

Aus der Klinik für Allgemeine Pädiatrie, Neonatologie und
Kinderkardiologie des Universitätsklinikums Düsseldorf
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Ertan Mayatepek)

Die Atemwegsendoskopie im Kindesalter – Technische Standards und interventionelle Herausforderungen

Habilitationsschrift

Zur Erlangung der *venia legendi* für das Fach der Kinder- und
Jugendmedizin der Hohen Medizinischen Fakultät der Heinrich-
Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Dr. med. Dirk Schramm

2023

Inhaltsverzeichnis

1	EIGENE ORIGINALARBEITEN, DIE INHALT DIESER KUMULATIVEN ARBEIT SIND	I
	ZUSAMMENFASSUNG	II
2	EINLEITUNG	1
2.1	DIE STARRE BRONCHOSKOPIE	1
2.1.1	<i>Anästhesie und Beatmung während der starren Bronchoskopie.....</i>	<i>2</i>
2.2	DIE FLEXIBLE BRONCHOSKOPIE	3
2.2.1	<i>Anästhesie und Beatmung während der flexiblen Bronchoskopie.....</i>	<i>4</i>
2.3	DIE KINDLICHE ATEMWEGSENDOSKOPIE	4
2.4	INTERVENTIONELLE KINDLICHE ATEMWEGSENDOSKOPIE	8
2.5	INTERNATIONALE EMPFEHLUNGEN	10
2.6	ZIELE DER ARBEIT.....	12
3	UNTERSUCHUNGEN UND ERGEBNISSE.....	13
3.1	VERFÜGBARKEIT DER BRONCHOSKOPIE AN EUROPÄISCHEN ZENTREN.....	13
3.2	FREMDKÖRPERENTFERNUNG IM KINDESALTER IN DEUTSCHLAND.....	16
3.3	KOMPLIKATIONSRATE WÄHREND FREMDKÖRPERENTFERNUNG IM VERGLEICH.....	19
3.4	EINFLUSS PERSÖNLICHER PRÄFERENZEN AUF KOMPLIKATIONS RATEN.....	23
3.5	LARYNGEALE SENSIBILITÄT	28
3.6	ANWENDUNG DER ENDOSKOPISCHEN SCHLUCKUNTERSUCHUNG VOR DEM 2. LEBENSJAHR	32
3.7	STANDARDISIERTER ABLAUF DER BRONCHOSKOPIE IN ZEITEN VON COVID 19.....	35
3.8	LEITLINIE ÜBER DIE KINDLICHE ATEMWEGSENDOSKOPIE	41
3.9	GANZ-LUNGEN-LAVAGE ZUR ÜBERBRÜCKENDEN THERAPIE VOR KMT.....	43
3.10	EVALUATION EINER NEUEN INTERVENTIONELLEN TECHNIK FÜR DIE PÄDIATRISCHE ATEMWEGSENDOSKOPIE.....	45
4	ZUSAMMENFASSENDER DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE UND DISKUSSION	48
5	SCHLUSSFOLGERUNG.....	52
6	LITERATURVERZEICHNIS	53
7	DANKSAGUNG	56
8	ERKLÄRUNG UND EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG.....	57

1 Eigene Originalarbeiten, die Inhalt dieser kumulativen Arbeit sind

1. **Schramm D**, Yu Y, Wiemers A, et al. Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers-Availability and current practice. *Pediatr Pulmonol.* 2017;52(11):1502-1508
2. **Schramm D**, Ling K, Schuster A, Nicolai T. Foreign body removal in children: Recommendations versus real life-A survey of current clinical management in Germany. *Pediatr Pulmonol.* 2017;52(5):656-661
3. Wiemers A, Vossen C, Luecke T, Freitag N, Nguyen TMTL, Möllenberg L, Pohunek P, **Schramm D**. Complication rates in rigid vs. flexible endoscopic foreign body removal in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology.* 2023; Mar;166:111474
4. Freitag N, Möllenberg L, Wiemers A, Bosse HM, Kristin J, Vicencio A, **Schramm D**. Preference matters: new aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway. *Pediatric Pulmonology.* 2023; *Pediatr Pulmonol.* 2023. Epub ahead of print. PMID: 37042606
5. Freitag N, Tews P, Hubl N, Krug K, Kristin J, Distelmaier F, **Schramm D**. Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment. *Pediatr Pulmonol.* 2021;56(12):3796-3801
6. Krug K, Hübl N, Freitag N, **Schramm D**. Safety, feasibility and diagnostic value of Clinical Swallow Examination and FEES in children between 0 and 24 months. *Early Hum Dev.* 2023;179:105732
7. La Regina DP, Nenna R, **Schramm D**, et al. The use of pediatric flexible bronchoscopy in the COVID-19 pandemic era. *Pediatr Pulmonol.* 2021;56(7):1957-1966
8. **Schramm D**, Freitag N, Nicolai T, et al. Pediatric Airway Endoscopy: Recommendations of the Society for Pediatric Pneumology. *Respiration.* 2021;100(11):1128-1145
9. Seidl E, **Schramm D**, Schoen C, et al. Pulmonary alveolar proteinosis due to heterozygous mutation in OAS1: Whole lung lavages for long-term bridging to hematopoietic stem cell transplantation. *Pediatr Pulmonol.* 2022;57(1):273-277
10. **Schramm D**, Freitag N, Kotz K, et al. Cryotherapy in the paediatric airway: Indications, success and safety. *Respirology.* 2022;27(11):966-974

Zusammenfassung

Die in dieser Arbeit ausgewählten und berichteten Arbeiten und Studien befassen sich mit der Sicherheit und Durchführung endoskopischer Verfahren im kindlichen Atemweg und legen den Grundstein für standardisierte Empfehlungen, sog. *Standard Operating Procedures* (SOPs). Es zeigt sich in den letzten Jahren eine rasante technische Weiterentwicklung endoskopischer Verfahren im Kindesalter, darunter vor allem die Erweiterung des Indikationsspektrums für die flexible Bronchoskopie, neue interventionelle Bronchoskopieverfahren wie die Kryotherapie und der vermehrte Einsatz der Fieberoptischen Endoskopischen Evaluation des Schluckens (FEES) bei Kindern. Es zeigt sich, dass eine mangelnde Evidenz in Bezug auf die Erfolgs- und Komplikationsraten und die Art der Anwendung für einen zurückhaltenden Einsatz der genannten Techniken sorgt, obwohl diese möglicherweise leichter zugänglich, sicherer und effektiver als bestehende Alternativen sind. Ziel dieser Arbeit war daher eine nationale und internationale Bestandsaufnahme der Verbreitung und Anwendung neuer Endoskopietechniken bei Kindern, sowie eine fundierte Analyse ihrer Erfolgs- und Komplikationsraten anhand qualitativ hochwertiger Studien. Es konnte gezeigt werden, dass die flexible Bronchoskopie zur Fremdkörperentfernung bei geschütztem Atemweg genauso sicher ist wie die starre Bronchoskopie, dass die FEES sogar bei Kindern vor dem 2. Lebensjahr erfolgreich und sicher angewendet werden kann und dass die Kryotherapie eine sinnvolle Erweiterung der pädiatrischen Bronchoskopie darstellt. Der zurückhaltende Einsatz der neuen Techniken in der Pädiatrie ist vor allem durch mangelnde Evidenz und unzureichende Trainingsprogramme gegeben, denen durch weitere, große Multicenter-Studien und akkreditierte Ausbildungsprogramme begegnet werden sollte. Die hier dargestellten Arbeiten und technischen Standards bilden das Fundament für mögliche Kurskonzepte, von denen mittlerweile bereits einige in die Praxis umgesetzt werden konnten.

2 Einleitung

Die Endoskopie der oberen und unteren Atemwege mit einem starren oder flexiblen Bronchoskop ist ein wichtiges diagnostisches und therapeutisches Verfahren in der Kinderpneumologie. Historisch gesehen entwickelte sich diese Technik aus dem Einsatz eines für den Oesophagus konzipierten starren Rohres, welches in der Trachea eingesetzt wurde und seither als „starre Bronchoskopie“ weiterentwickelt wurde. Schließlich etablierte sich durch Verwendung flexibler Lichtleiter und kleiner Optiken die seit Mitte des letzten Jahrhunderts neue, flexible Technik. Die starre Bronchoskopie ist seither weitestgehend aus der klinischen Anwendung in der Kinderpneumologie verdrängt und wird meist nur noch für die Entfernung des endobronchialen Fremdkörpers verwendet. Die rasant fortschreitende Herstellung kleiner, hochauflösender Kameras für den Mobilfunksektor und der Fortschritt in der Digitalisierung hat schließlich die Entwicklung ultradünner, flexibler Bronchoskope möglich gemacht, die nahezu weltweit in den kinderpneumologischen Zentren verfügbar sind und niederschwellig in allen Altersklassen der Pädiatrie eingesetzt werden können. Ein mit der Bronchoskopie eng verknüpftes und in der Pädiatrie hoch anspruchsvolles Thema ist die Anästhesie während der Atemwegsendsoskopie.

2.1 Die starre Bronchoskopie

Die Geschichte der starren Bronchoskopie geht zurück ins 19. Jahrhundert, als erstmals ein leicht abgewandeltes, starres Oesophagoskop in den oberen Atemweg bis zur Trachea eingesetzt wurden. Der österreichische HNO-Arzt Gustav Killian verwendete in den 1890er Jahren die Rohre im Atemweg erstmals, um unter anderem Fremdkörper zu bergen. Gustav Killian prägte 1897 diese technische Innovation mit dem Namen der „directen“ Bronchoskopie, das Rohr wurde auch als "Killian's tube" bekannt. Es handelte sich um ein starres Rohr mit einem seitlichen Kanal für eine Lichtquelle oder einen Spülkatheter. Diese Veränderung des Rohres ermöglichte eine bessere Ausleuchtung des Atemwegs und erleichterte die Durchführung von Eingriffen. Es gibt keine zuverlässigen Informationen darüber, an welchem Patienten Gustav Killian sein neues Bronchoskopiesystem zum ersten Mal ausprobiert hat. In seiner Publikation in der Münchener Medizinischen Wochenschrift von 1897 beschreibt er mehrere Fälle, u.a. erfolgreiche Fremdkörperbergungen (Killian

1897). Ein Jahr später konnte er in seiner Publikation „ueber die directe Bronchoskopie“ über weitere Indikationen berichten. Jahrzehntlang war die starre Bronchoskopie die einzige Technik zur Spiegelung der unteren Atemwege (Killian 1898). Heutzutage sind die Anwendungsbereiche der starren Bronchoskopie in der Kinderpneumologie sehr begrenzt und umfassen vor allem den Einsatz in der interventionellen Bronchoskopie.

2.1.1 Anästhesie und Beatmung während der starren Bronchoskopie

Die Anästhesie des Atemwegs ist unabhängig von der verwendeten starren oder flexiblen Technik ein zentral mit der Bronchoskopie verknüpftes Thema. Zu Zeiten von Gustav Killian war die Betäubung der Atemwege noch nicht standardisiert üblich. Es wurden in der Regel lokale Anästhetika wie Kokain verwendet, um die Schleimhäute zu betäuben und Adrenalin, um das Blutungsrisiko zu minimieren.

Ein genaues Datum für die Einführung der Beatmung über das starre Bronchoskop-Rohr kann nicht angegeben werden, da es im Laufe der Zeit mehrere technische Neuerungen gab. Aber bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde in der Anästhesie das Prinzip der "endotrachealen Intubation" beschrieben, bei der ein starrer Schlauch zur Unterstützung der Beatmung in die Luftröhre eingeführt wurde. Einzelfallberichte über die erste Tubus-assoziierte Beatmung wurden 1878 von dem englischen Chirurg Sir William Macewen beschrieben (Macewen 1880). Durch weitere Modifikationen wurde die Beatmung über einen endotrachealen Tubus schließlich seit der frühen 1900er Jahren standardmäßig eingesetzt. Für die Bronchoskopie bedeutete dies, dass insbesondere durch die Weiterentwicklung der Beatmungsgeräte in den 1920er und 1930er Jahren die Beatmung über das starre Rohr zu einer gängigen Methode wurde.

Die Jet-Ventilation ist eine besondere Beatmungstechnik während der starren Bronchoskopie, die erstmals in den 1960er Jahren RD Sanders (Venturi Jet-Ventilation) entwickelt wurde. Sanders erkannte, dass herkömmliche Beatmungstechniken während der Bronchoskopie oft zu Überblähung, Hypoxie oder Hyperkapnie führen können (Sanders 1967). Die Jet-Ventilation, auch bekannt als Hochfrequenz-Jet-Ventilation, ist eine Form der Atemwegsunterstützung, bei der ein Jet von Gas unter hohem Druck über das starre Rohr in die Trachea und Bronchien eingebracht wird. Diese Technik nutzt die Strömungsdynamik des Gasstroms, der durch eine spezielle Jet-Kanüle oder einen Katheter eingeführt wird, um einen hohen Frequenzbereich von Druck- und Unterdruckwellen zu erzeugen. Dies führt zu

einer schnellen Expansion und Kontraktion der Lungen, um die Atmung zu unterstützen. Eine Vielzahl von verschiedenen Techniken zur Anästhesie während der starren Bronchoskopie sind in der Zwischenzeit veröffentlicht. Ein besonderer Beatmungsstandard existiert bis heute jedoch nicht, sondern unterliegt der lokalen Expertise jedes Zentrums.

2.2 Die flexible Bronchoskopie

Die flexible Bronchoskopie ist eine weitere, aber jüngere Technik in der Kinderpneumologie, die es ermöglicht, vor allem die kleinen, peripheren Atemwege zu untersuchen und gezielte Interventionen vorzunehmen. Die Geschichte der flexiblen Bronchoskopie geht zurück bis in die 1960er Jahre und wurde von dem japanischen Arzt und Erfinder Shigeto Ikeda entwickelt. Er arbeitete damals an der Universität von Tokio und wollte ein Bronchoskop entwickeln, das flexibler und dünner als die damals üblichen starren Bronchoskope war, um die peripheren Atemwege zu erreichen. Ikedas Innovation war ein Meilenstein in der Geschichte der Bronchoskopie und revolutionierte die diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten in der Pneumologie. Sein Gerät hatte einen Durchmesser von etwa 5 mm und bestand aus einem flexiblen Fiberglas-Bündel von mehr als 15.000 Fiberglasleitern, welche von einer steifen Metallhaut umgeben waren, um dem Endoskop die nötige Stabilität zu verleihen. Das Bündel wurde von einem Steuerungssystem aus Drahtzügen (Bowdenzüge) bewegt, die über einen Handgriff am Ende des Bronchoskops betätigt wurden.

Das flexible Bronchoskop von Ikeda war zwar ein Durchbruch in der Pneumologie, aber für den Einsatz im kindlichen Atemweg war es aufgrund der Größe noch nicht geeignet. Seit seiner Erfindung hat sich die Technologie allerdings kontinuierlich weiterentwickelt, und moderne flexible, volldigitale Video-Bronchoskope sind heute deutlich dünner, flexibler und fortschrittlicher als die ursprüngliche Version von Ikeda (Ninan and Wahidi 2019) und eignen sich für alle pädiatrischen Atemwege, inklusive der von Neonaten. Die Entwicklung von Kameras für Mobilfunkgeräte hat schließlich einen großen Einfluss auf die Weiterentwicklung von flexiblen Bronchoskopen gehabt. Durch die Miniaturisierung von Kameratechnologien und die Verfügbarkeit von leistungsstarken Prozessoren und Speichermedien sind Kameras heute in der Lage, hochauflösende Bilder und Videos aufzunehmen.

Dies hat dazu beigetragen, die Bildgebungstechnologie in flexiblen Bronchoskopen zu verbessern. Moderne Bronchoskope verwenden in der Regel digitale Kameras und Lichtquellen, um Bilder von hoher Qualität - in der Regel *FullHD* - zu erzeugen. Darüber hinaus hat die Miniaturisierung von Kameras und anderen Komponenten auch dazu beigetragen, die Größe und Flexibilität von Bronchoskopen zu verbessern. In der medizinischen Literatur finden sich Berichte über sehr dünne und flexible Bronchoskope. Es existieren Bronchoskope mit einem Durchmesser von 1,7 mm oder weniger, die für spezielle Anwendungen entwickelt wurden. Dies hat den Einsatzbereich flexibler Bronchoskope als diagnostisches und therapeutisches Instrument weiter verbessert (Oki, Saka 2019)

2.2.1 Anästhesie und Beatmung während der flexiblen Bronchoskopie

Die flexible Bronchoskopie wird in der Regel in Sedierung durchgeführt. Die Wahl der Sedierung hängt von vielen Faktoren ab, wie dem Alter der Patientinnen und Patienten, dem Allgemeinzustand und der Art der Untersuchung. Zumeist wird eine intravenöse Sedierung mit einem Lokalanästhetikum in Kombination verwendet. Die Medikamente können Benzodiazepine, Propofol oder Opioid-Analgetika umfassen. Gewöhnlich bleibt der Patient bei dieser Sedierung in Spontanatmung. In besonderen Fällen können aber auch assistierte Beatmungsverfahren über Gesichtsmasken oder laryngeale Masken verwendet werden.

2.3 Die kindliche Atemwegsendsoskopie

Die ersten Veröffentlichungen über kindliche Bronchoskopien erschienen Anfang der 1900er Jahre, verfasst vom amerikanischen Laryngologen Chevalier Jackson. Jackson verwendete ein starres Bronchoskop, um den Atemweg eines fünfjährigen Jungen von einer Nuss zu befreien, die er versehentlich aspiriert hatte. Diese und weitere seiner Techniken gelten bis heute als Meilenstein in der Geschichte der Bronchoskopie bei Kindern. Er veröffentlichte sie in seinem Buch "Bronchoscopy and Esophagoscopy" im Jahr 1922 (Jackson 1922).

Wann die erste flexible Bronchoskopie beim Kind durchgeführt wurde, ist unklar. Seit Beginn der Entwicklung von sogenannten fiberoptischen, flexiblen Bronchoskopen in den 1960er Jahren sind bis heute eine Vielzahl von (elektro-)technischen Neuerungen, vor allem aber der Größe von Bronchoskopen durchgeführt worden, weshalb die starre Bronchoskopie weitestgehend aus der Diagnostik und Therapie der Kinderpneumologie verdrängt wurde.

Vergleichbare Zahlen durchgeführter Prozeduren z.B. aus Deutschland liegen leider nicht vor, da das OPS-System (durchgeführte Prozeduren während eines stationären Aufenthaltes) erst seit 2019 einen detaillierten Blick in die flexible Atemwegsendoskopie zulässt, nicht jedoch in die starre Bronchoskopie. So wurden in Deutschland 2019 insgesamt 11.733 flexible Tracheo-Bronchoskopien im Kindesalter durchgeführt (Destatis 2020). Auch wenn zu der starren Technik keine Zahlen vorliegen, ist davon auszugehen, dass diese aufgrund seltenerer Indikationsstellungen sehr gering ausfallen (Nicolai 2011). Dennoch bleibt das starre Bronchoskop ein unverzichtbares Instrument für einige diagnostische und therapeutische Indikationen. Zu den Vorteilen des starren Bronchoskops gehören eine optimale Kontrolle der Atemwege, ein größerer Innendurchmesser, der die Verwendung von größerem und vielfältigem Zubehör ermöglicht, sowie eine bessere Möglichkeit, Blut, Sekret und Gewebe aus den Atemwegen zu entfernen. Zu den Nachteilen der starren Bronchoskopie zählen die Notwendigkeit einer Vollnarkose, ein erhöhtes Risiko eines Atemwegstraumas und die Unmöglichkeit des Zugangs zu den oberen Lungenflügeln und Segmentbronchien.

Der Einsatz der starren Bronchoskopie im Kindesalter beschränkt sich weitgehend auf die interventionelle Bronchoskopie, darunter die Resektion gutartiger und bösartiger endobronchialer Tumore, die Platzierung von Stents, die Dilatation von Tracheobronchialstenosen und die Behandlung massiver Hämoptysen.

Einige Indikationen lassen den Einsatz beider Techniken zu und liegen – auch aufgrund mangelnder Daten, die beide Techniken vergleicht – in der Abwägung der bronchoskopierenden Person. Bei anamnestischem und/oder klinischem Verdacht auf eine Fremdkörperaspiration sollte eine flexible Bronchoskopie durchgeführt werden (auch wenn der Röntgenthoraxbefund normal oder untypisch ist), da keine andere diagnostische Maßnahme eine Fremdkörperaspiration ausschließen oder verifizieren kann. Bei sehr dringendem Verdacht, oder sicherer Anamnese und Klinik kann diese Untersuchung auch starr durchgeführt werden.

Beide Verfahren kommen gemeinsam bei der Identifikation und Behandlung von Fisteln zum Einsatz. Fisteln zwischen dem Atemweg und dem Gastrointestinaltrakt werden meist nach Geburt symptomatisch durch chronische respiratorische Symptome bei gleichzeitig bestehender Dysphagie. Die Identifikation von Fisteln stellt für die Bronchoskopie eine Herausforderung dar, da sich die feinen Fistelgänge in den Schleimhautfalten verstecken

können. Die flexible Bronchoskopie eignet sich vor allem zur Identifikation eines solchen Ganges, wobei die starre Bronchoskopie die Prüfung der Durchgängigkeit ermöglicht. Gleiches gilt für die Identifikation von Spalten, wie Larynxspalten. Um höhere diagnostische Sicherheit in der flexiblen Bronchoskopie zu erlangen, sollte diese mit kontinuierlichem positivem Luftdruck über den Arbeitskanal durchgeführt werden.

Die Verdrängung der starren Bronchoskopie durch die flexible Technik hat viele verschiedene Gründe. Flexible, ultradünne Bronchoskope eignen sich auch für den neonatalen Einsatz, somit kann das komplette Kinder- und Jugendalter durch verschiedene, flexible Bronchoskop-Größen in der Diagnostik abgebildet werden. Flexible Bronchoskope sind ebenfalls für die Beurteilung der peripheren, kleinen Atemwege verwendbar. Flexible Bronchoskopien sind außerdem im Rahmen von Sedierungen durchführbar, somit abgekoppelt vom Operationssaal und der Anästhesie. Dadurch lässt sich diese Technik niederschwelliger und in höherer Anzahl durchführen. Möglicherweise führte dies über Jahrzehnte hinweg zu einem Routineverlust in der starren Technik, weshalb in aktuellen Publikationen von einer geringeren Komplikationsrate der flexiblen Technik ausgegangen wird (Golan-Tripto, Mezan 2021).

Weiterhin ist zu beobachten, dass sich durch flexible Bronchoskope eine ganze Reihe von Indikationen erschließen, die mittels starrer Bronchoskopie - u.a. aufgrund der Narkose - nicht abzubilden sind. Ein Beispiel stellt die Abklärung eines suspekten Atemgeräusches (wie z.B. dem konnatalen Stridor) dar, die heute die mit Abstand häufigste Indikation für eine Bronchoskopie im Kindesalter ist (Wallis, Alexopoulou 2019). Die flexible Bronchoskopie liefert hier die besten diagnostischen Ergebnisse zur Beurteilung der Stimmbandbewegung und der Stabilität des Kehlkopfgerüsts oder auch der unteren Atemwege, da sie ganz ohne oder mit moderater Sedierung in Spontanatmung durchgeführt werden kann. Zusätzlich kann die flexible Endoskopie unter Sedierung, auch bekannt als Schlafendoskopie, eine Untersuchung der oberen Atemwege bei Patientinnen und Patienten mit Verdacht auf obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) ermöglichen (Frederick, Brandt 2022). Diese Technik ersetzt die (Poly)Somnographie nicht, liefert allerdings wichtige Informationen vor einer möglichen chirurgischen Intervention.

Eine weitere Ergänzung diagnostischer Möglichkeiten durch die flexible Bronchoskopie im Kindesalter ist die Durchführung der bronchoalveoläre Lavage (BAL) (Picinin, Camargos 2010). Es ist möglich, die ultradünnen flexiblen Bronchoskopen in eine sogenannte „wedge

position“ zu bringen, um von dort aus die Lunge zu spülen. Dadurch können entzündliche oder infektiöse Vorgänge durch Charakterisierung erhöhter Zelllinien aufgedeckt, pulmonalen Erregerbesiedlung festgestellt oder aber Sputumproben ersetzt werden, wenn diese z.B. bei sehr jungen Patient*innen mit Cystischer Fibrose (CF) nicht gewonnen werden können.

Nach Lungentransplantation werden regelmäßige bronchoskopische Untersuchungen mit flexiblen Endoskopen zur Beurteilung des Transplantats durchgeführt. Endobronchiale Biopsien und BAL werden durchgeführt, um Komplikationen wie Transplantatabstoßungen oder Infektionen frühzeitig zu erkennen. Des Weiteren ist die flexible Bronchoskopie die geeignete Methode zur frühzeitigen Diagnose von endobronchialen Läsionen, Tumoren oder unklaren Lymphadenopathien. In der Regel führt dann die Biopsie zur Diagnose, die problemlos endobronchial über das flexible Bronchoskop durchgeführt werden kann. Nach Tracheotomie sollten mittels flexibler Endoskopie die Lage der Kanüle und das Auftreten möglicher Komplikationen, wie z. B. Druckschäden, überprüft werden. Sie sollte anfangs in kürzeren Abständen und dann mindestens einmal jährlich durchgeführt werden.

Eine Sonderform der kindlichen Atemwegsendoskopie, die ebenfalls ohne Narkose und per flexibler Endoskopie vorgenommen wird, ist die fieberoptisch-endoskopische Evaluation des Schluckens (FEES) (Arvedson and Lefton-Greif 2017). Die FEES ist eine Laryngoskopie, die während des Fütterns von Kindern durchgeführt wird, um den Schluckakt zu begutachten und eine kindliche Dysphagie zu diagnostizieren. Die Technik ist in der Lage, die pharyngeale Bolusverarbeitung zu beurteilen und dabei insgesamt drei Pathologien zu beschreiben: Leaking (verspätetes Auslösen des Schluckreflexes), Penetration und Aspiration (Eindringen der Nahrung in den supraglottischen Raum) sowie das Auftreten von Residuen. Die alternative apparative Schluckuntersuchung ist die videofluoroskopische Untersuchung des Schluckens (VFSS), bei der eine Durchleuchtung des Kopf-/Halsbereiches während des Schluckvorgangs durchgeführt wird. Der Einsatz der flexiblen Endoskopie trägt also zu einer Reduktion der Strahlenbelastung bei.

Die flexible Bronchoskopie liefert außerdem einen zusätzlichen therapeutischen Nutzen bei pulmonalen Atelektasen. Sie werden durch eine erhöhte Schleimproduktion, ein Schleimhautödem und eine beeinträchtigte mukoziliäre Clearance verursacht und bei Kindern mit schweren neurologischen Grunderkrankungen oder auch bei intensivpflichtigen, beatmeten Kindern beobachtet. Bei persistierenden atelektatischen Lungenveränderungen

trotz ausreichend intensiver, physikalischer Maßnahmen, sollte spätestens 4-6 Wochen nach der Diagnose eine bronchoskopische Wiedereröffnung mit einem flexiblen Endoskop versucht werden. Hier kann durch Applikation verschiedener Medikamente, wie beispielsweise der Desoxyribonuklease (DNase), der Versuch einer Wiedereröffnung betroffener Lungenareale mit einem flexiblen Endoskop unternommen werden (Xuereb, Sammut 2022). Seltener ist der Surfactantmangel oder -defekt Ursache einer Atelektase. In diesen Fällen kann mittels flexibler Bronchoskopie Surfactant appliziert werden (Krause, von Bismarck 2008).

2.4 Interventionelle kindliche Atemwegsendoskopie

Interventionelle Verfahren wie Ballondilatationen, Stent-Implantationen, transbronchiale Biopsien (TBB) und endobronchial-ultraschall-gesteuerte Nadelbiopsien (EBUS-TBNA) oder Kryotherapien werden auch in der Kinderpneumologie eingesetzt und ersetzen die sonst nötigen chirurgischen Eingriffe zunehmend (Eber, Anton-Pacheco 2017).

Die Ballondilatation ist ein Verfahren, das meist zur Behandlung von Stenosen der Atemwege eingesetzt wird. Ein Ballonkatheter wird in die betroffene Region eingeführt, um mit steigendem Druck - jedoch zeitlich limitiert - die Stenose zu eröffnen. Indikationen zur Ballondilatation in der pädiatrischen Bronchoskopie sind beispielsweise akute Atemwegsstenose nach intubations-bedingtem Trauma oder durch stenosierendes Granulationsgewebe nach Fremdkörperaspiration. Die Ballondilatation ist heute ein sehr etabliertes und häufig durchgeführtes interventionelles Verfahren in der Kinderpneumologie. Hinreichend viele Studien belegen, dass mit einem guten Erfolg zu rechnen ist, umso geringer die die Stenose ausgeprägt ist (kleiner Cotton-Meyer-Grad) und um so jünger das zugrundeliegende Trauma ist. Die Komplikationsrate wird als niedrig eingestuft (Manning, Wehrmann 2019).

Die häufigste Indikation für die Verwendung von Stents ist die schwere Tracheobronchomalazie. Die Stent-Implantate bestehen aus unterschiedlichem Material, wie Metall oder Silikon. Sie werden endoskopisch mittels starrer oder auch mittels flexibler Bronchoskopie in die Atemwege eingebracht, um eine Stenose zu überwinden oder die Atemwege offen zu halten. Von besonderem wissenschaftlichem Interesse sind biologisch abbaubare Stents. Sie bestehen aus Poly-Dioxanone (PDO) und finden ihren ursprünglichen

Einsatz in der Therapie von oesophagealen Stenosen. Das Material löst sich nach ca. 3 Monaten in CO₂ und Wasser auf. In dieser Zeit wird der Effekt der Therapie als sehr erfolgreich gewertet. Nach ca. 3 Monaten treten die Stenose dann allerdings in nahezu 70 % der Fälle wieder auf. Zusätzlich kommt es während des Zerfalls zu Fragmenten, die wie Fremdkörper den Atemweg blockieren können (Bellia-Munzon, Cieri 2021).

Die Kryotherapie ist ein junges Verfahren in der Kinderpneumologie. Dies liegt daran, dass kleine Kryo-Katheter mit einem Außendurchmesser von 1,1 mm erst seit 2019 verfügbar sind. Diese Katheter lassen sich problemlos über den Arbeitskanal ultradünner flexibler Bronchoskope einführen. Die Technik basiert auf dem sogenannten Joules-Thomson-Effekt, bei dem ein Gas mit hohem Druck durch eine Düse gepresst wird. Hinter der Düse kann sich das Gas wieder ausdehnen, was mit Abfall der Umgebungstemperatur passiert. Die Katheterspitze erreicht so Temperaturen bis -80° Celsius. Durch Adhäsion mit beispielsweise der Schleimhaut kann das angefrorene Gewebe dann entfernt werden. Somit sind die typischen Indikationen die Biopsiegewinnung, die Entfernung von Schleimhaut/Granulationsgewebe zur Wiederherstellung des Atemweglumens und die Fremdkörper-entfernung. Die transbronchiale Biopsie (TBB) dient ebenfalls zur Biopsat-Gewinnung. Dazu wird Biopsiezange über den Arbeitskanal des Bronchoskops (in der Regel) unter Durchleuchtung im entsprechenden Lungenlappen vorgeschoben. Diese Technik dient vor allem der Diagnostik parenchymatöser Lungenerkrankungen und zur Überwachung nach Lungentransplantation. Die Wertigkeit der TBB ist abhängig von der Treffgenauigkeit und der Größe des Biopsates. Bezogen auf die ohnehin seltene Indikation zur Biopsieentnahme im Kindesalter zeigen die Publikationen zu TBB ein eher befriedigendes Ergebnis. In der Pneumologie der Erwachsenen hat die Kryobiopsie die TBB weitestgehend ersetzt. Eine Sonderform der Biopsiegewinnung ist die mittels endobronchialer Ultraschall-Steuerung und Nadel-Aspiration (EBUS-TBNA). Hier wird eine Ultraschallsonde in die Lunge eingeführt, um vor allem paratracheal oder bronchial benachbarte Lymphknoten zu untersuchen und zu biopsieren. Diese Technik wird häufig bei Verdacht auf ein Lymphom oder eine granulomatösen Erkrankungen wie der Sarkoidose oder der Tuberkulose eingesetzt. In der Kinderpneumologie ist die deutliche Limitation der EBUS-TBNA die Größe der vorhandenen Ultraschall-Bronchoskope mit einem Außendurchmesser von 6,6 mm, welche sich somit meist erst jenseits des 10. Lebensjahres verwenden lassen (Herth, Eberhardt 2006).

In den letzten Jahren haben sich zudem neue Technologien wie beispielsweise die Laser- oder Argon-Plasma-Koagulation etabliert, die es ermöglichen, lokale Koagulationen im Atemweg durchzuführen. Wissenschaftliche Daten zur Durchführbarkeit und Sicherheit im kindlichen Atemweg liegen hier noch nicht vor.

2.5 Internationale Empfehlungen

Obwohl die Bronchoskopie im Kindesalter ein etabliertes und gängiges Verfahren ist, gibt es zu ihrer Durchführung wenige Empfehlungen und Standards. Das führt dazu, dass sich die Technik und die Komplikationsraten an unterschiedlichen Zentren und in unterschiedlichen Ländern stark voneinander unterscheiden.

Bezogen auf die Fremdkörperentfernung bei Kindern gibt es einen technischen Standard der amerikanischen Fachgesellschaft ATS aus dem Jahr 2015 (Faro, Wood 2015). Die Autorinnen und Autoren kommen jedoch ebenfalls zu dem Schluss, dass es nur sehr wenige randomisierte kontrollierte Studien zur pädiatrischen Fremdkörperentfernung gibt. Das Komitee entwickelte also Empfehlungen, die hauptsächlich auf der kollektiven klinischen Erfahrung der Komiteemitglieder beruhen.

Die europäische Fachgesellschaft ERS veröffentlichte 2017 ein Statement zur interventionellen Bronchoskopie im Kindesalter (Eber, Anton-Pacheco 2017). Die Arbeitsgruppe fasst die aktuellen Empfehlungen und Techniken zur Durchführung von interventionellen Bronchoskopien bei Kindern zusammen. Sie betonen die Bedeutung der Bronchoskopie als diagnostisches und therapeutisches Verfahren bei verschiedenen Erkrankungen des kindlichen Atemtrakts. Sie diskutieren die verschiedenen Indikationen für Bronchoskopien, darunter Fremdkörperaspirationen, Obstruktionen der Atemwege, pulmonale Blutungen und Lungeninfektionen. Darüber hinaus erörtern sie die verschiedenen Techniken zur Durchführung von Bronchoskopien bei Kindern, einschließlich der Verwendung von flexiblen und starren Bronchoskopen, der Anwendung von Fluoroskopie und der Verwendung von Laser- und Argon-Plasma-Koagulation zur Therapie von Läsionen der Atemwege. Auch hier lautete die Schlussfolgerung, dass es nur wenige veröffentlichte Erkenntnisse gibt und die Arbeitsgruppe in vielen Fällen auf die kollektive klinische Erfahrung des Ausschusses zurückgreifen musste, um das Statement zu erarbeiten. Die Autorinnen und Autoren unterstreichen durch die aufgezeigten Wissenslücken den Bedarf an weiterer

Forschung und rufen pädiatrische Bronchoskopierende auf, in multizentrischen Kooperationen zusammenzuarbeiten, um größere Studien zu ermöglichen.

2.6 Ziele der Arbeit

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit lag in der Entwicklung von standardisierten Empfehlungen zu verschiedenen Aspekten der Bronchoskopie im Kindesalter, um dieses bereits gängige diagnostische und therapeutische Verfahren noch sicherer und besser zugänglich zu machen. Dazu habe ich mich - wie von den großen Fachgesellschaften gefordert - mit anderen Bronchoskopie-Zentren zusammengeschlossen und internationale Studien durchgeführt, deren Ergebnisse als Grundlage für fundierte technische Standards dienen und den Bronchoskopierenden Sicherheit in Bezug auf die möglichen Schwierigkeiten und Komplikationen geben sollen.

Im Einzelnen sollten vor allem die folgenden Fragestellungen beantwortet werden:

- Welche Bronchoskopietechniken stehen in europäischen Zentren zur Verfügung und wie häufig finden sie Anwendung?
- Welche Technik zur Fremdkörperentfernung wird in deutschen Zentren durchgeführt und wie viele Zentren haben etablierte Standard Operating Procedures (SOPs)?
- Wie können Komplikationen fundiert kategorisiert und erhoben werden?
- Eignet sich zur Fremdkörperentfernung eher die flexiblen oder die starre Bronchoskopie und wie hoch sind die Komplikationsraten beider Techniken?
- Welche Faktoren nehmen Einfluss auf die Komplikationsraten bei der Fremdkörperentfernung im Kindesalter?
- Ist die FEES ein sicher durchführbares diagnostisches Werkzeug für die kindliche Dysphagie, besonders auch bei Kindern vor dem 2. Lebensjahr?
- Bei welchen Kindern ist es besonders wichtig, frühzeitig an eine Dysphagie zu denken und wann ist die FEES indiziert?
- Wie sicher und erfolgreich sind interventionelle Bronchoskopieverfahren wie die Kryotherapie im kindlichen Atemweg?

3 Untersuchungen und Ergebnisse

3.1 Verfügbarkeit der Bronchoskopie an europäischen Zentren

Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers - Availability and current practice.

Schramm D, Yu Y, Wiemers A, Vossen Ch, Snijders D, Krivec U, Priftis K, Eber E, Pohunek P.
[Pediatric Pulmonology 2017;52\(11\):1502-1508](#)

Die vorliegende Studie legt den Grundstein zum Erreichen des Zieles, eine generelle Empfehlung zur sicheren Durchführung der Atemwegsspiegelung im Kindesalter auszusprechen. Diese erfasst den aktuellen Stand der Bronchoskopietechnik für den kindlichen Atemweg und seiner Verfügbarkeit in den pädiatrisch-kinderpneumologischen Zentren in Europa. Dazu wurde ein Fragebogen entwickelt, der an nationale Vertreter*innen von insgesamt 44 europäischen Ländern geschickt wurde, mit der Bitte diesen an alle Zentren im eigenen Land weiterzuleiten, die Bronchoskopien bei Kindern durchführen. Abgefragt wurden Daten zu der Anzahl durchgeführter Eingriffe, dem Bronchoskopie-Team und der technischen Ausstattung. Außerdem wurden die Indikationen, Komplikationen, das Anästhesieverfahren und die sich aus der Bronchoskopie ergebenden diagnostischen Möglichkeiten erfasst.

Insgesamt nahmen 198 Zentren aus 33 europäischen Ländern an der Umfrage teil. Abbildung 1 zeigt einen Überblick aller Länder, die in der Studie repräsentiert wurden. Von 2012 bis 2014 wurden insgesamt 57.145 Bronchoskopien gemeldet, Abbildung 2 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Bronchoskopien pro Zentrum.



Abbildung 1 Insgesamt nahmen 198 europäische Zentren aus 33 europäischen Ländern an der Studie teil und sind dunkelgrau markiert. Aus 11 Ländern gingen keine Daten ein, sie sind hellgrau unterlegt. Die Abbildung wurde mit Google GeoCharts® erstellt.

Schramm, D., Yu, Y., Wiemers, A., et al. (2017). Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers-Availability and current practice. *Pediatric pulmonology*, 52(11), 1502–1508. Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

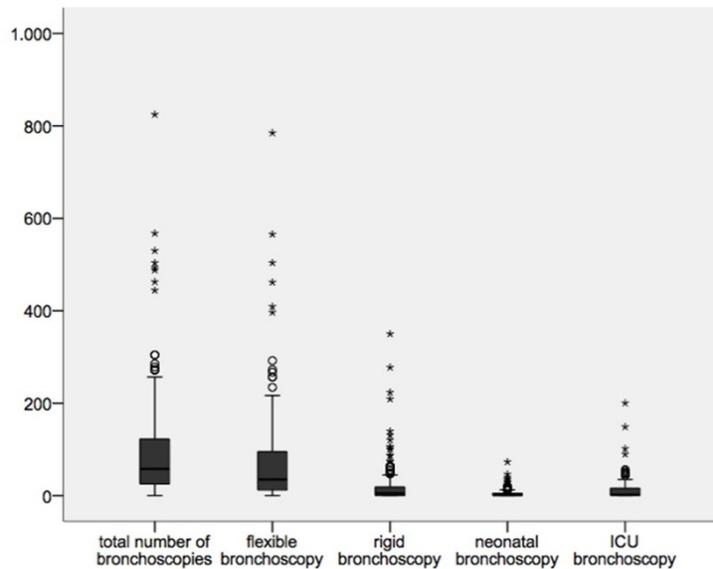


Abbildung 2 Box-Plot-Diagramm, das die Anzahl der Verfahren pro Zentrum und Jahr im Zeitraum zwischen 2012 und 2014 in 198 europäischen Zentren zeigt. Die Box-Plots zeigen die Gesamtzahl der Bronchoskopien pro Jahr ($n = 198$; Median 58, Mittelwert 96, SD 118), die flexiblen Bronchoskopien pro Jahr ($n = 198$; Median 35, Mittelwert 74, SD 105), die starren Bronchoskopien pro Jahr ($n = 198$; Median 5, Mittelwert 20, SD 44), die Neugeborenenbronchoskopien pro Jahr ($n = 198$; Median 1, Mittelwert 4, SD 9) und Intensivbronchoskopien pro Jahr ($n = 198$; Median 2, Mittelwert 11, SD 23). n , Stichprobengröße; SD, Standardabweichung

Schramm, D., Yu, Y., Wiemers, A., et al. (2017). Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers-Availability and current practice. *Pediatric pulmonology*, 52(11), 1502–1508. Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Sowohl flexible als auch starre Techniken waren in den meisten Zentren verfügbar. Die häufigsten Indikationen waren Verdacht auf Aspiration, Infektionen, radiologische Auffälligkeiten, Atemwegsobstruktion und Husten.

Die am häufigsten genannten Komplikationen waren Hypoxämie, Atemwegsobstruktion und Husten, gefolgt von Atemwegsblutungen. Die meisten Zentren konnten BAL und endobronchiale Biopsien durchführen, während speziellere Verfahren wie transbronchiale Biopsien seltener waren. Interventionen wie Ballondilatation, Laserbehandlungen oder Stent-Platzierung kamen weniger häufig vor und waren selten verfügbar (Tabelle 1). Sofern verfügbar, werden sie jedoch hauptsächlich mit einem starren Bronchoskop durchgeführt.

Tabelle 1 Verfügbarkeit interventioneller Bronchoskopietechniken

		Zentren	Durchgeführt		Nicht durchgeführt	
		n	n	%	n	%
<i>Ballondilatation</i>	<i>Flexibel</i>	198	42	21,2	156	78,8
	<i>Starr</i>	198	47	23,7	151	76,3
<i>Laserbehandlung</i>	<i>Flexibel</i>	198	26	13,1	172	86,9
	<i>Starr</i>	198	49	24,7	149	75,3
<i>Stentplatzierung</i>	<i>Flexibel</i>	198	19	9,6	179	90,4
	<i>Starr</i>	198	40	20,2	158	79,8
<i>Kryotherapie</i>	<i>Flexibel</i>	198	10	5,1	188	94,9
	<i>Starr</i>	198	16	8,1	182	91,9
<i>Andere</i>	<i>Flexibel</i>	198	21	10,6	177	89,4
	<i>Starr</i>	198	15	7,6	183	92,4

Verfügbarkeit von interventionellen Bronchoskopietechniken im kindlichen Atemweg in 198 teilnehmenden Zentren.

Übersetzt aus Schramm, D., Yu, Y., Wiemers, A., et al. (2017). Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers-Availability and current practice. Pediatric pulmonology, 52(11), 1502–1508.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Im Vergleich zu einer ähnlichen Umfrage, die 1997 durchgeführt wurde (Barbato, Magarotto 1997), legen die Ergebnisse nahe, dass die pädiatrische Bronchoskopie in Europa mittlerweile weiter verbreitet und etablierter geworden ist. Die Unterschiede in der Durchführung zwischen den einzelnen Ländern zeigen jedoch, dass eine Standardisierung bronchoskopischer Verfahren in Europa dringend nötig ist.

3.2 Fremdkörperentfernung im Kindesalter in Deutschland

Foreign body removal in children: Recommendations versus real life-A survey of current clinical management in Germany.

Schramm D, Ling K, Schuster A, Nicolai T.

[Pediatric Pulmonology 2017;52\(5\):656-661](#)

Eine der wichtigsten Indikationen für den Einsatz der Bronchoskopie im Kindesalter stellt die Fremdkörperaspiration dar, die als Notfall besonders Kindern zwischen dem 1. und 4. Lebensjahr betrifft (Foltran, Ballali 2013). Sie bleibt ein relevanter Grund für Morbidität und Mortalität, vor allem bei kleinen Kindern mit engen Atemwegen (Anton-Pacheco, Martin-Alelu 2021). Sowohl die Task Force der European Respiratory Society (ERS, 2003) als auch die der American Thoracic Society (ATS, 2015) empfehlen die starre Bronchoskopie als Goldstandard zur Entfernung von Fremdkörpern bei Kindern. In den letzten Jahren lässt sich jedoch eine zunehmende Anzahl von Veröffentlichungen beobachten, die die flexible Bronchoskopie als primäre Methode zur Fremdkörperentfernung bei Kindern nutzen. Aus diesem Grund wurde eine landesweite Umfrage initiiert, welche die routinemäßig angewendete Methode zur Fremdkörperentfernung bei Kindern in verschiedenen Zentren in Deutschland untersuchte. Der Online-Fragebogen erhob Daten zu den vorgeschalteten diagnostischen Schritten vor der Bronchoskopie, der Summe jährlich durchgeführter Bronchoskopien und Fremdkörperentfernungen im kindlichen Atemweg pro Zentrum, der Erfahrung des Bronchoskopeurs, der Technik der Fremdkörperentfernung und den aufgetretenen Komplikationen. Insgesamt nahmen 259 Zentren an der Umfrage teil. Zwanzig Prozent verwendeten die flexible Bronchoskopie als primäre Methode der Wahl zur Fremdkörperentfernung, 48 % wählten die starre Bronchoskopie und 30 % führten standardmäßig eine flexible Beurteilung und eine starre Entfernung des Fremdkörpers durch. Beachtenswert ist, dass nur 40 % der Befragten angaben, formale Schulungskurse in flexibler Bronchoskopie und 15 % in starrer Bronchoskopie besucht zu haben. Fast die Hälfte der Befragten (42 %) hatte noch nie an einer formalen Schulung teilgenommen. In 158 Zentren (61 %) liegt dem Ablauf der Fremdkörperentfernung ein Standard Operation

Procedure (SOP) zugrunde. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Komplikationen, die während oder nach der Fremdkörperentfernung auftraten.

Tabelle 2 Aufgetretene Komplikationen

	n=259	%
Milde bis moderate Komplikationen		
Technisch (z.B. feststeckender oder fragmentierter FK)	74	28,6
Respiratorisch (z.B. Hypoxie oder Beatmungsprobleme)	72	27,8
Kardiovaskular (z.B. Hypo-/Hyperthermie, Brady-/Tachykardie)	32	12,4
Schwere Komplikationen		
Betreuung auf einer Intensivstation notwendig	62	23,9
Ödem der Bronchialschleimhaut	46	17,8
Erneute Bronchoskopie notwendig	35	13,5
Blutung	27	10,4
Infektion	20	7,7
Perforation	8	3,1
Wiederbelebungsmaßnahmen	5	1,9
Tod	4	1,5

*Auflistung aller Komplikationen, die während oder nach den 259 registrierten Fremdkörperentfernungen im kindlichen Atemweg aufgetreten sind. Eine Unterscheidung in mild bis moderat und schwer wurde vorgenommen. Die Teilnehmenden konnten mehrere Antworten auswählen.
FK Fremdkörper*

Übersetzt aus Schramm, D., Yu, Y., Wiemers, A., et al. (2017). Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers-Availability and current practice. Pediatric pulmonology, 52(11), 1502–1508.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Veröffentlichten Daten aus anderen Studien zeigen, dass die starre Bronchoskopie weniger Komplikationen verursacht und bei der Fremdkörperentfernung bei Kindern erfolgreicher ist. Es ist daher fraglich, warum 20% der Zentren eine Vorliebe für die flexible Methode angaben. Möglicherweise spielt die geringe Verfügbarkeit der starren Bronchoskopie und die Schwierigkeit, ausreichende Expertise in starren Bronchoskopien zu erlangen, eine entscheidende Rolle. Zukünftig wäre es wünschenswert, prospektive Studien

durchzuführen, die die Erfolgs- und Komplikationsraten beider Prozeduren für jede Bronchoskopie aufzeichnen und vergleichen.

3.3 Komplikationsrate während Fremdkörperentfernung im Vergleich

Complication rates in rigid vs. flexible endoscopic foreign body removal in children.

Wiemers A, Vossen C, Luecke T, Freitag N, Nguyen TMTL, Möllenberg L, Pohunek P, **Schramm D.**

[International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. 2023; Mar;166:111474](#)

Anknüpfend an die vorherige Studie zur Fremdkörperaspiration wurden in dieser Publikation die Komplikationsraten in flexibler und starrer Bronchoskopie näher untersucht. Obwohl die Fremdkörperaspiration nach wie vor eine häufige und vermeidbare Ursache für Morbidität und Mortalität bei Kindern ist, stimmen die Empfehlungen zur geeigneten Entfernungstechnik oft nicht mit der tatsächlichen Praxis und Expertise der durchführenden Untersucher überein. Da es nur wenige Daten zu Erfolgs- und Komplikationsraten des Verfahrens gibt, war das Ziel dieser Studie, ein Klassifikationssystem für verfahrensbedingte Komplikationen aufzustellen, diese prospektiv zu erfassen und zu analysieren. Spezialisten auf dem Gebiet der Fremdkörperentfernung lieferten mithilfe eines online Fragebogens anonym Fallberichte.

Informationen zum Ablauf der Bronchoskopie, Art und Schwere der Komplikationen sowie Patientenmerkmale wurden klassifiziert und erfasst. Korrelationen wurden mithilfe des Chi-Quadrat-Tests von Pearson berechnet. Insgesamt wurden 314 starre und 178 flexible Bronchoskopien verglichen, die von 85 Untersuchenden durchgeführt wurden.

In Tabelle 3 sind die demografischen Eigenschaften der untersuchten Kinder und die Eigenschaften der entfernten Fremdkörper aufgeführt.

Tabelle 3 Demografische Patientendaten und Eigenschaften des FK

	429 Kinder	
Alter in Jahren (MW \pm SA)	2.97	\pm 2.78
Geschlecht (% männlich)	277	64.6 %
Art des FK		
Organisch (n, %)	349	81.4 %
Anorganisch (n, %)	80	18.6%
Zeit zwischen Aspiration und Bronchoskopie		
<24 h (n, %)	178	41.5 %
< 7d (n, %)	138	32.2 %
> 7d (n, %)	96	22.3 %
unbekannt (n, %)	17	4 %

FK = Fremdkörper, MW = Mittelwert, SA = Standardabweichung

Übersetzt aus Wiemers, A., Vossen, C., Schramm, D., et al. (2023). *Complication rates in rigid vs. flexible endoscopic foreign body removal in children. International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 166, 111474.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Die Komplikationen wurden kategorisiert und ihre Schwere wurde anhand der Einschätzung des Anästhesisten eingeordnet: bei leichten Komplikationen konnte die Bronchoskopie ohne Unterbrechung fortgeführt werden, moderate Komplikationen führten zu einer Unterbrechung und schwere Komplikationen zum Abbruch der Prozedur. Abbildung 3 zeigt die registrierten Komplikationen.

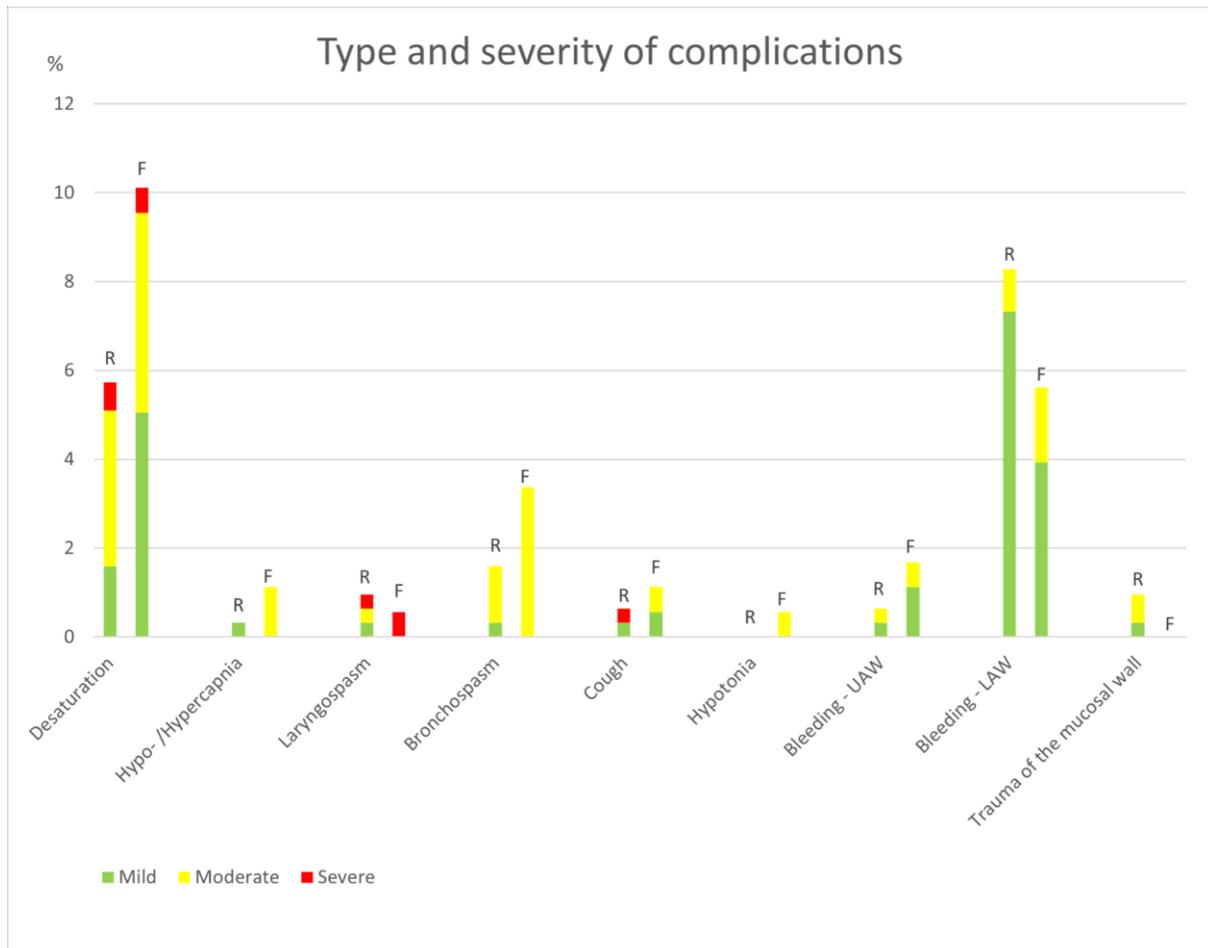


Abbildung 3 Vergleich der Komplikationsraten je nach Kategorie und Schwere in flexibler (flexible R) und starrer (rigid R) Bronchoskopie.

Wiemers, A., Vossen, C., Schramm, D., et al. (2023). Complication rates in rigid vs. flexible endoscopic foreign body removal in children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 166, 111474.

Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Die Gesamtkomplikationsrate war bei beiden Verfahren ähnlich hoch (starr 19,1 % vs. flexibel 24,2 %, $p=0,232$); respiratorische Komplikationen hingegen traten signifikant seltener während einer starren Bronchoskopie auf (9,2 % vs. 16,3 %, $p=0,025$). Weder die Art des Fremdkörpers ($X^2=0.8$, $p=0.511$, Cramér's $v=0.10$), noch die Zeit zwischen Aspirationsereignis ($X^2=0.93$, $p=0.818$, Cramér's $V=0.11$) oder das Alter des Kindes ($X^2=7.67$, $p=0.053$, Cramér's $V=0.32$) hatten einen Einfluss auf die Komplikationsrate. Diese Studie stellt die größte Sammlung von pädiatrischen Fällen dar, die Komplikationen bei der starren und flexiblen Entfernung von Fremdkörpern erfasst und verglichen hat. Die höhere Rate an respiratorischen Komplikationen bei der flexiblen Bronchoskopie wurde erstmals aufgezeigt und bestätigt Bedenken hinsichtlich ihres Einsatzes bei der Fremdkörperentfernung. Insgesamt führen die Ergebnisse zu der Schlussfolgerung, dass die flexible Bronchoskopie

gut zum Entfernen von Fremdkörpern aus dem kindlichen Atemweg geeignet ist, wenn eine erweiterte Atemwegsüberwachung und die Möglichkeit eines sofortigen Wechsels zu einer gesicherten Atemwegssituation gewährleistet sind.

3.4 Einfluss persönlicher Präferenzen auf Komplikationsraten

Preference matters: new aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway.

Freitag N, Möllenberg L, Wiemers A, Bosse HM, Kristin J, Vicencio A, **Schramm D.** Pediatric Pulmonology. 2023; Epub ahead of print. PMID: 37042606

In zwei große Studien konnte bereits gezeigt werden, dass die Fremdkörperentfernung im Kindesalter zwar auf der einen Seite nach wie vor sicherer und erfolgreicher per starrer Bronchoskopie durchgeführt werden kann, es auf der anderen Seite aber einen relevanten Anteil an Untersuchenden gibt, die primär die flexible Technik anwenden und auch nur in dieser ausgebildet sind. Daher stellte sich die Frage, welchen Einfluss die eigene Präferenz und die Erfahrungen des Untersuchenden auf den Erfolg und die Komplikationsrate bei einer Fremdkörperaspiration im Kindesalter haben. In dieser Studie dokumentierten Expert*innen ihre bevorzugte und angewandte Technik sowie den Ausgang jedes Falles einer Fremdkörperentfernung im Kindesalter. Persönliche Daten der Untersuchenden und ihrer medizinischen Einrichtung wurden über einen Online-Fragebogen separat von den Fallbesonderheiten erfasst. Im Zeitraum zwischen Mai 2017 und Februar 2018 konnten so insgesamt 399 Fremdkörperentfernungen von 64 Untersuchenden dokumentiert werden. Davon erfolgten 279 Entfernungen mit starrem und 120 mit flexiblem Endoskop; Abbildung 4 zeigt welche Präferenz der Untersuchenden den Fällen zugrunde liegt. In Abbildung 5 ist zu sehen, wie sich die Präferenzen in den einzelnen Fachdisziplinen aufteilen.

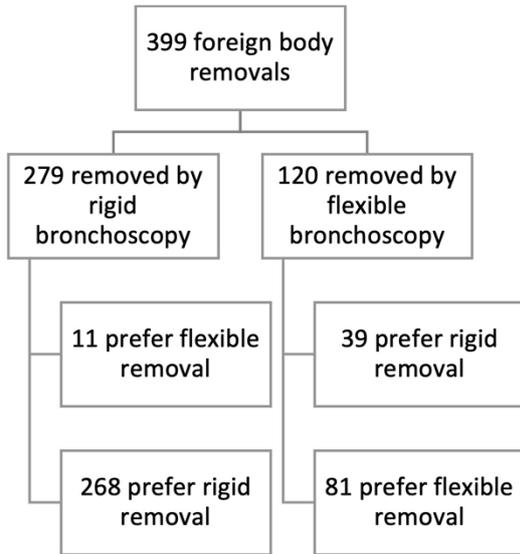


Abbildung 4 Präferenz und tatsächlich durchgeführte Technik für die Entfernung von 399 aspirierten Fremdkörpern im Kindesalter

Freitag, N., Möllenberg, Schramm, D., et al. (2023). Preference matters: New aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway. *Pediatric pulmonology*, 10.1002/ppul.26411. Advance online publication. Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

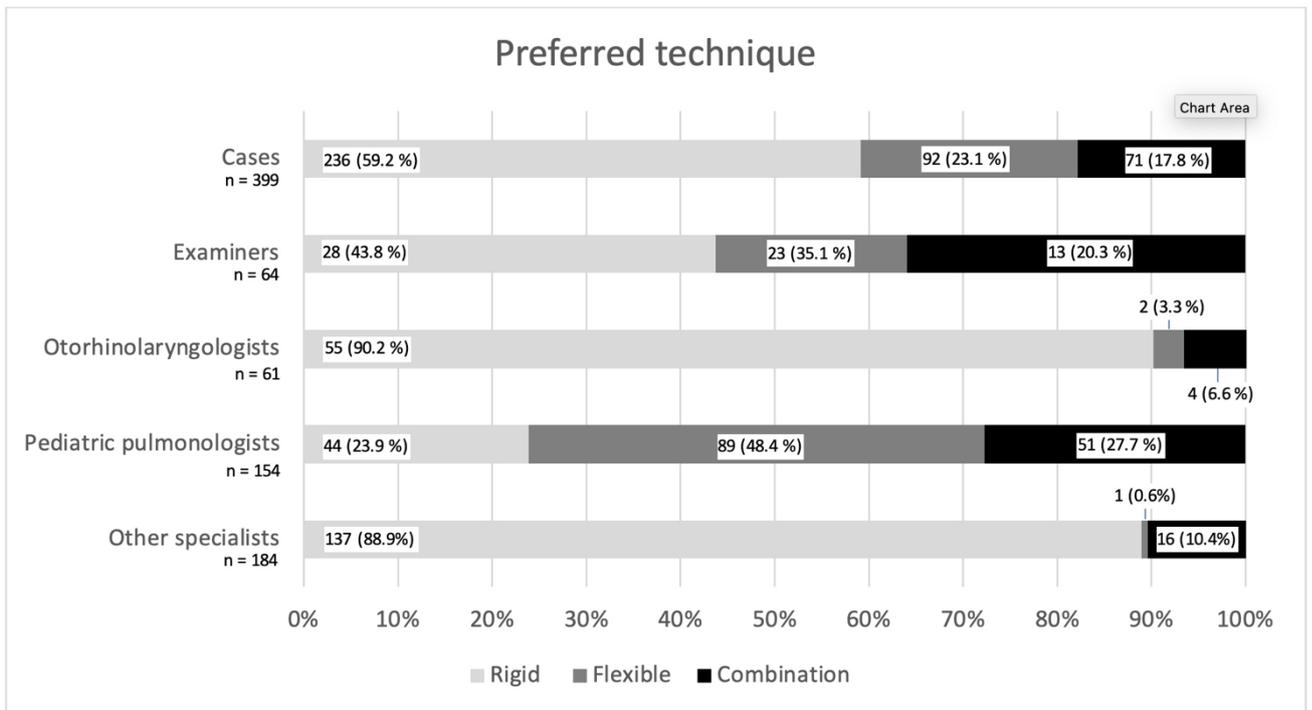


Abbildung 5 Präferenz der Fremdkörperentfernung je Fachdisziplin bei 64 teilnehmende

Freitag, N., Möllenberg, Schramm, D., et al. (2023). Preference matters: New aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway. *Pediatric pulmonology*, 10.1002/ppul.26411. Advance online publication. Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Die Untersuchenden wurden nach ihrer Einschätzung zu erwartbaren fallbezogenen Schwierigkeiten gefragt (langes Zeitintervall zwischen Aspiration und Bronchoskopie, periphere Position des Fremdkörpers, drohende Ateminsuffizienz, großer Fremdkörper in den oberen Atemwegen, Fremdkörper mit einer schwer zu bergenden Form oder Beschaffenheit oder ein junges Kind vor dem 1. Lebensjahr). Bei erwarteten Schwierigkeiten wurde signifikant häufiger auf die flexible Endoskopie zurückgegriffen ($\chi^2(1) = 11,06$, $p < 0,001$). Tabelle 4 zeigt den Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Untersuchenden, der durchgeführten Technik und den Komplikationsraten.

Tabelle 4 Erfahrung der Untersuchenden und der Zentren in Korrelation mit den Komplikationsraten

			Prozeduren		Komplikationen		Korrelation		
			n	n	%	X ²	p	V	
Untersucher*in	Erfahrung in der Bronchoskopie [Jahre]	< 5	21	7	33.3	5.13	.023	0.113	
		> 5	378	56	14.8				
	Gesamtzahl an durchgeführten Fremdkörperentfernungen	< 20	49	14	28.6	1.69	.194	0.098	
		20-100	128	25	19.5				
> 100		222	24	10.8					
Zentrum	Jährlich durchgeführte Zahl an Bronchoskopien bei Kindern	0-50	5	8	14.5	2.19	.139	0.019	
		50-200	260	50	23.8				
		> 200	134	5	3.7				
	Jährlich durchgeführte Zahl an Fremdkörperentfernungen	0 - 10	61	11	18.0	0.38	.828	0.031	
10 - 30	188	30	16.0						
> 30	150	22	14.7						

Korrelation zwischen der Erfahrung der Untersuchenden und ihrer zugehörigen Zentren und der Komplikationsraten bei 399 Fremdkörperentfernungen im Kindesalter, V=Cramér's V

Übersetzt aus Freitag, N., Möllenberg, Schramm, D., et al. (2023). Preference matters: New aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway. *Pediatric pulmonology*, 10.1002/ppul.26411. Advance online publication.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Komplikationen traten signifikant seltener auf, wenn die Untersuchenden ihre bevorzugte Technik verwendeten ($X^2(1) = 6,41, p = 0,011$), mehr als fünf Jahre Erfahrung hatten ($X^2(1) = 5,13, p = 0,023$) oder mehr als 100 Fremdkörperentfernungen durchgeführt hatten ($X^2(2) = 11,51, p = 0,003$). Außerdem war die Komplikationsrate in der Gruppe signifikant geringer, die in medizinischen Einrichtungen arbeiteten, in denen mehr als 200 Bronchoskopien bei Kindern pro Jahr durchgeführt werden ($X^2(1) = 24,56, p < 0,001$).

Die Präferenz und Erfahrung der Untersuchenden und ihrer medizinischen Einrichtung bei der flexiblen oder starren Fremdkörperentfernung beeinflussen deutlich das Ergebnis des Verfahrens und dürfen im Diskurs über die geeignete Technik nicht vernachlässigt werden. Die Ergebnisse dieser Studie belegen den dringenden Bedarf für ein strukturiertes Ausbildungsprogramm im Bereich der interventionellen Bronchoskopie im Kindesalter.

3.5 Laryngeale Sensibilität

Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment.

Freitag N, Tews P, Huebl N, Krug K, Kristin J, Distelmaier F, **Schramm D.**

Pediatric Pulmonology 2021;56(12):3796-3801

Die Endoskopie der oberen und unteren Atemwege hat im Kindesalter neben der Entfernung von Fremdkörpern noch eine Vielzahl weiterer möglicher Anwendungen. Eine spezielle Indikation ist die Evaluation des Schluckens bei Verdacht auf eine Dysphagie, die mit chronischen Aspirationen einhergeht. Aspirationen treten häufig bei Kindern mit neurologischen Beeinträchtigungen auf (Velayutham, Irace 2018). Sie erhöhen signifikant das Risiko für akute und chronische Ateminsuffizienzen, was zu hoher Morbidität und Mortalität führt (de Benedictis, Carnielli 2009). Laryngeale Sensibilitätsdefizite wurden bei Erwachsenen mit Aspirationen in Verbindung gebracht und gelten als mögliche Ursache für eine Dysphagie bei Kindern (Aviv, Sacco 1997, Marian, Schroder 2017). In einem ähnlichen neurologischen Schaltkreis wie beim Schlucken lösen laryngeale Rezeptoren den Hustenreflex als Schutzmechanismus der Atemwege aus (Antoniades and Worsnop 2009). Ziel dieser Studie war es, den Zusammenhang zwischen beeinträchtigter laryngealer Sensibilität (ILS), Aspiration und Husten bei neurologisch beeinträchtigten Kindern zu untersuchen.

In einer retrospektiven Studie wurden zwischen 2013 und 2019 im Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin insgesamt 110 Kinder mit vermuteter Dysphagie einer klinischen Schluckuntersuchung (KSU) und einer fieberoptischen endoskopischen Evaluation des Schluckens (FEES) unterzogen. Dabei wurde das Endoskop im wachen Zustand des Kindes nur bis auf die Kehlkopfebene vorgeschoben und – je nach Alter und Schwere der Erkrankung – angefärbte Nahrung und Flüssigkeit gereicht. Die laryngeale Sensibilität wurde mittels der endoskopischen Berührungsmethode getestet. Die Assoziationen wurden mithilfe des χ^2 -Tests berechnet.

Insgesamt 54 der 110 Kinder (49,1 %) hatten eine neurologische Beeinträchtigung, 56 (50,9 %) hatten keine oder andere Grunderkrankungen und dienten als Kontrollkohorte. Der Vergleich beider Gruppen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5 Übersicht über die Stichprobe

	n=	%	Alter in Jahren				# resp. Symp.	
			Mean	± SA	P-Wert	Range	Median	Range
Kinder mit neurologischer Grunderkrankung	54	49.1	4.3	± 4.3	> 0.05	0.1-17.1	1.0	0-4
Kontrollgruppe mit Grunderkrankung im Bereich:	56	50.9	2.6	± 3.2		0.1-16.3	2.0	0-4
Neonatologie	20	18.2						
Pneumologie	4	3.6						
Kardiologie	7	6.4						
Metabolisch	5	4.5						
Gastroenterologie	5	4.5						
Keine	3	2.7						
Rheumatologie/Onkologie/Immunologie	2	1.8						

SA Standardabweichung, # resp. Symp. Anzahl der respiratorischen Symptome, die in der klinischen Schluckuntersuchung registriert wurden
 Übersetzt aus Freitag, N., Tews, P., Hübl, N., Krug, K., Kristin, J., Distelmaier, F., & Schramm, D. (2021). Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment. *Pediatric pulmonology*, 56(12), 3796–3801.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Respiratorische Symptome, die während der KSU aufgezeichnet wurden, waren folgende: Husten, auffällig hohe Anzahl an Atemwegsinfektionen, Brodeln, Stridor oder Fieber. Die FEES-Auffälligkeiten, die in beiden Gruppen gefunden wurden, sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6 FEES Auffälligkeiten

	Kinder mit neurologischer Grunderkrankung		Kinder mit keiner/anderer Grunderkrankung		$\chi^2(1)$	P-Wert ^a
	n = 54	%	n = 56	%		
Leaking	38	70.4	29	51.8	3.581	.058
Residuen	38	70.4	33	58.9	1.573	.210
Aspiration	25	46.3	20	35.7	1.273	.259
Penetration	33	61.1	27	48.2	1.844	.174
Anatomische Auffälligkeiten	15	27.8	16	28.6	.045	.832

FEES Fieberoptische endoskopische Evaluation des Schluckens, n Stichprobengröße, $\chi^2(1)$ Teststatistik, ^a Fisher's exact test

Übersetzt aus Freitag, N., Tews, P., Hübl, N., Krug, K., Kristin, J., Distelmaier, F., & Schramm, D. (2021). Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment. *Pediatric pulmonology*, 56(12), 3796–3801.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Kinder mit neurologischen Beeinträchtigungen litten signifikant häufiger an ILS als Kinder ohne oder mit anderen Grunderkrankungen ($\chi^2(1) = 4,63, p = .031$).

ILS war mit allen anderen FEES-Variablen assoziiert, korrelierte jedoch nicht mit Husten. Das Symptom Husten korrelierte sowohl bei neurologisch beeinträchtigten Kindern als auch bei Kindern mit ILS mit Aspirationen, wie in Tabelle 7 zu sehen ist.

Tabelle 7 Korrelation zwischen dem Symptom Husten und Aspirationen in der FEES

	n=110	Husten		Aspiration		Husten und Aspiration		
		n	%	n	%	n	$\chi^2(1)$	P-Wert ^a
ILS	60	33	55.0	34	56.7	23	5.071	.024
Kein ILS	48	28	58.3	10	20.8	7	.707	.400
Kinder mit neurologischer Grunderkrankung	54	26	48.1	25	46.3	16	4.685	.030
ILS	35 ^b	17	48.6	22	62.9	15	9.119	.003
Kein ILS	18	9	50.0	3	16.7	1	.400	.527
Kontrollgruppe	56	36	64.3	20	35.7	15	1.556	.212
ILS	25 ^c	16	64.0	12	48.0	8	.071	.790
Kein ILS	30	19	63.3	7	23.3	6	1.969	.161

FEES Fieberoptische Evaluation des Schluckens, *n* Stichprobe, $\chi^2(1)$ Teststatistik, ILS beeinträchtigte laryngeale Sensibilität (impaired laryngeal sensation), ^aFisher's exact test

^bin der Gruppe der neurologisch beeinträchtigten Kinder fehlt ein Messwert für die ILS

^cin der Kontrollgruppe fehlt ein Messwert für die ILS

Übersetzt aus Freitag, N., Tews, P., Hübl, N., Krug, K., Kristin, J., Distelmaier, F., & Schramm, D. (2021). Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment. *Pediatric pulmonology*, 56(12), 3796–3801.

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass ILS eine potenzielle Ursache für Aspirationen bei neurologisch beeinträchtigten Kindern ist. Ärztinnen und Ärzte sollten besonders auf das Auftreten von Husten bei Kindern mit neurologischer Beeinträchtigung und/oder ILS achten, da dies auf stattgefundene Aspirationen hinweisen kann.

3.6 Anwendung der endoskopischen Schluckuntersuchung vor dem 2. Lebensjahr

Safety, feasibility and diagnostic value of Clinical Swallow Examination and FEES in children between 0 and 24 months.

Krug K, Hübl N, Freitag N, **Schramm D.**

Early Hum Dev. 2023;179:105732

Dysphagie ist ein häufiges, zunehmendes und ernstes Problem bei Frühgeborenen sowie bei Kindern mit neurologischen und chronischen Erkrankungen (Pados, Hill 2021). Die Folgen einer unbehandelten pädiatrischen Dysphagie reichen von einer allgemeinen Schädigung des Organismus durch Mangelernährung mit Gedeihstörung über Dehydrierung, körperliche und kognitive Defizite bis hin zu weitreichenden Interaktionsstörungen zwischen dem Kind und der (fütternden) Bezugsperson mit schwerwiegenden und z.T. lebensbedrohlichen Folgen (Lefton-Greif 2008). Es ist daher essentiell, die Diagnose Dysphagie möglichst sicher und früh zu stellen, um ihr therapeutisch zu begegnen und eine Chronifizierung der Folgen zu vermeiden. Die klinische Schluckuntersuchung (KSU) und die fiberoptische endoskopische Evaluierung des Schluckens (FEES) sind relevante diagnostische Methoden der pädiatrischen Dysphagie, die besonders im Säuglings- und Kleinkindalter jedoch nach wie vor zurückhaltend eingesetzt werden. Das Ziel dieser Studie ist die Bewertung der Sicherheit, Durchführbarkeit und diagnostischen Wertigkeit von KSU und FEES bei Kindern im Alter von 0-24 Monaten. Dazu wurde eine retrospektive Querschnittsstudie durchgeführt, für die alle klinischen und instrumentellen Schluckuntersuchungen an Kindern unter zwei Jahren zwischen 2013 und 2021 am Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin des Universitätsklinikums Düsseldorf ausgewertet wurden. Insgesamt wurden 79 Säuglinge und Kleinkinder mit Verdacht auf Dysphagie eingeschlossen. Ausgewertet wurde die Zusammensetzung der Kohorte (Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen), der Ablauf und die Durchführbarkeit beider Untersuchungen sowie die Zusammenhänge und Unterschiede aus beiden Untersuchungen (KSU und FEES). Mithilfe des Chi-Quadrat-Tests wurden Korrelationen zwischen klinischen Symptomen und FEES-Ergebnissen ermittelt.

Die 79 Kinder waren im Durchschnitt 11,7 Monate alt, 33 (41,8 %) wurden zum Zeitpunkt der Untersuchung per Sonde ernährt. Die meisten Kinder hatten eine neurologische

Grunderkrankung (41,8 %) oder waren pneumologisch vorerkrankt (20,3 %). Tabelle 8 zeigt die Befunde aus der KSU und der FEES.

Tabelle 8 Verteilung der Befunde der KSU und FEES

		Absolut	%
KSU	Belegte Stimme	49	62.0
	Husten	45	59.9
	Sondenernährung	33	41.8
	Stridor	31	39.2
	Brodeln	21	26.6
FEES	Reduzierte laryngeale Sensibilität	37 (N=77)	48,05
	Leaking	39 (N=73)	53,42
	Residuen	38 (N=74)	51,35
	Penetration	40 (N=77)	51,94
	Aspiration	32 (N=76)	42,11

Absolute und relative Verteilung der auffälligen Befunde in der klinischen Schluckuntersuchung (KSU) und der fieberoptischen, endoskopischen Evaluation des Schluckens (FEES)

Übersetzt aus Krug, K., Hübl, N., Schramm, D., et al. (2023). *Safety, feasibility and diagnostic value of Clinical Swallow Examination and FEES in children between 0 and 24 months. Early human development, 179, 105732.*

Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Alle FEES-Untersuchungen wurden ohne Komplikationen und mit einer Erfolgsrate von 93,7 % durchgeführt. Anatomische Abnormalitäten im Kehlkopfbereich wurden bei 33 Kindern diagnostiziert. Eine belegte Stimme war signifikant mit Leaking ($p = .028$) assoziiert.

KSU und FEES sind wichtige und unkomplizierte Untersuchungen für Kinder mit Verdacht auf Dysphagie im Alter von 0-24 Monaten. Sie sind gleichermaßen hilfreich für die Differentialdiagnose von Fütterungsstörungen und anatomischen Abnormalitäten. Die Ergebnisse unterstreichen den Mehrwert der Kombination beider Untersuchungen und ihre Bedeutung für das individuelle Ernährungsmanagement. Anamneseerhebung und KSU sind obligatorisch, da sie die alltägliche Esssituation widerspiegeln. Diese Studie liefert wichtige Erkenntnisse für die diagnostische Abklärung von Säuglingen und Kleinkindern mit

Dysphagie. Die Standardisierung der Untersuchungen und die Validierung von Dysphagie-Skalen sind zukünftige Aufgaben.

3.7 Standardisierter Ablauf der Bronchoskopie in Zeiten von COVID 19

The use of pediatric flexible bronchoscopy in the COVID-19 pandemic era.

La Regina DP, Nenna R, **Schramm D**, Freitag N, Goussard P, Eber E, Midulla F.

[Pediatric Pulmonology 2021;56\(7\):1957-1966](#)

Die COVID-Pandemie stellte für alle medizinischen Einrichtungen weltweit eine Herausforderung hinsichtlich neuer Hygienestandards dar, da SARS-CoV-2 (*severe acute respiratory syndrome coronavirus 2*) durch Kontakt, Tröpfchen und als Aerosole übertragen wird, welche auch dann noch infektiös bleiben, wenn sie über weite Strecken und längere Zeit in der Luft schweben (Tran, Cimon 2012). Besonders gefährdet war das medizinische Personal während Durchführung aerosolerzeugender Prozeduren wie der flexiblen Bronchoskopie und das obwohl zu Beginn der Pandemie die Rolle von Kindern bei der Übertragung von SARS-CoV-2 unklar war (Li, Xu 2020). Als Leiter der Arbeitsgruppe europäischer Bronchologen (Group 7.07 Pediatric Bronchology) der European Respiratory Society (ERS) diskutierte ich innerhalb der Gruppe die Notwendigkeit eines neuen Hygienestandards zur sicheren Durchführung der kindlichen Atemwegsendoskopie zu Zeiten von SARS-CoV-2. Bereits publizierte Empfehlungen sollten auf die Anwendbarkeit im Bereich der pädiatrischen Bronchoskopie überprüft werden. Neben der systematischen Literaturrecherche in den Datenbanken MEDLINE (über PubMed) und Scopus, wurden die wichtigen Empfehlungen und Stellungnahmen der American Association for Bronchology and Interventional Pulmonology (AABIP), der WHO, des European Center for Disease Prevention and Control und von Expertengruppen zum Management von Patienten mit COVID-19 zur Begrenzung der Übertragung unter medizinischem Personal überprüft. Die publizierten Empfehlungen wurden von unserer Autorengruppe zusammengefasst und eine eigne Empfehlung für die pädiatrische Bronchoskopie formuliert.

Allgemeine Maßnahmen

Bei einer notwendigen stationären Aufnahme sollten Gesundheitseinrichtungen Eltern darin schulen, medizinisches Personal bei Verdacht auf eine SARS-CoV-2-Infektion zu benachrichtigen. Masken, Handhygiene und *social distancing* werden empfohlen. Ein Screening-System namens FTOCC [Fieber über 37,5°C oder andere Symptome, die auf

SARS-CoV-2 hinweisen; Travel (Reise)anamnese; Occupational (berufliche) Exposition; Contact (Kontakt) zu Infizierten; and Clustering] kann zur frühzeitigen Erkennung von Verdachtsfällen verwendet werden (Wong, Chen 2017). Ein klinisches Screening ermöglicht die Isolation von Verdachtsfällen, um Übertragungen zu verhindern.

Ein Verdachtsfall von COVID-19 liegt vor, wenn eine Patientin oder ein Patient mit akuter Atemwegserkrankung (Fieber und mindestens ein Anzeichen/Symptom einer Atemwegserkrankung, z. B. Husten oder Kurzatmigkeit) zusätzlich eines der drei folgenden Kriterien erfüllt:

1. Reisen oder Aufenthalt an einem Ort, an dem in den letzten 14 Tagen vor dem Auftreten der Symptome eine Übertragung von SARS-CoV-2 durch die Bevölkerung gemeldet wurde
2. Kontakt mit einem bestätigten oder wahrscheinlichen COVID-19-Fall in den letzten 14 Tagen vor dem Auftreten der Symptome;
3. Fehlen einer alternativen Diagnose, die das klinische Bild vollständig erklärt

Ein wahrscheinlicher Fall von COVID-19 liegt dann vor, wenn bei einem Verdachtsfall der Test auf SARS-CoV-2 nicht schlüssig ist, oder der Test aus irgendeinem Grund nicht durchgeführt werden konnte. Bestätigt ist ein COVID-19-Fall dann, wenn die SARS-CoV-2-Infektio im Labor bestätigt wurde, unabhängig von klinischen Anzeichen und Symptomen.

Der Schutz des Gesundheitspersonals an vorderster Front ist von größter Bedeutung. Eine adäquate persönliche Schutzausrüstung (PSA) - einschließlich medizinischer Masken, Handschuhe, Kittel und Augenschutz – ist von zentraler Bedeutung. Angesichts des weltweiten PSA-Mangels können Strategien, die eine optimale PSA-Verfügbarkeit erleichtern, dazu beitragen, den Bedarf an PSA in Gesundheitseinrichtungen zu minimieren, eine rationelle und angemessene Verwendung von PSA sicherzustellen und die Mechanismen zur Verwaltung der PSA-Lieferkette zu koordinieren. Die Empfehlungen für PSA in Patientenzimmern lauten:

- Für Beschäftigte des Gesundheitswesens mit direktem Kontakt zu COVID-19-Patientinnen und -Patienten sind in folgende Artikel erforderlich: medizinische Maske (falls vorhanden, Atemschutzmaske N95 oder FFP2- oder FFP3-Standard), Kittel, Handschuhe, Augenschutz (Schutzbrille oder Gesichtsschutz).
- Für Beschäftigte des Gesundheitswesens mit direktem Kontakt zu COVID-19-Patientinnen und Patienten in Einrichtungen, in denen häufig Aerosole entstehen,

sind folgende Artikel erforderlich: Atemschutzmaske nach N95- oder FFP2- oder FFP3-Standard oder gleichwertig, Kittel, Handschuhe, Augenschutz und Schürze

Spezifische Maßnahmen für die flexible Bronchoskopie im kindlichen Atemweg

Es erfolgt eine Einteilung der geplanten Bronchoskopien nach Dringlichkeit, die in Tabelle 9 dargestellt ist.

Tabelle 9 Die wichtigsten Indikationen für Bronchoskopien im Kindesalter	
Kategorie	Indikation
Dringend erforderlich	<ol style="list-style-type: none"> 1. Schwere Obstruktion der Atemwege 2. Fremdkörperaspiration 3. Massive Hämoptysen
Semi-dringend	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entnahme von BAL für die Mikrobiologie^a (z. B. bei COVID-19^b) 2. Entfernung von <i>mucus plugs</i> bei beatmeten Patient*innen
Elektiv	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bronchiektasien 2. Röntgenanomalien im Brustkorb 3. Chronischer Husten 4. Bewertung von künstlichen Atemwegen 5. Wiederkehrende Pneumonien
<p>a Die Entnahme von bronchoalveolärer Lavageflüssigkeit sollte mit Vorsicht und nur dann erfolgen, wenn sie für die Patientin oder den Patienten von Nutzen ist, da sie das Risiko einer Tröpfchenverbreitung für Beschäftigte des Gesundheitswesens erhöhen kann.</p> <p>b Die Bronchoskopie spielt bei der Diagnose einer SARS-CoV-2-Infektion nur eine begrenzte Rolle und sollte nur bei intubierten Patient*innen in Betracht gezogen werden, wenn die Proben aus den oberen Atemwegen negativ sind. Wenn in solchen Fällen eine Bronchoskopie durchgeführt wird, wird empfohlen, mindestens 2-3 ml der Probe in einen sterilen, auslaufsicheren Behälter zur Probenentnahme zu geben.</p> <p>Übersetzt aus La Regina, D. P., Nenna, R., Schramm, D., et al. (2021). The use of pediatric flexible bronchoscopy in the COVID-19 pandemic era. <i>Pediatric pulmonology</i>, 56(7), 1957–1966.</p> <p>Veröffentlichung der Tabelle mit freundlicher Genehmigung des Verlags.</p>	

Semi-dringende Bronchoskopie werden von Fall zu Fall diskutiert und elektive Bronchoskopie sollen bis auf weiteres aufgeschoben werden.

In der Vorbereitung einer Bronchoskopie sollen folgende Schritte durchgeführt werden:

1. Identifizierung der richtigen PSA und Anlegen dieser
2. Durchführung der Handhygiene, indem die Hände mit einem alkoholhaltigen Mittel (wenn die Hände nicht sichtbar verschmutzt sind). Waschen der Hände mit Wasser und Seife, wenn die Hände sichtbar verschmutzt oder mit Blut oder anderen Körperflüssigkeiten verunreinigt sind oder nach dem Toilettengang
3. Anziehen eines Isolierkittels, Binden aller Bänder des Kittels
4. Anlegen der Atemschutzmaske mit N95-Filterung oder höher (Verwenden einer Gesichtsmaske, wenn keine Atemschutzmaske verfügbar ist)

Die Bronchoskopie sollte in einem ausreichend belüfteten Raum mit einem Luftstrom von mindestens 160 l/s pro Patient*in oder in Unterdruckräumen mit mindestens 12 Luftwechsell pro Stunde durchgeführt werden. Patient*innen mit lokaler Anästhesie und ohne Intubation sollten einen Mundschutz tragen. Um die abgehusteten Tröpfchen einer Patientin oder eines Patienten zu entfernen, kann ein Absaugrohr im Mund verwendet werden.

Bei Patienten mit einer Larynxmaske sollte ein Rusch-Mainz-Universaladapter zwischen dem Anästhesie-Atemkreislauf und der Larynxmaske platziert werden, um einen abgedichteten Kanal sowohl für die Bronchoskopie als auch für die Beatmung zu gewährleisten und gleichzeitig das Risiko einer Aerosolbildung zu minimieren. Eine Larynxmaske sollte unter tiefer Sevoflurananästhesie entfernt werden, um die Aerosolproduktion durch Husten zu reduzieren.

Während der COVID-19-Pandemie ist die flexible Bronchoskopie der starren Bronchoskopie vorzuziehen (in einigen Fällen können Fremdkörper auch mit flexiblen Bronchoskopen entfernt werden). Bei SARS-CoV-2-positiven Personen oder bei unbekanntem Status sollte zunächst eine flexible Bronchoskopie durchgeführt werden, um festzustellen, ob eine starre Bronchoskopie indiziert ist.

Nach der Bronchoskopie sollten die folgenden Schritte durchgeführt werden:

1. Handschuhe ausziehen. Sicherstellen, dass das Entfernen der Handschuhe nicht zu einer zusätzlichen Kontamination der Hände führt.
2. Kittel ausziehen. Lösen aller Bänder/Knöpfe, bis zu den Schultern greifen und Ausziehen des Kittels vorsichtig nach unten und vom Körper weg. Das Aufrollen des Kittels nach unten ist eine akzeptable Methode. Entsorgung des Kittels in einem Abfallbehälter.
3. Durchführung der Handhygiene durch
4. Abnehmen des Gesichtsschutzes oder der Schutzbrille, ohne die Vorderseite des Gesichtsschutzes oder der Schutzbrille zu berühren
5. Entfernen und Entsorgen der Atemschutzmaske (oder der Gesichtsmaske, falls diese anstelle einer Atemschutzmaske verwendet wird)
6. Erneutes Durchführen der Handhygiene nach dem Entfernen der Atemschutzmaske und vor der Wiederverwendung

In dieser Arbeit werden die verfügbaren Erkenntnisse für die pädiatrische Bronchoskopie zusammengefasst und erörtert. Es werden Hinweise zur Vermeidung nosokomialer Ausbrüche und zur Verbesserung der Sicherheit des Gesundheitspersonals gegeben, indem eine rationelle Verwendung von PSA gewährleistet wird. Da die Zahl der bestätigten COVID-19-Fälle in verschiedenen Ländern und Städten weltweit stetig zunimmt, ist es schwierig, den geeignetsten Zeitpunkt für die Wiederaufnahme des regulären Dienstes in Bronchoskopiezentren zu bestimmen. Die Wiederaufnahme des Bronchoskopiedienstes hängt von den folgenden Faktoren ab: (1) Anzahl und Epidemiekurve der bestätigten COVID-19-Fälle; (2) Verfügbarkeit medizinischer Ausrüstung, einschließlich geeigneter PSA; und (3) das kumulierte Volumen verschobener Bronchoskopiefälle.

3.8 Leitlinie über die kindliche Atemwegsendoskopie

Pediatric Airway Endoscopy: Recommendations of the Society for Pediatric Pneumology.

Schramm D, Freitag N, Nicolai Th, Wiemers A, Hinrichs B, Amrhein P, DiDio D, Eich Ch, Landsleitner B, Eber E, Hammer J. On behalf of the Special Interest Group on Pediatric Bronchoscopy of the Society for Pediatric Pneumology (GPP) and invited Societies involved in pediatric airway endoscopy.

Respiration. 2021;100(11):1128-1145

Dieser Arbeit liegt die zuvor erarbeitete deutschsprachige Leitlinie zur „Atemwegsendoskopie im Kindesalter“ (Referenznummer 025-026 der AWMF) zugrunde. Als Leitlinienkoordinator und Schriftführer der Gesellschaft für pädiatrische Pneumologie (GPP) koordinierte ich den interdisziplinären Konsensus Prozess zusammen mit der Gesellschaft für Neonatologie und pädiatrische Intensivmedizin e.V. (GNPI), der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e.V. (DGKJ), der deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V. (DGHNO-KHC) und der deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI) durch. Ziel der AWMF-Leitlinie war, einen Konsens für die sichere technische Durchführung zu schaffen und gleichzeitig den neuesten Stand der Forschung und die verschiedenen interdisziplinären Aspekte der pädiatrischen Bronchoskopie zusammenzufassen.

Darüber hinaus sollten die wichtigsten Indikationen und Prozeduren bronchoskopischer Eingriffe im Kindesalter definiert werden. Erreicht wurde das Ziel durch gemeinsame systematische Recherche wissenschaftlicher Datenbanken und abschließenden Konsens nach entsprechenden Leitlinien der AWMF. Im Verlauf dieses Prozesses wurde deutlich, dass derartige Leitlinien weltweit nicht verfügbar sind, so dass ich mit allen Ko-Autor*innen nach Umstrukturierung den Text neu verfasst und für das internationale Kollegium in einem Peer-Review Journal veröffentlichte. Dieser Text erörtert die Rolle der Bronchoskopie in der Kinderpneumologie sowie ihre diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten.

Der Artikel beleuchtet dabei zunächst die verschiedenen Indikationen für eine Bronchoskopie im Kindesalter und gibt genaue Empfehlungen zur technischen Durchführung je nach Indikation:

- Stridor
- Diagnostische und therapeutische bronchoalveoläre Lavage
- Anhaltende Atelektase
- Tracheoösophageale Fisteln
- Larynxspalten
- Verdacht auf endobronchiale Läsionen, Tumore
- Pulmonale Hämorrhagie
- Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom
- Nachsorge nach Lungentransplantation
- Tracheostomie
- Verdacht auf Fremdkörperaspiration
- Intensivpflege und Anästhesie

Im Weiteren werden Empfehlungen zur Vorbereitung der Bronchoskopie ausgesprochen, die u.a. die Dokumentation, die personellen Ressourcen, das Monitoring und die verschiedenen Anästhesieverfahren umfasst.

Zur Durchführung der Bronchoskopie selbst gibt es Empfehlungen in Hinblick auf den Zugangsweg, die Durchführung der Bronchoalveolären Lavage und der Unterschiede zwischen der flexiblen und starren Bronchoskopie.

Beleuchtet werden außerdem die verschiedenen interventionellen Techniken der Bronchoskopie, darunter befindet sich u.a. die Kryobiopsie. In einem letzten Abschnitt fasst der Artikel bisher bekannte Daten zu Risiken und Komplikationen bei der Bronchoskopie im Kindesalter zusammen.

3.9 Ganz-Lungen-Lavage zur überbrückenden Therapie vor KMT

Pulmonary alveolar proteinosis due to heterozygous mutation in OAS1: Whole lung lavages for long-term bridging to hematopoietic stem cell transplantation.

Seidl E, **Schramm D**, Schön C, Reiter K, Pawlita I, Kappler M, Reu-Hofer S, Hauck F, Albert M, Griese M.

[Pediatric Pulmonology 2022;57\(1\):273-277](#)

Bei der Alveolarproteinose (engl. *pulmonary alveolar proteinosis PAP*) handelt es sich um eine Erkrankung, die durch eine pathologische Anreicherung von Surfactant im Alveolarraum definiert ist (Griese 2018). Die PAP beginnt typischerweise schleichend in verschiedenen Altersstufen, vom Säuglingsalter bis zur Adoleszenz (Trapnell, Nakata 2019). Zu den primären Symptomen gehören Atemversagen, belastungsinduzierter unproduktiver Husten, Belastungsintoleranz, Gewichtsverlust und Gedeihstörung (Griese 2017). Die PAP wird mit einer Vielzahl von klinischen Syndromen und Krankheiten in Verbindung gebracht. Einige pädiatrische Fälle von PAP können auf Defekte in einer Reihe von Genen zurückgeführt werden, die am Surfactant-Stoffwechsel beteiligt sind, andere sind auf eine gestörte Funktion oder reduzierte Anzahl von Alveolarmakrophagen zurückzuführen (Trapnell, Nakata 2019). Eine Ganzlungenlavage (engl. *whole lung lavage WLL*) kann dazu beitragen, den klinischen Verlauf von PAP zu stabilisieren, bis die zugrunde liegende Ursache identifiziert wird, was eine gezieltere Behandlung ermöglichen kann. Kürzlich wurde bei Patientinnen und Patienten mit infantiler PAP in Kombination mit Hypogammaglobulinämie eine heterozygote Oligoadenylatsynthetase 1 (*OAS1*) *Gain-of-Function*-Variante als Ursache beschrieben (Magg, Okano 2021).

In dieser Arbeit wird von der Behandlung einer Patientin mit schwerer PAP berichtet, die durch eine heterozygote *OAS1*-Gain-of-Function-Variante verursacht wurde. Im Alter von 4 Monaten wurde bei einem weiblichen Säugling, der termingerecht geboren wurde, eine Hypogammaglobulinämie diagnostiziert und mit monatlichen Immunglobulin-Injektionen behandelt. Im Alter von 15 Monaten benötigte das Mädchen nachts zusätzlichen Sauerstoff und im Alter von 18 Monaten auch tagsüber. Im Alter von 2 Jahren wurde eine PAP unbekannter Ätiologie durch eine Computertomographie-Untersuchung und eine offene

Lungenbiopsie diagnostiziert. Daraufhin wurden monatliche WLLs begonnen, die den klinischen Verlauf über 2 Jahre stabilisierten, bis eine krankheitsverursachende OAS1-Variante diagnostiziert wurde und die Patientin erfolgreich durch eine hämatopoetische Stammzelltransplantation (HSCT) behandelt wurde (Abbildung 6).

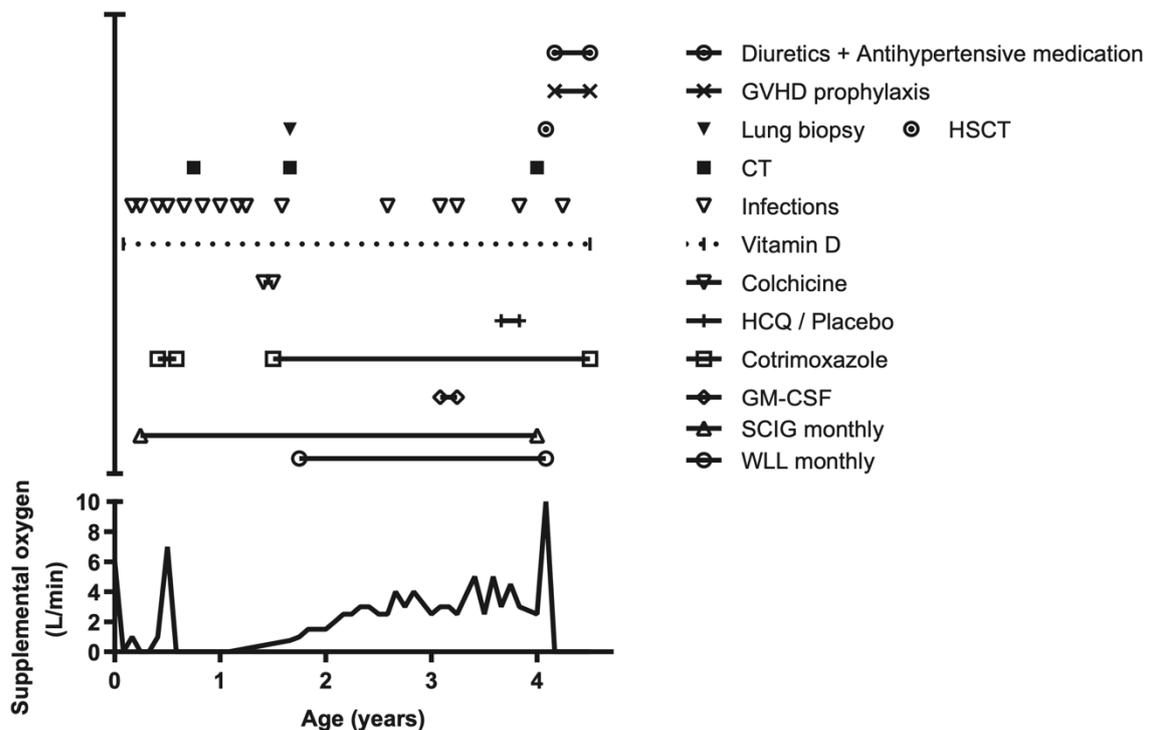


Abbildung 6 Langfristiger klinischer Verlauf und Behandlungen bei einem kleinen Mädchen mit Alveolarproteinose (PAP). Im ersten Lebensjahr war bei drei Atemwegsinfektionen zusätzlicher Sauerstoff erforderlich. Im Alter von 12 Monaten benötigte das Mädchen nachts und im Alter von 18 Monaten auch tagsüber zusätzlichen Sauerstoff. In den ersten 2 Lebensjahren wurden insgesamt neun schwere Infektionen der Atemwege und des Magen-Darm-Trakts diagnostiziert. Nachdem eine PAP unbekannter Ursache diagnostiziert worden war, wurde im Alter von 2 Jahren mit monatlichen Ganzlungenspülungen (whole lung lavages, WLLs) begonnen. Als die Ganz-Exom-Sequenzierung eine Oligoadenylsynthetase 1 (OAS1) Variante ergab, wurde im Alter von 4 Jahren eine allogene hämatopoetische Stammzelltransplantation (HSCT) durchgeführt. Danach war eine weitere WLL erforderlich, und der klinische Verlauf verbesserte sich rasch.

CT, Computertomographie; GM-CSF, Granulozyten-Makrophagen-Kolonie-stimulierender Faktor; GVHD, Graft-versus-Host-Krankheit; HCQ, Hydroxychloroquin; SCIG, subkutanes Immunglobulin

Seidl, E., Schramm, D., Schön, C., et al. (2022). Pulmonary alveolar proteinosis due to heterozygous mutation in OAS1: Whole lung lavages for long-term bridging to hematopoietic stem cell transplantation. *Pediatric pulmonology*, 57(1) 273–277
Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Anhand dieser Falldarstellung konnte gezeigt werden, dass die WLL geeignet ist, den klinischen Zustand einer Patientin mit PAP zu stabilisieren - selbst bei kleinen Kindern - bis eine endgültige Diagnose gestellt wird. Interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Verbreitung von Wissen sind der Schlüssel zum Fortschritt bei der richtigen Diagnose und Behandlung von PAP und anderen seltenen Krankheiten.

3.10 Evaluation einer neuen interventionellen Technik für die pädiatrische Atemwegsendoskopie

Cryotherapy in the paediatric airway: Indications, success and safety.

Schramm D, Freitag N, Koetz K, Iglesias-Serrano I, Culebras-Amigo IM, Koblizek V, Pérez-Tarazona E, Cases Viedma E, Srikanta JT, Durdik P, Darwiche K, Rubak S, Stafler P.

Respirology. 2022;27(11):966-974

Die Kryotherapie in der interventionellen Bronchoskopie ist eine neue Behandlungsmethode, die erst kürzlich durch besonders kleine Kryokatheter für die Atemwege bei Kindern verfügbar gemacht wurde. Da bisher wenig Erfahrung in Bezug auf die Erfolgs- und Komplikationsraten vorhanden ist, wird die Kryotherapie im kindlichen Atemweg sehr zurückhaltend eingesetzt (Hammer, Trachsel 2016). Ziel dieser Studie war es, Indikationen, Erfolgsraten und Komplikationen der Atemwegskryotherapie bei Kindern zu analysieren und so eine Grundlage für ihren sicheren Einsatz zu etablieren. Bronchoskopierende aus insgesamt zehn medizinischen Zentren aus acht Ländern, die Kryotherapie bei Patienten im Alter von 0 bis 18 Jahren durchführten, wurden zur Teilnahme an einer prospektiven Studie eingeladen, die auf einem Online-Fragebogen basierte. In dem Fragebogen wurden Daten zu Erfahrung des Untersuchenden und des Zentrums mit Kryotherapie, zur Größe des Zentrums, zur Indikation, zu Patientenmerkmalen, zur Erfolgsrate, zu Komplikationen und zu technischen Details erhoben. Komplikationen wurden als schwerwiegend eingestuft, wenn die Bronchoskopie abgebrochen werden musste; diese Entscheidung beruhte auf der gemeinsamen Einschätzung der bronchoskopierenden Person und der Anästhesistin oder des Anästhesisten. Patient*innen- und Teilnehmendendaten wurden zwischen Juni 2020 und Juni 2021 gesammelt. Insgesamt wurden 69 Kryotherapieverfahren bei 57 Patienten durchgeführt, wobei drei Hauptindikationen vorlagen: Biopsie (30), Rekanalisation der Atemwege (23) und Fremdkörperentfernung (16). Die Kinder waren im Median 10,5 (Interquartilsabstand \pm 12.5) Jahre alt, bei einem der Kinder wurden sechs Kryotherapien, bei einem Kind drei und bei einem weiteren zwei Kryotherapien durchgeführt.

Abbildung 7 zeigt, an welchen Stellen im Bronchialbaum die Biopsie (A), die Rekanalisation (B) oder die Fremdkörperentfernung (C) vorgenommen wurde.

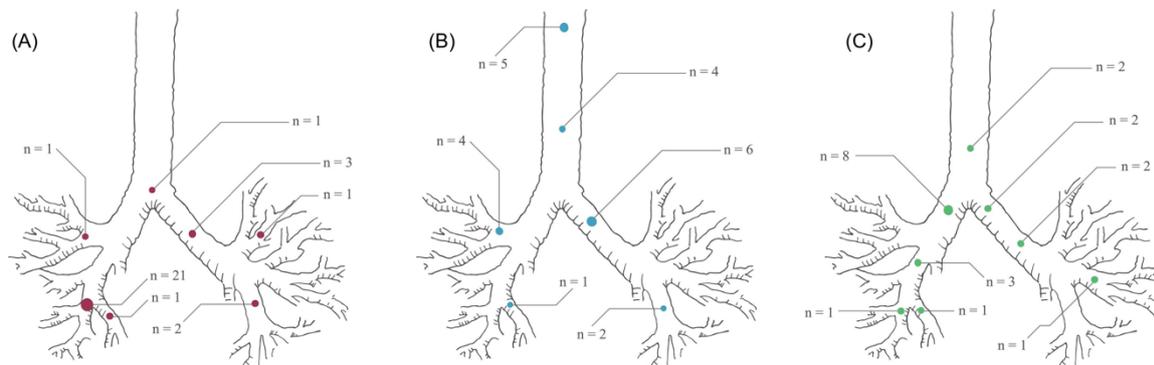


Abbildung 7 Anatomische Lage von Kryobiopsien (A), Atemwegsobstruktionen (B) und Fremdkörpern (C)

Grafische Darstellung der anatomischen Lage von 69 Kryotherapieverfahren bei 57 Patient*innen im Alter von 0 bis 18 Jahren. Die Größe der Kreise stellt die gewichtete Anzahl der an der jeweiligen Stelle durchgeführten Verfahren dar.

Schramm, D., Freitag, N., Kötz, K., et al. (2022). Cryotherapy in the paediatric airway: Indications, success and safety. *Respirology (Carlton, Vic.)*, 27(11), 966–974
Veröffentlichung der Abbildung mit freundlicher Genehmigung des Verlags.

Die Gesamterfolgsrate betrug 93 %, die verbleibenden 7% wurden zur Entfernung von Fremdkörpern durchgeführt und erforderten einen Wechsel der Technik. Die Wiederherstellung der Atemwegspassage wurde erfolgreich bei verschiedenen Pathologien angewendet, darunter *mucus plugs*, plastische Bronchitis und posttraumatische Stenosen. Die diagnostische Aussagekraft transbronchialer Biopsien betrug 96 %. Es traten keine schwerwiegenden Komplikationen auf; ein Pneumothorax nach einer Kryobiopsie erforderte eine 48-stündige Thoraxdrainage. Kein Kind wurde aufgrund einer Verfahrenskomplikation auf die Intensivstation aufgenommen oder verstarb.

Zusammenfassend zeigt diese Studie, dass die Kryotherapie in den pädiatrischen Atemwegen eine hohe Erfolgsrate mit wenigen und gut beherrschbaren Komplikationen bietet. Die Kryobiopsie ist eine vielversprechende neue Technik für endo- und transbronchiale Biopsien. Aufgrund der höheren diagnostischen Aussagekraft und des ähnlichen Sicherheitsprofils könnte sie in naher Zukunft die weit verbreitete Zangenbiopsie ersetzen. Die Kryotherapie scheint auch für die Rekanalisation der Atemwege nützlich zu sein, z. B. bei traumatischen Trachealstenosen, plastischer Bronchitis oder Schleimpfropfen und bei der Entfernung von Fremdkörpern. Es ist an der Zeit, die Kryotherapie der Atemwege in die pädiatrische Praxis zu übernehmen, wobei eine angemessene Ausbildung der

Bronchokopierenden gewährleistet und gleichzeitig die Sicherheit und die Erfolgsraten weiter überwacht werden müssen.

4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Diskussion

Die Entwicklung flexibler Bronchoskope seit den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts geht bis heute mit unaufhaltsam kurzen Generationswechslern einher. Die aktuell letzte technische Weiterentwicklung ist die Produktion von Single-Use Geräten, die in Größe und Bildqualität sogar für die neonatale Atemwegsendoskopie bessere Ergebnisse erzielen als herkömmliche Bronchoskope (Goussard, Pohunek 2021). Zusätzlich bestechen diese Geräte durch günstige Anschaffungskosten und ihren transportablen Einsatz. Dies spiegelt sich auch in den zunehmenden Zahlen durchgeführter Bronchoskopien im Kindesalter wider. Die zuletzt 2019 veröffentlichten OPS-Daten aus deutschen Krankenhäusern verdeutlicht nicht nur, wie weit flexible Bronchoskopie-Einheiten verbreitet sind, sondern auch wie viele Disziplinen derartige Systeme nutzen, beispielsweise der Rettungsdienst, die Anästhesie, sämtlich klinisch-pädiatrisch tätigen Disziplinen, inklusive der Intensivmedizin und nicht zuletzt die Kinderpneumologie (Destatis 2020). Die noch vor Jahren fehlenden Leitlinien zur sicheren Durchführung der Bronchoskopie im Kindesalter führte dazu, dass Wissen lokal tradiert, nicht aber evidenzbasiert gelehrt wurde. Aufgrund des fehlenden standardisierten Vorgehens waren Komplikationen kaum messbar, und blieben stets Einzelfälle, die in ihrer Komplexität nicht vergleichbar waren, was nicht nur für forensische Fragestellungen problematisch war. Die hier dargestellten Arbeiten beschäftigten sich somit mit einer deutschen und schließlich europäischen Bestandsaufnahme zur kindlichen Atemwegsspiegelung. Bereits in der anonymisierten Befragung deutscher Zentren zeigte sich, dass weniger als die Hälfte aller Bronchoskopierenden für ihre Ausbildung einen formellen Kurs absolviert hatten. Zusätzlich fanden sich SOPs in gerade nur 61 % aller Zentren. Der Wunsch nach strukturierten Ausbildungsprogrammen wurde von vielen Zentren formuliert und war schließlich eine der Kernbotschaften der Publikation. Eine weitere Studie bestätigte dieses Phänomen auch für Europa.

Die Untersuchungen zu speziellen endoskopischen Techniken sollten diese Phänomene im Einzelnen weiter verdeutlichen.

Die Fremdkörperaspiration ist im Kindesalter ein Notfall, der vor allem kleine Kinder bis zum 4. Lebensjahr betrifft und in Deutschland jedes Jahr zu Todesfällen führt (Anton-Pacheco, Martin-Alelu 2021). Circa 2000 stationäre Fälle werden in Deutschland jährlich nach dem

ICD-10 kodiert (gbe-bund.de). Traditionell wird der Fremdkörper mittels starrer Bronchoskopie entfernt, was bis heute durch die beiden großen Fachgesellschaften der Welt empfohlen wird (Eber, Anton-Pacheco 2017). Im Gegensatz zur flexiblen Technik stehen hier viel größere Werkzeuge zur Extraktion zur Verfügung. Zusätzlich kann über das starre Rohr problemlos beatmet werden, der Atemweg kann hier somit als „gesichert“ betrachtet werden. Wie jedoch eingangs beschrieben, ergeben sich seit Einführung der flexiblen Geräte für die starre Bronchoskopie kaum noch Indikationen. Würden endobronchiale Fremdkörper nur von Pädiater*innen entfernt, läge die durchschnittliche Extraktionsrate pro Kinderklinik und Jahr bei weniger als sechs pro Zentrum. Dies erscheint eine außerordentlich niedrige Fallzahl, für die Ausbildung eines Skills im Rahmen eines potenziell lebensbedrohlichen Notfalls. Es verwundert somit nicht, dass die Zahl der flexiblen Entfernungen zu steigen scheint, da die Expertise in der starren Technik langsam verloren zu gehen scheint. In den hier dargestellten Untersuchungen lag die Nutzung der flexiblen Bronchoskopie zur Entfernung von Fremdkörpern bei immerhin 30 % in Deutschland. Zum Vergleich beider Techniken wurde zunächst ein Konzept zum standardisierten Aufzeichnen von Komplikationen entwickelt, das einerseits gut im klinischen Setting durchzuführen ist und andererseits den Eindruck der Anästhesie berücksichtigt, damit einem eventuellen Bias der Bronchoskopierenden begegnet werden kann. Mithilfe dieses Konzepts zeichneten 85 Bronchoskopiezentren ihre gewählte Technik und die damit verbundenen Komplikationen auf. Es zeigte sich, dass die Komplikationsrate - inklusive der leichten Komplikationen wie z.B. oberflächlicher Schleimhautblutungen - bei beiden Techniken bei etwa 20 % liegt und sich nicht signifikant unterscheidet. Beeinflusst wird die Komplikationsrate allerdings durch die Erfahrung des Bronchoskopierenden und die im Zentrum vorherrschende Expertise. Außerdem spielt die Präferenz der Bronchoskopierenden für die eine oder die andere Technik eine ausschlaggebende Rolle. Insgesamt konnte also am Beispiel der Fremdkörperentfernung gezeigt werden, dass ein Wandel der Technik stattfindet und es einen dringenden Bedarf an weiteren qualitativ hochwertigen klinischen Studien als Grundlage für evidenzbasierte Empfehlungen und strukturierte Ausbildungsprogrammen gibt.

Ähnliche Ergebnisse zeigen die hier dargestellten Studien im Bereich der Schluckdiagnostik. Eine wachsende Anzahl von Zentren führt zur Schluckdiagnostik im Kindesalter mittlerweile eine Kombination der klinische Schluckuntersuchung (KSU) und Videofluoroskopie (VFS)

oder Schluckendoskopie (FEES) durch. Im Gegensatz zur VFS ist die FEES ein strahlenfreies Verfahren, bei der ein flexibles Endoskop durch die Nase eingeführt wird, um den Schluckvorgang während des Essens und Trinkens zu beobachten. Dies ermöglicht eine direkte Visualisierung der anatomischen Strukturen des oberen Atemwegs sowie sämtlicher physiologischer Funktionen während des Atmens und Schluckens. Während der FEES können verschiedene Aspekte des Schluckens beurteilt werden, wie die Koordination von Schluckbewegungen, das Vorhandensein von Penetration und Aspirationen (Eindringen von Nahrung oder Flüssigkeit in die Atemwege) und das Vorhandensein von Läsionen oder Anomalien, die den Schluckvorgang beeinträchtigen könnten. Mithilfe des eingeführten Endoskops kann außerdem die laryngeale Sensibilität beurteilt werden, die vor allem bei Kindern mit neurologischer Grunderkrankung reduziert ist und somit eine mögliche Ursache für die Schluckstörung darstellt. Eine endoskopische Schluckdiagnostik wird ohne jegliche Sedierung durchgeführt und verlangt ein eingespieltes Team aus Logopädie und Bronchoskopie. Die Untersuchung kann in jedem Alter des Kindes durchgeführt werden, inklusive im Bereich der Neonatologie, zum Beispiel beim gestillten Kind. Das Vorgehen sollte standardisiert durchgeführt werden und verlangt ein ausgesprochen hohes Maß an Bronchoskopieexpertise. In den hier dargestellten Studien konnte gezeigt werden, dass besonders bei neurologisch beeinträchtigten Kindern ein Husten in Verbindung zur Nahrungsaufnahme wegweisend für eine Dysphagie sein kann. Entgegen der verbreiteten Befürchtung, dass die FEES im Kindesalter risikobehaftet ist, konnte diese Untersuchung komplikationsfrei und mit minimaler Abbruchrate auch bei Kindern vor dem 2. Lebensjahr durchgeführt werden. Auch in diesem Anwendungsbereich der Endoskopie sind also weitere Studien und vor allem standardisierte Trainingsmöglichkeiten notwendig, damit die vielsprechende Technik der FEES mit einer hohen diagnostischen Aussagekraft durchgeführt werden kann. Ein akkreditiertes und zertifiziertes FEES-Seminar wie das der FEES-AG der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN), der Deutschen Schlaganfall-Gesellschaft (DSG) und der Deutschen Gesellschaft für Geriatrie (DGG) existiert in der Erwachsenenmedizin bereits und kann als Vorbild für ähnliche Bestrebungen in der Pädiatrie dienen.

Die jüngsten Entwicklungen der Endoskopie im kindlichen Atemweg lassen sich in der interventionellen Bronchoskopie beobachten. Seit 2019 sind Kryokatheter auf dem Markt verfügbar, die eine Anwendung der Kryotherapie bei Kindern erlauben. Diese Technik ist in

der Erwachsenenpneumologie bereits etabliert (Rosell and Stratakos 2020) und findet breite Anwendung bei der Behandlung von Tumoren, Atemwegsstenosen und der Entnahme von Biopsien. Da es bisher vor allem Fallberichte zu der Anwendung von Kryotherapie im kindlichen Atemweg gab, wurde das vor Ort etablierte Netzwerk genutzt und die bisher größte Fallsammlung von Kryotherapien im Kind zusammengestellt. Diese Studie zeigt, dass es sich um ein sicheres diagnostisches und therapeutisches Verfahren handelt, das vor allem für Biopsien, Rekanalisation der Atemwege und Fremdkörperentfernung eingesetzt wird. Vielversprechend ist vor allem, dass zunehmend operative Eingriffe durch die Kryotherapie ersetzt werden können und sich z.B. in Hinblick auf die Biopsien eine bessere diagnostische Sicherheit ergibt. Damit die Vorteile, die sich aus einer Erweiterung der technischen Fertigkeiten um die Kryotherapie ergeben, noch mehr Zentren zur Verfügung stehen, sind auch hier strukturierte Ausbildungsprogramme unerlässlich. Gemeinsam mit dem ATS und dem ERS habe wurde ein erstes Kurskonzept bereits in Form eines Skills-Kurses in New York (März 2023) und eines Post Graduate Kurses auf dem ERS-Kongress (September 2023) in Mailand aufgesetzt und durchgeführt.

5 Schlussfolgerung

Die kindliche Atemwegsendoskopie wird häufig aus diagnostischem oder therapeutischem Interesse von verschiedenen Fachdisziplinen durchgeführt. Insbesondere die flexible Bronchoskopie ist aufgrund der technischen Weiterentwicklung - vor allem portabler Single-Use Lösungen - heute weit verbreitet und wird in hohen Fallzahlen in Deutschland jährlich durchgeführt. Aufgrund der hier dargestellten Studien konnte gezeigt werden, wie wichtig ein formelles Training und ein standardisiertes Vorgehen zur sicheren Durchführung der kindlichen Atemwegsendoskopie ist. Für die Zukunft wäre es wünschenswert vor allem im Bereich neuer interventioneller Methoden Studien zur „best practise“ durchzuführen, um am Ende Komplikationen gering zu halten und eine hohe diagnostische Aussagekraft zu erhalten. Darüber hinaus wäre es zukünftig wünschenswert, wenn eine zertifizierte Ausbildung in der Bronchoskopie eine Voraussetzung zur Erlangung einer Weiterbildungsbezeichnung ist.

6 Literaturverzeichnis

1. Killian G. Entfernung eines Knochenstücks aus dem rechten Hauptbronchus mit Hilfe der directen Laryngoscopy. *Munch Med Wsch.* 1897;44(866).
2. Killian G. Ueber directe bronchoscopie. *Munch Med Wsch.* 1898;27(844):7.
3. Macewen W. Clinical Observations on the Introduction of Tracheal Tubes by the Mouth, Instead of Performing Tracheotomy or Laryngotomy. *Br Med J.* 1880;2(1022):163-5.
4. Sanders RD. Two ventilating attachments for bronchoscopes. *Del Med J.* 1967;39:170-92.
5. Ninan N, Wahidi MM. Basic Bronchoscopy: Technology, Techniques, and Professional Fees. *Chest.* 2019;155(5):1067-74.
6. Oki M, Saka H, Asano F, Kitagawa C, Kogure Y, Tsuzuku A, et al. Use of an Ultrathin vs Thin Bronchoscope for Peripheral Pulmonary Lesions: A Randomized Trial. *Chest.* 2019;156(5):954-64.
7. Jackson C. Bronchoscopy and esophagoscopy - A manual of peroral endoscopy and laryngeal surgery. Philadelphia and London: W. B. Saunders Company; 1922.
8. Destatis SB. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller): Statistisches Bundesamt (Destatis); 2020 Available from: <https://www.destatis.de>
9. Nicolai T. The role of rigid and flexible bronchoscopy in children. *Paediatr Respir Rev.* 2011;12(3):190-5.
10. Golan-Tripto I, Mezan DW, Tsaregorodtsev S, Stiler-Timor L, Dizitzer Y, Goldbart A, et al. From rigid to flexible bronchoscopy: a tertiary center experience in removal of inhaled foreign bodies in children. *Eur J Pediatr.* 2021;180(5):1443-50.
11. Wallis C, Alexopoulou E, Anton-Pacheco JL, Bhatt JM, Bush A, Chang AB, et al. ERS statement on tracheomalacia and bronchomalacia in children. *Eur Respir J.* 2019;54(3).
12. Frederick RM, 2nd, Brandt J, Sheyn A. Drug-induced sleep endoscopy effect on intraoperative decision making in pediatric sleep surgery: A 2-year follow up. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2022;7(6):2112-8.
13. Picinin IF, Camargos PA, Marguet C. Cell profile of BAL fluid in children and adolescents with and without lung disease. *J Bras Pneumol.* 2010;36(3):372-85.
14. Arvedson JC, Lefton-Greif MA. Instrumental Assessment of Pediatric Dysphagia. *Semin Speech Lang.* 2017;38(2):135-46.
15. Xuereb J, Sammut P, Vella C, Balfour-Lynn IM. Resolution of lobe collapse in a child with cystic fibrosis with Mycobacterium abscessus using serial intrabronchial rhDNase. *Pediatr Pulmonol.* 2022;57(6):1549-51.
16. Krause MF, von Bismarck P, Oppermann HC, Ankermann T. Bronchoscopic surfactant administration in pediatric patients with persistent lobar atelectasis. *Respiration.* 2008;75(1):100-4.
17. Eber E, Anton-Pacheco JL, de Blic J, Doull I, Faro A, Nenna R, et al. ERS statement: interventional bronchoscopy in children. *Eur Respir J.* 2017;50(6).
18. Manning A, Wehrmann DJ, Hart CK, Green GE. Innovations in Airway Surgery. *Otolaryngol Clin North Am.* 2019;52(5):923-36.
19. Bellia-Munzon G, Cieri P, Toselli L, Cuestas G, Doormann F, Gabaldon-Masse P, et al. Resorbable airway splint, stents, and 3D reconstruction and printing of the airway in tracheobronchomalacia. *Semin Pediatr Surg.* 2021;30(3):151063.

20. Herth FJ, Eberhardt R, Vilmann P, Krasnik M, Ernst A. Real-time endobronchial ultrasound guided transbronchial needle aspiration for sampling mediastinal lymph nodes. *Thorax*. 2006;61(9):795-8.
21. Faro A, Wood RE, Schechter MS, Leong AB, Wittkugel E, Abode K, et al. Official American Thoracic Society technical standards: flexible airway endoscopy in children. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015;191(9):1066-80.
22. Barbato A, Magarotto M, Crivellaro M, Novello A, Jr., Cracco A, de Blic J, et al. Use of the paediatric bronchoscope, flexible and rigid, in 51 European centres. *Eur Respir J*. 1997;10(8):1761-6.
23. Foltran F, Ballali S, Rodriguez H, Sebastian van As AB, Passali D, Gulati A, et al. Inhaled foreign bodies in children: a global perspective on their epidemiological, clinical, and preventive aspects. *Pediatr Pulmonol*. 2013;48(4):344-51.
24. Anton-Pacheco JL, Martin-Alelu R, Lopez M, Morante R, Merino-Mateo L, Barrero S, et al. Foreign body aspiration in children: Treatment timing and related complications. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*. 2021;144:110690.
25. Velayutham P, Irace AL, Kawai K, Dodrill P, Perez J, Londahl M, et al. Silent aspiration: Who is at risk? *Laryngoscope*. 2018;128(8):1952-7.
26. de Benedictis FM, Carnielli VP, de Benedictis D. Aspiration lung disease. *Pediatr Clin North Am*. 2009;56(1):173-90, xi.
27. Aviv JE, Sacco RL, Thomson J, Tandon R, Diamond B, Martin JH, et al. Silent laryngopharyngeal sensory deficits after stroke. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1997;106(2):87-93.
28. Marian T, Schroder JB, Muhle P, Claus I, Riecker A, Warnecke T, et al. Pharyngolaryngeal Sensory Deficits in Patients with Middle Cerebral Artery Infarction: Lateralization and Relation to Overall Dysphagia Severity. *Cerebrovasc Dis Extra*. 2017;7(3):130-9.
29. Antoniades N, Worsnop C. Topical lidocaine through the bronchoscope reduces cough rate during bronchoscopy. *Respirology*. 2009;14(6):873-6.
30. Pados BF, Hill RR, Yamasaki JT, Litt JS, Lee CS. Prevalence of problematic feeding in young children born prematurely: a meta-analysis. *BMC Pediatr*. 2021;21(1):110.
31. Lefton-Greif MA. Pediatric dysphagia. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2008;19(4):837-51, ix.
32. Tran K, Cimon K, Severn M, Pessoa-Silva CL, Conly J. Aerosol generating procedures and risk of transmission of acute respiratory infections to healthcare workers: a systematic review. *PLoS One*. 2012;7(4):e35797.
33. Li X, Xu W, Dozier M, He Y, Kirolos A, Theodoratou E, et al. The role of children in transmission of SARS-CoV-2: A rapid review. *J Glob Health*. 2020;10(1):011101.
34. Wong ATY, Chen H, Liu SH, Hsu EK, Luk KS, Lai CKC, et al. From SARS to Avian Influenza Preparedness in Hong Kong. *Clin Infect Dis*. 2017;64(suppl_2):S98-S104.
35. Griese M. Chronic interstitial lung disease in children. *Eur Respir Rev*. 2018;27(147).
36. Trapnell BC, Nakata K, Bonella F, Campo I, Griese M, Hamilton J, et al. Pulmonary alveolar proteinosis. *Nat Rev Dis Primers*. 2019;5(1):16.
37. Griese M. Pulmonary Alveolar Proteinosis: A Comprehensive Clinical Perspective. *Pediatrics*. 2017;140(2).
38. Magg T, Okano T, Koenig LM, Boehmer DFR, Schwartz SL, Inoue K, et al. Heterozygous OAS1 gain-of-function variants cause an autoinflammatory immunodeficiency. *Sci Immunol*. 2021;6(60).

39. Hammer J, Trachsel D, Nicolai T, Weiss M, Eber E. Caution to use bronchoscopic CO₂ cryotherapy for foreign body removal in children. *Pediatr Pulmonol.* 2016;51(9):889-91.
40. Goussard P, Pohunek P, Eber E, Midulla F, Di Mattia G, Merven M, et al. Pediatric bronchoscopy: recent advances and clinical challenges. *Expert Rev Respir Med.* 2021;15(4):453-75.
41. Rosell A, Stratakos G. Therapeutic bronchoscopy for central airway diseases. *Eur Respir Rev.* 2020;29(158).

7 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Mayatepek. Seine unermüdliche Unterstützung haben mir außergewöhnliche Freiräume und Entwicklungsmöglichkeiten innerhalb der Kinderpneumologie eröffnet und somit auch diesen Weg ermöglicht.

Darüber hinaus möchte ich Nadine, Magnus und Mats-Isa für die unermüdliche Unterstützung und Ermutigung danken. Ihr seid meine tägliche Motivation, ohne euch wäre dieses Projekt gescheitert.

Abschließend möchte ich auch den Studierenden der Medizin meinen Dank aussprechen. Ihre kritischen Fragen, Ihr wissenschaftlicher Wissensdurst und Ihre herausfordernden Diskussionen haben mich stets dazu angespornt, mein Wissen zu erweitern und meine Fähigkeiten zu schärfen. Ihre Begeisterung und Ihr Streben nach Fortschritt haben mich inspiriert und mir gezeigt, wie wichtig es ist, stets selbstkritisch zu bleiben. Ich bin dankbar für die Möglichkeit, mein Wissen mit Ihnen zu teilen und von Ihnen zu lernen.

Erklärung und eidesstattliche Versicherung

1. Hiermit erkläre ich, dass bei den wissenschaftlichen Arbeiten, die Gegenstand meiner Habilitationsleistung sind, ethische Grundsätze und die jeweils gültigen Grundsätze und Empfehlungen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis durch mich beachtet wurde.

Düsseldorf, den 02.06.2023

Dr. med. Dirk Schramm

2. Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich keinen Antrag auf Habilitation an anderer Stelle gestellt habe. Ich habe keine weiteren Habilitationsvorhaben an anderer Stelle eingeleitet noch erfolglos abgeschlossen.

Düsseldorf, den 02.06.2023

Dr. med. Dirk Schramm

3. Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die unten genannten Beiträge zu den Publikationen, die meiner Habilitationsschrift zugrunde liegen, eigenständig geleistet habe.

Schramm D, Yu Y, Wiemers A, et al.

Pediatric flexible and rigid bronchoscopy in European centers - Availability and current practice. *Pediatr Pulmonol.* 2017;52(11):1502-1508.

- Konzeption und Planung des Forschungsansatzes
- Erstellung und kritische Überarbeitung des Fragebogens
- Datenanalyse
- Entwurf, Ausformulierung und kritische Überarbeitung des Manuskripts

Schramm D, Ling K, Schuster A, et al.

Foreign body removal in children: Recommendations versus real life-A survey of current clinical management in Germany. *Pediatr Pulmonol.* 2017;52(5):656-661.

- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Erarbeitung und Ausformulieren des Fragebogens
- Datenerhebung
- Dateninterpretation
- Entwurf, Ausformulierung und kritische Überarbeitung des Manuskripts

Wiemers A, Vossen C, Luecke T, Freitag N, Nguyen TMTL, Möllenberg L, Pohunek P, **Schramm D**

Complication rates in rigid vs. flexible endoscopic foreign body removal in children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology.* 2023; Mar;166:111474.

- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Erarbeitung und Ausformulierung des Fragebogens
- Datenerhebung
- Interpretation der Daten
- Konzeption und kritisches Überprüfen des Manuskripts

Freitag N, Möllenberg L, Wiemers A, Bosse HM, Kristin J, Vicencio A, **Schramm D.** Preference matters: New aspects on how foreign bodies should and could be removed from a child's airway. *Pediatr Pulmonol.* 2023 Apr 12. doi: 10.1002/ppul.26411.

- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Erarbeitung und Ausformulierung des Fragebogens
- Datenerhebung
- Interpretation der Daten
- Konzeption und kritisches Überprüfen des Manuskripts

Freitag N, Tews P, Hubl N, Krug K, Kristin J, Distelmaier F, **Schramm D.**

Laryngeal sensation and its association with aspiration and cough in children with neurological impairment. *Pediatr Pulmonol.* 2021;56(12):3796-3801.

- Planung und Durchführung der Untersuchungen
- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Zur Verfügungstellen der Daten
- Dateninterpretation
- Kritisches Überarbeiten des Manuskripts
- Supervision der gesamten Arbeit

Krug K, Hübl N, Freitag N, **Schramm D**.

Safety, feasibility and diagnostic value of Clinical Swallow Examination and FEES in children between 0 and 24 months. *Early Hum Dev.* 2023;179:105732.

- Planung und Durchführung der Untersuchungen
- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Mitwirken bei der Datenerhebung
- Dateninterpretation
- Überarbeiten des Manuskripts

La Regina DP, Nenna R, **Schramm D**, et al.

The use of pediatric flexible bronchoscopy in the COVID-19 pandemic era. *Pediatr Pulmonol.* 2021;56(7):1957-1966.

- Konzeption des Forschungsansatzes
- Literaturrecherche
- Ausformulieren und kritisches Überarbeiten des Manuskripts

Schramm D, Freitag N, Nicolai T, et al.

Pediatric Airway Endoscopy: Recommendations of the Society for Pediatric Pneumology. *Respiration.* 2021;100(11):1128-1145.

- Wesentliche Konzeption, Planung und Durchführung der Leitlinienkoordination der zugrundeliegenden AWMF-Leitlinie Registernummer 026-025
- Formulierung wesentlicher Fragestellungen für den Konsensusprozeß
- Anpassung und Überarbeitung ins Englische
- Verfassen und kritisches Prüfen der Arbeit auf wichtige intellektuelle Inhalte

Seidl E, **Schramm D**, Schön C, et. al.

Pulmonary alveolar proteinosis due to heterozygous mutation in OAS1: Whole lung lavages for long-term bridging to hematopoietic stem cell transplantation

- Recherche der Erkrankung und aktueller Literatur
- Verfügungsstellen von Ressourcen
- Entwurf, Ausformulierung und Überarbeitung des Manuskripts

Schramm D, Freitag N, Kotz K, et al.

Cryotherapy in the paediatric airway: Indications, success and safety. *Respirology*. 2022;27(11):966-974.

- Konzeption der Fragestellung und des Studiendesigns
- Erarbeitung und Ausformulierung des Fragebogens
- Rekrutierung der teilnehmenden Zentren
- Datenerhebung
- Interpretation der Daten
- Konzeption und kritisches Überprüfen des Manuskripts

Düsseldorf, den 02.06.2023



Dr. med. Dirk Schramm

Nachfolgend sind die in der Habilitation enthaltenen Publikationen eingefügt, die mit freundlicher Genehmigung des Verlages veröffentlicht werden.