo-/Tracheomalazie, pharyngeale Obstruktion) sowie die obstruktive Schlafapnoe dar. Notfälle an der NIV werden vor allem durch Sekretprobleme mit Verlegung der Atemwege z. B. im Rahmen Atemwegsinfektionen getriggert [7]. Erbrechen in die Beatmungsmaske mit Aspiration, sowie progrediente Hyperkapnie bei insuffizienter Beatmung sind ebenfalls bekannte Komplikationen [8]. Selten können Gerätefehlfunktionen oder Materialdefekte die Kinder akut gefährden. Kinder mit nicht-invasiver Beatmung sollen neben dem Beatmungsgerät mit einem Pulsoxymeter und einem Beatmungsbeutel versorgt werden.

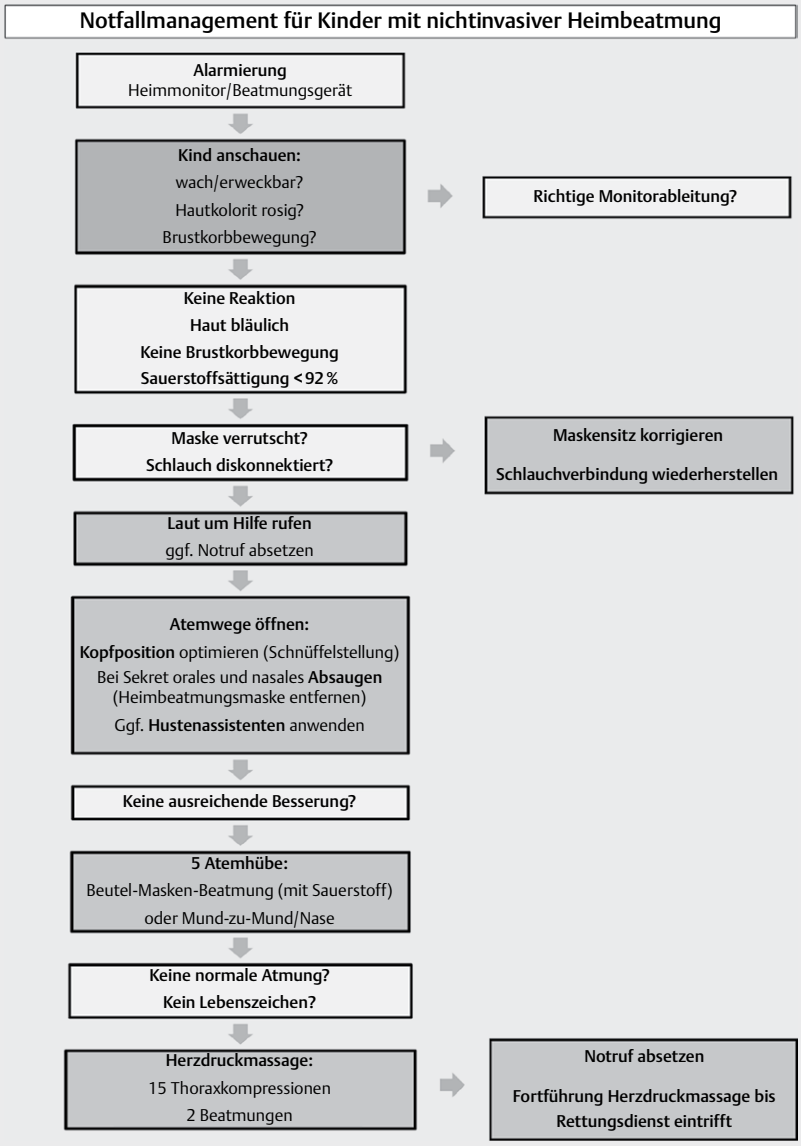


▶ **Abb. 1** Management von Atemwegsinfektionen bei Kindern mit Heimbeatmung.

Bei Beatmungsabhängigkeit, schwerer Husteninsuffizienz oder signifikanter Dysphagie können weitere Hilfsmittel wie Absauggerät, mechanischer Insufflator/Exsufflator oder zweites Beatmungsgerät oder Sauerstoff notwendig werden. Das Vorgehen bei Notfällen orientiert sich an den Guidelines der AHA/ERS im dem A-B-C-D-E Schemas [9], das für außerklinisch beatmete und Husteninsuffiziente Kindern modifiziert wurde:

Bei Alarmierung von Monitor oder Beatmungsgerät muss umgehend der klinische Zustand des Kindes beurteilt werden (Kind wach/erweckbar? Hautkolorit rosig? Physiologische Thoraxbewegung?): Bei instabilem Zustand wird ein Notruf abgesetzt (wenn ohne Zeitverlust möglich) und unmittelbar die Monitorableitung, der Maskensitz und die Gerätefunktion überprüft und ggf. korrigiert. Bei Verlegung der Atemwege müssen diese sofort durch Positionierung von Kopf und Hals freigemacht und nach Entfernung der NIV mit einem möglichst großen Katheter tief abgesaugt werden. Wenn Sauerstoff vorhanden ist, muss dieser angewandt werden. Bei dem überwiegenden Teil der außerklinisch nicht-invasiv beatmeten Kinder besteht eine relevante Husteninsuffizienz. Bei persistierender Atemwegsobstruktion können Sekretansammlungen ggf. durch Anwendung des mechanischen Insufflator/Exsufflator (M-IE) mobilisiert und der tiefe Atemweg wiedereröffnet werden. Bei weiter insuffizienter Atmung muss diese durch Masken-Beutel-Beatmung unterstützt werden. Gelegentlich sind hohe Beatmungsdrücke notwendig. Bei begleitender Bradykardie/Asystolie muss nach den Guidelines der AHA/ERS gehandelt werden [9].

Zusammenfassend ist wichtig, dass akute respiratorische Notfälle bei Kindern mit nicht-invasiver Heimbeatmung oftmals durch Probleme bei der effektiven Sekretmobilisation verursacht werden – ein Vorschlag zum Vorgehen ist im Flowchart ▶ **Abb. 2** hinterlegt.

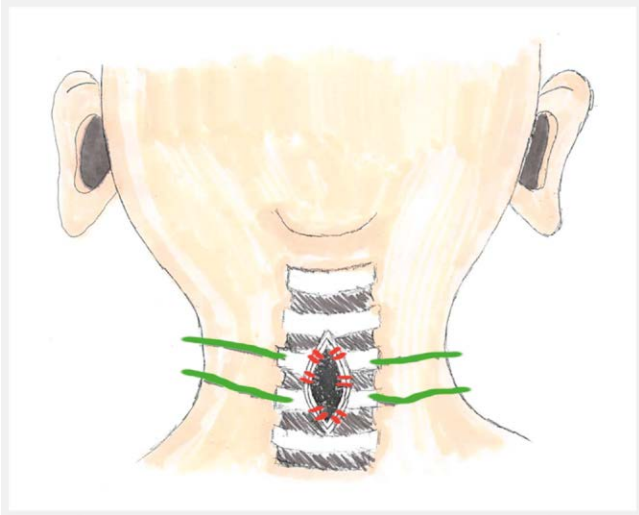


▶ **Abb. 2** Notfallmanagement für Kinder mit nichtinvasiver Heimbeatmung.

Notfälle bei invasiver Beatmung/ Tracheotomie

Die wichtigsten Indikationen für eine Tracheotomie sind die Notwendigkeit von dauerhafter Beatmung, die nicht suffizient mit NIV behandelt werden können, und die höhergradige Obstruktion der oberen Atemwege. Die meisten Kinder werden im Säuglingsalter tracheotomiert [10]. Tracheotomien werden im Kindesalter ganz überwiegend chirurgisch als vertikale Tracheotomie durchgeführt. Tracheale Schleimhaut und Haut der Halsoberfläche werden sicher mit einander vernäht (▶ **Abb. 3**). Bei der Neuanlage von Tracheostomata werden im Kindesalter oftmals zusätzlich Sicherheitsfäden (▶ **Abb. 3**) eingebracht, mit denen die Öffnung des Stomas bei den ersten TK Wechseln erleichtert wird. Die Gesamtmortalität tracheotomierter Kinder liegt zwischen 2 und 17 % und wird vor allem durch die Grunderkrankungen bestimmt [11, 12]. Zusätzlich gibt es eine signifikante Morbidität und Mortalität durch die Tracheostomie an sich [12, 13], die perioperativ, während der postoperativen Krankenhausbehandlung oder im ambulanten Setting auftreten können.

Neben der Blutung sind die häufigsten Komplikationen die TK Dislokation und die TK Verlegung durch Sekret, denen mit einem umgehenden Wechsel der TK begegnet wird und selten die schwere Blutung. Bei der Versorgung von Kindern mit einer Trachealkanüle sollen alle in die Versorgung von tracheotomierten Kindern involvierten Personen in TK Wechsel und das Management von Notfällen [14] trainiert werden, wozu neben dem Handling von Trachealkanülen auch das Absaugen und die Beutelbeatmung zählen. Zu-



▶ **Abb. 3** schematische Darstellung neu angelegter Tracheostomata bei Säuglingen: rot sicher vernähte Oberfläche von Trachea und Haut; grün Sicherheitsfäden zur Öffnung des Stomas

sätzlich sollte in Kliniken und Pflegediensten, die tracheotomierte Kinder versorgen, ein standardisierter Plan zum Management von Notfällen vorliegen, was die Anlage von personenbezogenen Tracheostoma-Notfallsets einschließt [15, 16] (**s. Infobox**), die immer patientennah vorgehalten werden müssen, so dass sie unmittelbar von den betreuenden Personen erreichbar sind.

INFOBOX

Personenbezogene Tracheostoma-Notfallsets:
Wechsel-TK inklusive Obturator
TK in ½ Nummer kleiner als die einliegende TK mit Obturator
Gleitmittel
Absaugkatheter
Absauggerät
Beatmungsbeutel (plus Maske)
Arztbrief

Stabiles Tracheostoma

Bei jedem respiratorischen Notfall, der bei einem Kind mit TK auftritt, hat eine ausreichende Oxygenierung Priorität. Optimalerweise wird die Ventilation und Oxygenierung über eine sicher positionierte TK ermöglicht.

Jeder Alarm von Monitor oder Heim-Beatmungsgerät muss ernst genommen werden. Ein Vorschlag zum Vorgehen ist in ▶ **Abb. 4** zusammengefasst. Sollte das Kind bewusstseinsgetrübt oder zyanotisch sein, besteht ein Notfall, der umgehend behandelt werden muss. Nachdem Unterstützung angefordert wurde, werden die Atemwege geöffnet (Kopf in Neutralposition) und Sauerstoff über die TK und möglichst zusätzlich über eine Nasenbrille appliziert. Im Anschluss werden alle Anschlüsse, wie Filter und Sprechventile von der TK entfernt. Das nachfolgende Absaugmanöver soll einerseits Sekret mobilisieren und dient zusätzlich dazu, die Durchgängigkeit der TK zu überprüfen. Bei fehlender Besserung der klinischen Situation oder fehlender Durchgängigkeit der TK muss diese umgehend gewechselt werden (▶ **Abb. 5**). Hierzu wird die einliegende TK entfernt, ggf. das Stoma mit einem größeren Absaugkatheter abgesaugt und durch die Wechsel-TK aus der Notfallbox ersetzt. Bei erschwerter (Re-)Positionierung einer TK sollte zunächst versucht werden die im Notfallset vorgehaltente kleinere TK einzulegen. Die Applikation von Gleitmittel/Kochsalzlösung kann das Einführen der TK hierbei erleichtern. Sollte auch dies nicht gelingen, kann versucht werden einen Absaugkatheter oder eine Magensonde als Seldingerschiene in die Trachea vorzulegen und hierüber eine kleine TK einzulegen. Wenn auch dies nicht gelingt, kann die Oxygenierung bei erhaltener Atmung ggf. auch durch Sauerstoffgabe über die oberen Atemwege oder das noch offene Stoma erhalten werden. Bei fehlender oder insuffizienter Atmung ist eine Masken-Beutel Beatmung notwendig. Bei offenem oberen Atemweg kann die Masken-Beutel Beatmung über eine Mund-Nasenmaske bei manuell okkludiertem Stoma durchgeführt werden. Ist der obere Atemweg obstruiert (was unter Umständen die Indikation für die Tracheotomie war), dann muss die Masken-Beatmung ggf. mit einer kleinen Maske über das offene Stoma appliziert werden. Bei begleitender Bradykardie/Asystolie muss nach den Guidelines der AHA/ERS gehandelt werden [9].

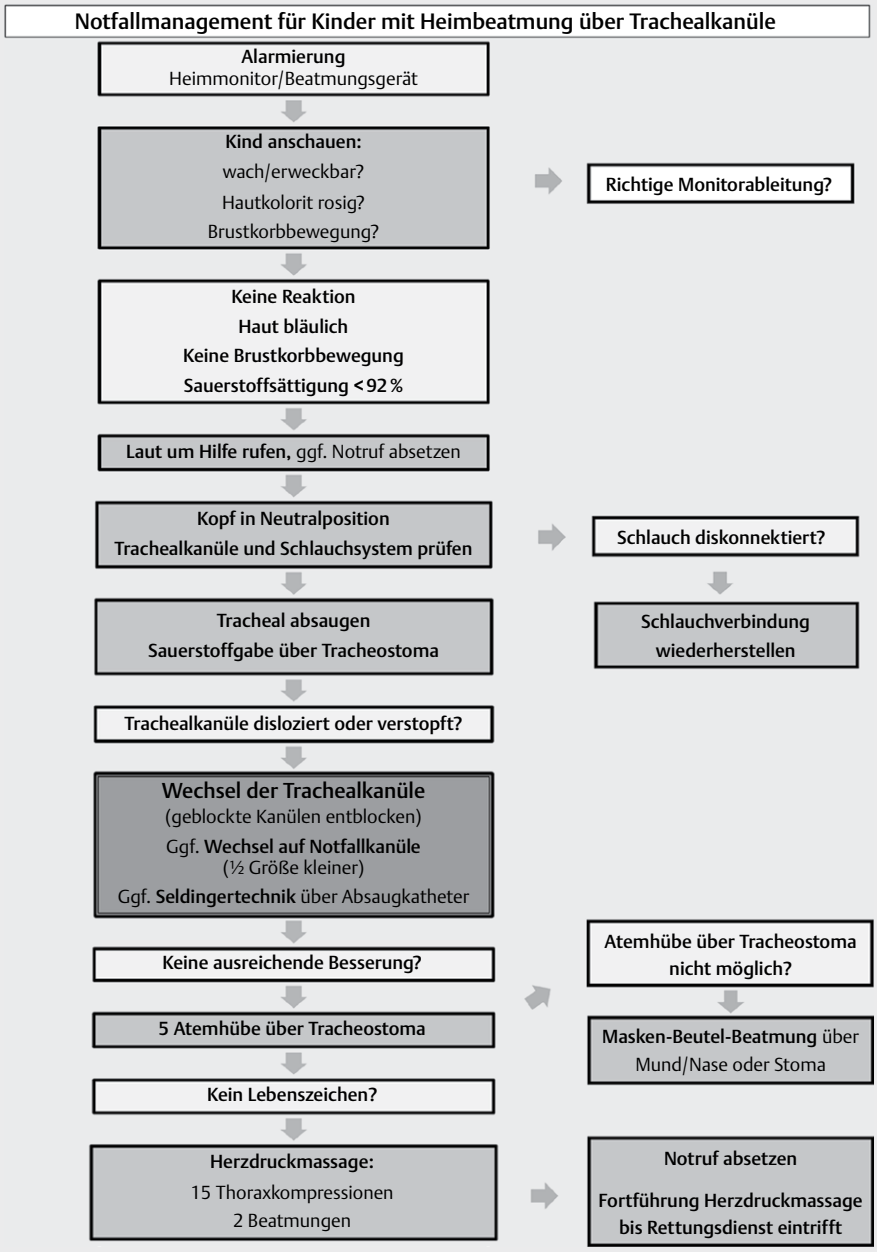
Zusammenfassend ist wichtig, dass akute respiratorische Notfälle bei Kindern mit Trachealkanülen oftmals durch Probleme mit TK Obstruktion verursacht werden – ein Vorschlag zum Vorgehen ist im Flowchart ▶ **Abb. 4** hinterlegt.

Neu angelegtes Tracheostoma

Neue Tracheostomata können noch instabil sein, da aufgrund von Schwellung und noch nicht verheilten Nährten eine unübersichtliche Anatomie bestehen kann. Bei TK Wechsel gibt es daher ein Risiko für eine TK Fehlpositionierung in die Halsweichteile (z. B. bei Intubation einer via falsa zwischen Haut und Trachea). Der erste TK-Wechsel erfolgt daher üblicherweise in Anwesenheit des verantwortlichen Chirurgen unter Bedingungen, die eine sofortige Intervention inklusive Intubation und Bronchoskopie ermöglichen. Normalerweise wird durch Überstreckung und Unterpolstern des Halses sowie Zug an den einliegenden Sicherheitsfäden (siehe oben und ▶ **Abb. 3**) die Trachea hervorluxiert und so das Lumen des Stomas gut visualisiert, so dass der TK Wechsel einfacher bzw. im Notfall überhaupt erst möglich wird.

Zusammenfassung

Die außerklinische Beatmung reduziert bei neuromuskulär erkrankten, chronisch respiratorisch insuffizienten Kindern Morbidität und Mortalität und ermöglicht ein Leben in der Häuslichkeit mit Steigerung der Lebensqualität. Sowohl die außerklinische Beatmung als auch die komplexen zugrundeliegenden Erkrankungen haben ein Risiko für akute respiratorische Notfälle. Standardisierte Notfallpläne sind Voraussetzung für eine rasche Adressierung der jeweiligen Komplikationen und geben Sicherheit in der Versorgung chronisch respiratorisch insuffizienter Kinder. Voraussetzung ist das Training in Reanimationsmaßnahmen und Vorgehensweisen bei respiratorischen Notfällen von Eltern sowie pflegenden und behandelnden Teams.



▶ **Abb. 4** Notfallmanagement für Kinder mit Heimbeatmung über Trachealkanüle.

Respiratorische Notfälle folgen natürlich auch dem ABCDE-Schema der AHA/ERS. Im Kontext von chronisch respiratorischer Insuffizienz und Husteninsuffizienz werden respiratorische Notfälle überwiegend durch Sekretprobleme z. B. im Rahmen von Atemwegsinfektionen getriggert. Das richtige Sekretmanagement, eine frühe empirische antibiotische Therapie, sowie die zeitige Intensivierung der Beatmung sind hier zentrale Handlungspunkte. Nicht-invasiv beatmete Kinder sind durch Verlegung des Atemwegs durch Sekret gefährdet. Die Anwendung der mechanischen Hustenassistenz (M-IE) hat im Atemwegsmanagement eine zentrale Rolle und muss unter Umständen anderen Akutmaßnahmen vorgeschaltet werden. Invasiv-beatmete, tracheotomierte Kinder sind vor allem durch Trachealkanülendislokation und Sekretverlegung gefährdet. Neben dem Sekretmanagement ist der notfallmäßige Trachealkanülenwechsel essentiell zur Sicherung eines freien Atemwegs. Die Notfallpläne zum Management von Atemwegsinfekten, respiratorischen Notfällen bei NIV und bei tracheotomierten Kindern sind dieser Übersicht angehängt und auf der Homepage der Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie (GPP) im Bereich der Arbeitsgemeinschaft chronisch respiratorische Insuffizienz verfügbar.

▶ **Abb. 5** Sekretpfropf aus Trachealkanüle.

Contributor's Statement

Beiträge der Autoren Alle Autoren (FS, AW, MB, SK, DV, HF, LG) haben das Vorgehen im respiratorischen Notfall bei außerklinisch beatmeten Kindern in mehreren virtuellen Sitzungen der Arbeitsgemeinschaft chronisch respiratorische Insuffizienz diskutiert. Das Manuskript und die Notfallpläne sind in mehreren virtuellen Treffen der Subgruppe FS, AW, MB, SK, DV, HF, LG der AG chronisch respiratorische Insuffizienz gemeinsam erstellt worden.

Danksagung

Die Autoren danken Lana Stehling für die Erstellung der ▶ **Abb. 3**.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

[1] Eagle M, Baudouin SV, Chandler C et al. Survival in Duchenne muscular dystrophy: improvements in life expectancy since 1967 and the impact of home nocturnal ventilation. Neuromuscul Disord 2002; 12: 926–929

[2] Dohna-Schwake C, Podlewski P, Voit T et al. Non-invasive ventilation reduces respiratory tract infections in children with neuromuscular disorders. Pediatr Pulmonol 2008; 43: 67–71

[3] Gergin O, Adil EA, Kawai K et al. Indications of pediatric tracheostomy over the last 30 years: Has anything changed? Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2016; 87: 144–147

[4] Villanueva AMOJ, Cuscó MG, Blokpoel R et al. Handbook of paediatric and neonatal mechanical ventilation: Collaborative work of the SECIP respiratory working group and ESPNIC. Las Palmas de Gran Canaria. Tesela Ediciones 2021

[5] https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/048-018 DGfPIEzBuAbKuJmsnBSLVAfVu. S1-Leitlinie Behandlung von unteren Atemwegsinfektionen von Kindern und Jugendlichen mit schweren neurologischen Beeinträchtigungen. 31.03.2023:

[6] McCaleb R, Warren RH, Willis D et al. Description of Respiratory Microbiology of Children With Long-Term Tracheostomies. Respir Care 2016; 61: 447–452

[7] Servera E, Sancho J, Bañuls P et al. Bulbar impairment score predicts noninvasive volume-cycled ventilation failure during an acute lower respiratory tract infection in ALS. J Neurol Sci 2015; 358: 87–91

[8] Deis JN, Abramo TJ, Crawley L. Noninvasive respiratory support. Pediatr Emerg Care 2008; 24: 331–338

[9] Topjian AA, Raymond TT, Atkins D et al. Part 4: Pediatric Basic and Advanced Life Support: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2020; 142: S469–s523

[10] Ogilvie LN, Kozak JK, Chiu S et al. Changes in pediatric tracheostomy 1982-2011: a Canadian tertiary children's hospital review. J Pediatr Surg 2014; 49: 1549–1553

[11] Funamura JL, Yuen S, Kawai K et al. Characterizing mortality in pediatric tracheostomy patients. Laryngoscope 2017; 127: 1701–1706

[12] Teplitzky TB, Brown AF, Brooks RL et al. Mortality Among Children with a Tracheostomy. Laryngoscope 2023; 133: 403–409

[13] Lubianca Neto JF, Castagno OC, Schuster AK. Complications of tracheostomy in children: a systematic review. Braz J Otorhinolaryngol 2022; 88: 882–890

[14] Sterni LM, Collaco JM, Baker CD et al. An Official American Thoracic Society Clinical Practice Guideline: Pediatric Chronic Home Invasive Ventilation. Am J Respir Crit Care Med 2016; 193: e16–e35

[15] Amin R, Zabih W, Syed F et al. What families have in the emergency tracheostomy kits: Identifying gaps to improve patient safety. Pediatr Pulmonol 2017; 52: 1605–1609

[16] Doherty C, Neal R, English C et al. Multidisciplinary guidelines for the management of paediatric tracheostomy emergencies. Anaesthesia 2018; 73: 1400–1417