

LEOSound – Ein innovatives Verfahren zum akustischen Langzeit-Monitoring von asthmatischen Symptomen (Wheezing und Husten) bei Kindern und Erwachsenen

LEOSound, an Innovative Procedure for Acoustic Long-term Monitoring of Asthma Symptoms (Wheezing and Coughing) in Children and Adults

Autoren

U. Koehler¹, U. Brandenburg², A. Weissflog³, K. Sohrabi⁴, V. Groß⁵

Institute

Die Institutsangaben sind am Ende des Beitrags gelistet.

eingereicht 14.1.2014
akzeptiert nach Revision
29.1.2014

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1365156>
Online-Publikation: 10.3.2014
Pneumologie 2014; 68: 277–281
© Georg Thieme Verlag KG
Stuttgart · New York
ISSN 0934-8387

Korrespondenzadresse

Prof. Dr Ulrich Koehler
Klinik für Innere Medizin
SP Pneumologie, Intensiv- und
Schlafmedizin
Philipps-Universität
Baldingerstraße 1
35043 Marburg
koehleru@med.uni-marburg.de

Zusammenfassung

▼
Klassische Symptome des Asthma bronchiale sind Giemen (Wheezing), trockener Husten und Luftnot. Patienten, insbesondere Kinder, mit einem nächtlichen Asthma leiden zudem unter Schlafstörungen sowie einer beeinträchtigten Tagesbefindlichkeit. Die Diagnosefindung im Kindesalter erweist sich als schwierig, da sich die Symptombeschreibung in der Regel auf Aussagen der Eltern oder der Kinder bezieht. Die subjektive Beurteilung von Husten- und Wheezingereignissen weist jedoch eine hohe Fehlerquote auf. Demzufolge erscheint eine objektive Erfassung klinischer Asthmasymptome im Zeitverlauf sinnvoll. In dieser Arbeit wird ein mobiles Langzeitrekordersystem (LEOSound) vorgestellt, mit dem Wheezing und Husten aufgezeichnet und analysiert werden können. Damit sollen Diagnosestellung und Monitoring des Asthma bronchiale optimiert werden.

Asthma bronchiale und klinische Symptome

▼
Die Erscheinungsbilder des Asthma bronchiale im Kindes- und Erwachsenenalter können vielgestaltig sein. Im klassischen Fall des Asthma bronchiale steht die Trias anfallsartig auftretende Atemnot, Wheezing (Giemen) sowie Husten im Vordergrund der Symptomatik. Klinisch typisch für ein Asthma bronchiale im Kindesalter sind ein expiratorisches Giemen, ein trockener Husten unabhängig von Atemwegsinfektionen sowie pfeifende Atemwegsgeräusche vor oder nach körperlicher Belastung [1,2]. Die Atemwegsobstruktion beim Asthma ist variabel, es gibt symptomfreie und symptomreichere Phasen.

Das Asthma bronchiale ist mit einer Prävalenz von 10% eine der häufigsten chronischen Erkrankungen im Kindesalter, bei über zwei Drittel der Kinder erfolgt die Erstmanifestation bis zum

Abstract

▼
Particularly in young children the diagnosis of asthma is difficult and mostly based on clinical symptoms like wheezing, cough and dyspnea. Children with nocturnal wheezing often suffer from a low quality of sleep and impaired sense of well-being during the day. Physicians recommend that parents record the frequency of asthma attacks or symptoms to help manage their children's disease. The lack of an appropriate method for standardized and objective monitoring makes asthma management difficult. The aim of this paper is to present a new method for automated wheeze and cough detection and analysis. The mobile LEOSound recording and analysing system described here should help improve diagnosis and monitoring of asthma symptoms in children.

Schulbeginn. Chronische Erkrankungen im Kindesalter sind sowohl für die Kinder als auch deren Eltern eine große Herausforderung mit vielen entwicklungspezifischen Belastungen [3]. Asthma bronchiale beeinflusst die Lebensqualität sowie die private, schulische und berufliche Entwicklung in erheblichem Maße [1,4]. Risikofaktoren für die Entwicklung eines Asthma bronchiale sind eine frühe allergene Sensibilisierung, anderweitige Erkrankungen aus dem atopischen Formenkreis, ein familiäres Asthma sowie eine Exposition gegenüber Zigarettenrauch [1,5,6]. Ziele einer optimalen antiobstruktiven Asthmatherapie sind die Symptomfreiheit tagsüber und nachts, eine uneingeschränkte körperliche Aktivität sowie eine normale Lungenfunktion. Das akustische Leitsymptom der Atemwegsobstruktion beim Asthma bronchiale bzw. der akuten Bronchialobstruktion ist das hochfrequente Wheezing mit einem Spektralbereich von etwa

400 bis über 1000 Hz. Wheezing ist ein musikalisches Geräusch und gehört zur Gruppe der kontinuierlichen Nebengeräusche. Das normale Atemgeräusch umfasst einen Frequenzbereich von 50 bis über 500 Hz, das tracheale Atemgeräusch Frequenzen bis zu 2000 Hz. Bei den Nebengeräuschen unterscheidet man die „kontinuierlichen“ und „diskontinuierlichen“, wobei diese durch ihre akustischen Eigenschaften und die Zeitdauern definiert werden. Zu den kontinuierlichen Geräuschen, die eine Mindestdauer von 100 ms aufweisen, gehören das Wheezing, das Brummen und der Stridor. Bei schwerster Atemwegsobstruktion und bei nur schwachem Luftstrom ist die Lunge „stumm“ (silent lung). Wheezing ist bedingt durch die Bronchialobstruktion mit Oszillation der Bronchialwände und/oder Schwingungen des Bronchialsekrets. Asthma bronchiale, Refluxösophagitis, chronische Affektionen von Nase und Nasennebenhöhlen wie allergische und nichtallergische Rhinitis, Sinusitis oder Polyposis nasi können zum Auftreten von Bronchialobstruktionen mit Giemen und Husten im Schlaf führen [7–12]. Auch kardiale Erkrankungen wie die dekompensierte Linksherzinsuffizienz, das sogenannte Asthma cardiale, sind über die Symptome Giemen und Husten detektierbar. Im Vergleich zur primär entzündlich getriggerten Schleimhautaffektion beim klassischen Asthma bronchiale bzw. der chemisch-toxisch induzierten bei GERD kommt es beim Asthma cardiale zu einer Schleimhautschwellung mit Bronchialobstruktion durch die Linksherzinsuffizienz und die pulmonal-venöse Stauung.

Kinder im Vorschulalter werden oft wegen eines anhaltenden Reizhustens beim Arzt vorgestellt. Der Husten kann tagsüber, nachts und nach körperlicher Belastung auftreten, Kurzatmigkeit oder Wheezing werden nicht obligat beschrieben. Diese Krankheitsentität wird als „cough-variant-Asthma“ bezeichnet [7, 13]. Besonders in den frühen Morgenstunden, zwischen vier und sechs Uhr, sind Tonus und Empfindlichkeit der Atemwege beim Asthmatiker deutlich übersteigert. Die nächtliche Problematik des Asthma bronchiale ist durch unterschiedliche endogene und exogene Faktoren bedingt. Zirkadiane Veränderungen des Bronchialmuskeltonus werden vor allem durch den 24-h-Rhythmus neuroendokriner, immunologischer und entzündlicher Vorgänge beeinflusst.

Von vielen Asthmapatienten ist bekannt, dass es im Schlaf, vor allem in den frühen Morgenstunden, zu einer Verschlechterung der asthmatischen Symptome im Sinne eines „nächtlichen Asthmas“ kommt. In einer großen Untersuchung bei 7729 Asthmatikern ergab eine Befragung, dass 74% der Patienten mindestens einmal pro Woche wegen respiratorischer Probleme aus dem Schlaf heraus erwachten, bei 39% war das jede Nacht der Fall [14]. Nach einer Untersuchung von Storms et al. [15] beklagten 67% von 304 Asthmatikern nächtliche Symptome, 11% hatten sie jede Nacht.

Patienten mit nächtlichem Asthma bronchiale leiden häufig unter Störungen der Schlafqualität und entsprechenden Auswirkungen auf die Tagesbefindlichkeit. Bedingt durch Luftnot, Wheezing und/oder Husten kann es zu intermittierendem Erwachen (Arousal) und Durchschlafstörungen kommen [16, 17]. Desager und Mitarbeiter konnten bei 1234 Schulkindern im Alter von 6 bis 14 Jahren zeigen, dass Kinder mit Wheezing-Ereignissen innerhalb der letzten zwölf Monate unter einer schlechteren Schlafqualität und einer vermehrten Tagesschläfrigkeit litten [4]. In einer bei 285 asthmatischen Kindern im Alter von 6 bis 14 Jahren durchgeführten Studie konnten Horner et al. nachweisen, dass 81% der nächtlichen Asthmasymptome nicht durch Exazerbationen bedingt waren [18]. Mit der nächtlich auftretenden

Symptomatik gingen ein erhöhter Gebrauch an Betasympathikomimetika, Schulausfälle sowie Arztbesuche am Folgetag einher.

„Pre-school wheeze“



Viele Studien bei Kindern im Vorschulalter beschäftigen sich mit dem sogenannten „pre-school wheeze“ unter der speziellen Fragestellung eines Prädiktionsfaktors für ein manifestes Asthma bronchiale [1, 2, 6, 19–21]. Da Wheezing häufig bei Kindern mit viralen respiratorischen Infekten gefunden wird, hat man aus pragmatischen Gründen eine Unterteilung in „episodisch auftretendes (meist durch eine virale Infektion der unteren Atemwege bedingt)“ und „multiple-trigger wheeze“ vorgenommen [21]. Dabei ist das episodisch auftretende dasjenige, das im Gefolge eines viralen Infektes zu finden ist und in der Regel nach dem 6. Lebensjahr nicht mehr auftritt. Episodisch auftretende virale Infekte, die mit Wheezing einhergehen, können ein manifestes Asthma bronchiale triggern. „Multiple-trigger wheeze“ wird ausgelöst durch unterschiedlichste Triggerfaktoren, in erster Linie Allergene. Dabei kann die Häufigkeit der Exazerbationen und deren Schweregrad durch begleitende Faktoren (Atopien, Nikotin etc.) begünstigt bzw. verstärkt werden. Wheezing als akustisches Phänomen ist zwar hinweisend auf eine bronchiale Obstruktion, ermöglicht aber keine Aussage hinsichtlich einer validen Diagnose [22]. Dazu bedarf es des Wissens um zusätzliche Faktoren wie Alter des Patienten, klinisches Beschwerdebild, Vorliegen einer allergischen Disposition sowie der Häufigkeit und dem Schweregrad von Wheezing.

Die Hospitalisierungsrate von Kindern wegen eines Asthma bronchiale ist um das 5-fache gegenüber Erwachsenen erhöht. Dieser Sachverhalt verwundert nicht, da die Atemwege im Kindesalter noch enger und im Wachstum befindlich sind. Problematisch ist dabei zweifellos die Symptomerfassung in Form von Husten und Wheezing. Sowohl die Kinder selbst als auch die Eltern können dem behandelnden Arzt allenfalls subjektive Angaben über den Tagesablauf der Symptome liefern. Peak-Flowmeter-Messungen sowie Lungenfunktionsuntersuchungen sind bei Kindern unter fünf Jahren nur begrenzt durchführbar bzw. eingeschränkt zu bewerten. Zudem bilden diese Messverfahren keine zeitliche Dynamik ab.

Die Einschätzung der Häufigkeit und Ausprägung von Wheezing durch die erkrankten Kinder bzw. ihre Eltern setzt voraus, dass Wheezing auch hinreichend genau beurteilt werden kann. Interessant ist, dass Eltern Wheezing-Ereignisse häufig nur eingeschränkt korrekt bewerten. Anhand von Interviews, bei denen Eltern hinsichtlich der Beurteilung von Wheezing befragt wurden, fanden sich häufige Fehleinschätzungen [1, 19]. Wheezing-Ereignisse, die seitens der Eltern oder der Kinder hörbar wahrgenommen werden, dürften bereits ausgeprägten Asthmaanfällen entsprechen. Giemen bei Asthma bronchiale ist eigenen Untersuchungen zufolge immer mit einer bronchialen Obstruktion bzw. einer Zunahme derselben bei bereits existenter Atemwegsenge verbunden [22]. Das vom Patienten oder den Angehörigen nach „außen“ hörbare Pfeifgeräusch dürfte somit vermutlich nur die „Spitze des Eisbergs“ darstellen. In der Regel ist Wheezing nur mithilfe eines technischen Mediums (Stethoskop) nachweisbar. Dabei ist auch die Abhängigkeit des Wheezing-Geräusches von der In- und Expirationsphase zu berücksichtigen. Ex- und inspiratorisches Giemen geht mit schwergradigeren Bronchialobstruktionen einher.

Chronisch persistierender Husten

Nach heutigen Kriterien wird chronisch persistierender Husten (CPH) als solcher definiert, wenn er über mindestens 8 Wochen anhält und seine Ursache nicht durch Anamnese, körperliche Untersuchung, Lungenfunktion und Röntgenaufnahme des Thorax erklärbar ist. Abgesehen von der chronischen Bronchitis bei Rauchern findet sich ein chronisch persistierender (nächtlicher) Husten häufig bei Patienten mit einem Asthma bronchiale, einem „cough-variant-Asthma“, einer gastroösophagealen Refluxkrankheit (GERD) oder chronischen Erkrankungen von Nase und Nasennebenhöhlen (Postnasal-drip Syndrom) [7, 17, 23]. Anhaltende Infektionen der Nasennebenhöhlen können zu einem Postnasal-drip Syndrom mit Husten und/oder einem Asthma bronchiale führen. Klinische Angaben sind Reizsymptomatik im Nasen-Rachen-Raum, Räuspern, Globusgefühl, Reizhusten sowie Schleimfluss. Die die Diagnose bestätigende Schleimstraße an der hinteren Rachenhinterwand wird häufig erst nach längerem Flachliegen beobachtet. Bei der chronischen Sinusitis bedingt die gestörte Clearance der Nasennebenhöhlen mit Stase des Sekrets ein Milieu, das ein progredientes bakterielles Wachstum begünstigt. Im Liegen, vor allem im Schlaf, kann es dann zum Abtropfen des infizierten Schleimes in den Pharynx-, Larynx- und Tracheo-bronchialbereich mit Triggerung von Hustenreiz und bronchialer Spastik kommen. In **Tab.1** sind die häufigsten Ursachen von Wheezing und chronischem Husten aufgelistet.

Akustisches Langzeit-Monitoring von Lungen- und Bronchialgeräuschen

Die Langzeitregistrierung von Lungen- und Bronchialgeräuschen soll keine Alternative zur klassischen Lungenfunktion (Spirometrie und Bodyplethysmografie) sein. Sie stellt jedoch, vor allem bei Kindern, eine sinnvolle und vielversprechende Ergänzung des diagnostischen Repertoires dar (**Tab.2**). Die bisher praktizierte subjektive Beurteilung von Husten- und Wheezingereignissen belegt eine hohe Fehlerquote, da zwischen Patientenangaben und akustischen Registrierbefunden erhebliche Unterschiede nachgewiesen werden konnten [23, 24]. Hier erweist sich die akustische Langzeitregistrierung als wertvolle Option. Zweifellos ist auch davon auszugehen, dass die Häufigkeit des nächtlichen Auftretens von Wheezing-Ereignissen unterschätzt wird [25, 26]. Ein mobiles Monitoring-System für Wheezing und Husten ermöglicht zudem auch eine vigilanzunabhängige Beurteilung der respiratorischen Phänomene im Schlaf. Peak-Flow- oder Lungenfunktionsmessungen sind immer an Wachheit gebunden und können damit den Zustand Bronchialobstruktion im Schlaf nicht adäquat abbilden [27]. Der Vorteil einer nächtlich durchgeführten akustischen Langzeitregistrierung liegt zudem in der Möglichkeit einer synchronen Aufzeichnung von Parametern zur Beurteilung der Schlafqualität. Weiterhin erlaubt die akustische Langzeitregistrierung in Kombination mit einer pH-Metrie den Nachweis einer zeitlichen Assoziation zwischen Refluxepisoden und bronchialer Obstruktion [28, 29]. Die Kausalität zwischen gastroösophagealem Reflux und pulmonalen Symptomen (Husten, Luftnot, Wheezing) ist nach evidenzbasierten Kriterien nicht bewiesen. Es gibt bislang keine anerkannten Kriterien, um den kausalen Zusammenhang zwischen der Refluxepisode und Husten bzw. bronchialer Spastik sicher beurteilen zu können. Vor allem die zeitliche Abfolge von gastroösophagealem Reflux und Husten/Bronchialobstruktion ist eine interessante Fragestellung.

Tab. 1 Häufige Ursachen von Wheezing und/oder chronischem Husten.

- Asthma bronchiale
- akute virale Bronchitis (Kinder)
- „cough-variant-Asthma“
- COPD – exazerbiert
- chronische Erkrankungen der oberen Atemwege (Nase, Nasennebenhöhlen, Pharynx, Larynx) „Postnasal-drip Syndrom“
- gastroösophageale Refluxkrankheit
- Asthma cardiale
- vocal cord dysfunction
- Bronchiektasen, chronisch superfiziert
- postinfektiöser Husten (z. B. Pertussis)
- Bronchomalazie
- Pharmaka

Tab. 2 Indikationen zur Durchführung einer nächtlichen Langzeitregistrierung von Lungen- und Atemwegsgeräuschen.

- objektiver Nachweis von Husten- und Wheezingereignissen
- Diagnostik bei unklarem nächtlichem Husten (DD: Asthma bronchiale, „cough-variant-Asthma“, Refluxkrankheit, Postnasal-drip Syndrom)
- Früherkennung von Asthma bronchiale (insbesondere bei Klein- und Schulkindern)
- Diagnostik bei unklarer nächtlicher Luftnot (DD: Asthma bronchiale, Refluxkrankheit, Postnasal-drip-Syndrom, vocal cord dysfunction)
- Verlaufsbeurteilungen von <i>antiobstruktiver</i> und <i>antitussiver</i> Therapie (Reduzierung von Wheezing/Rhonchus und Husten)
- in Kombination mit Polysomnografie Beurteilung der Kausalität Asthma bronchiale und Schlaf (konsekutiv Beurteilung eingeschränkte Leistungsfähigkeit durch asthmainduzierte Schlafstörungen)
- in Kombination mit pH-Metrie Beurteilung der Kausalität von Magensäurereflux und asthmatischen Beschwerden (nächtliche Luftnot, Husten)
- Diagnostik Schlafapnoe und obstruktives Schnarchen

Beim Postnasal-drip-Syndrom kann in Verbindung mit einem Körperlagesensor der Nachweis der Bronchialobstruktion von lageabhängigem Abfluss des Nasen(nebenhöhlen)sekrets erfolgen [12, 30]. Auch die Effizienz einer antiobstruktiven oder anti-tussiven Therapie kann anhand der akustischen Langzeitregistrierung überprüft werden [25, 31].

Was detektiert und analysiert das neue System?

Das neue „LEOSound-System“ arbeitet im Sinne eines „Langzeitstethoskops“. Es zeichnet Lungengeräusche auf und analysiert diese automatisch auf das Vorhandensein von Wheezing- und Hustenereignissen. Es handelt sich dabei um ein tragbares Rekordergerät mit drei bioakustischen Sensoren (**Abb. 1**). Die Aufzeichnung kann sowohl ambulant als auch im Klinikumfeld durchgeführt werden. Das Gerät wird während der Aufzeichnung, vergleichbar einem Langzeit-EKG, am Körper getragen. Ein Mikrofon im Gerät erfasst die Umgebungsgeräusche. Die 3 bioakustischen Sensoren werden am Patientenkörper mit Hilfe von Kleberingen angebracht (**Abb. 2**). Der „LEOSound-Recorder“ erfasst kontinuierlich bis zu 12 Stunden die Lungen- und die Umgebungsgeräusche des Patienten und speichert diese im Gerät. Die interne Spannungsversorgung liefert dabei ein Li-Ionen-Akku, der über eine Dockingstation am Stromversorgungsnetz geladen werden kann. Die Datenübertragung vom Aufnahmegerät zum Computer erfolgt nach Beendigung der Messung über einen HighSpeed-USB-Port.

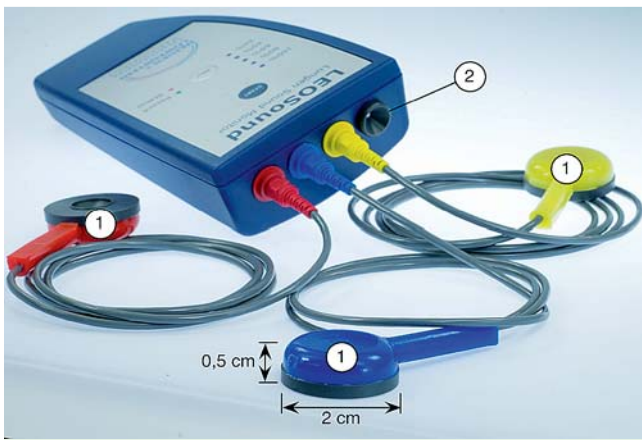


Abb. 1 Der „LEOSound-Recorder“ mit drei bioakustischen Sensoren (im Bild mit 1 gekennzeichnet) und Umgebungsmikrofon (im Bild mit 2 gekennzeichnet). Die weiche und flache Ausführung der Sensoren ermöglicht bequemes und komfortables Liegen auch in Rückenlage.

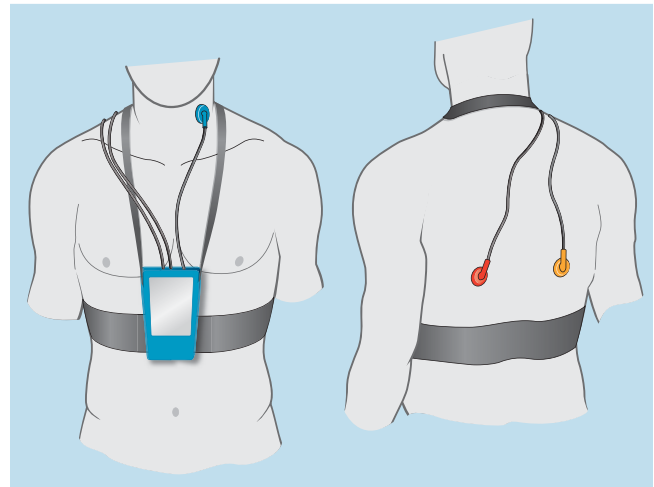


Abb. 2 Schematische Darstellung der Trageweise des LEOSound. Trachealer Sensor blau. Thorakale Sensoren werden dorsal auf dem linken und rechten Lungenflügel angebracht (rot und gelb), bevorzugt über dem Interkostalraum zwischen fünfter und sechster Rippe.

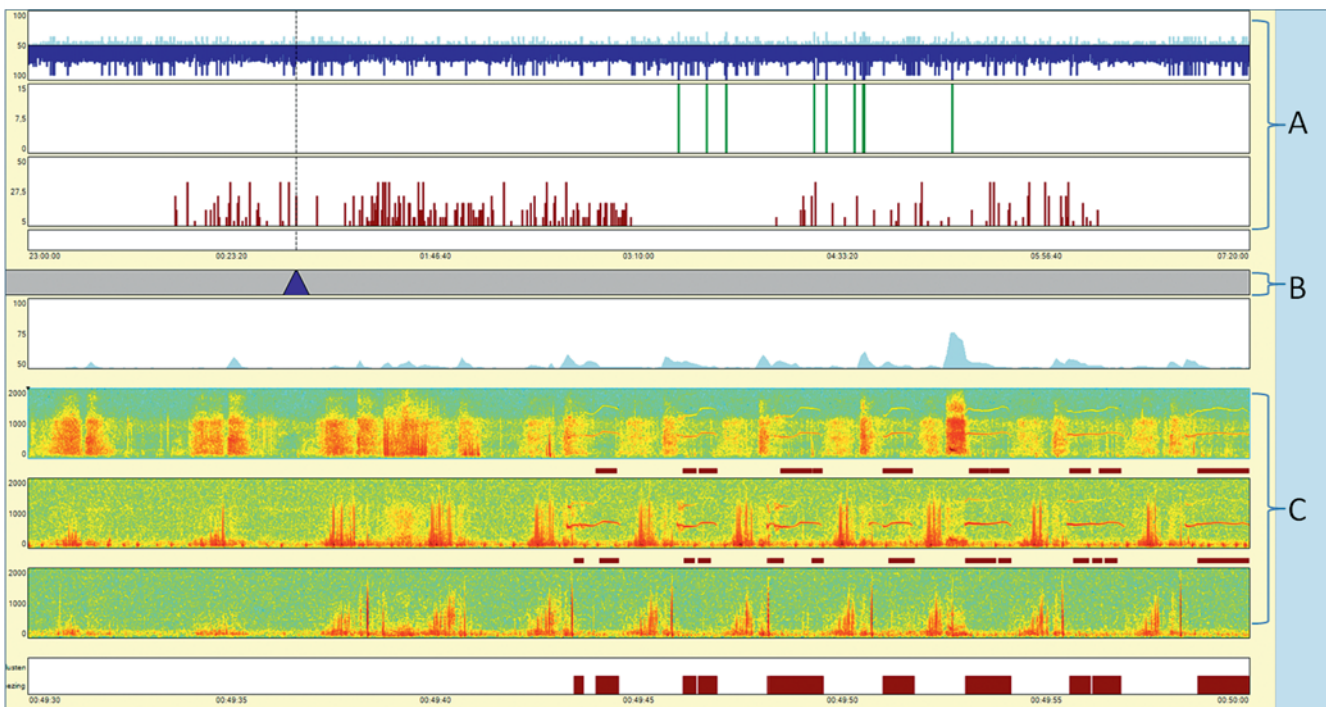


Abb. 3 Grafische Benutzeroberfläche der LEOSound Analyzer Software. **A Ereignisfeld** mit Darstellung aller Geräuscheignisse über die gesamte Messzeit. **B Laufleiste** zur Auswahl von Teilbereichen und mit Markier- und Bewertungsfunktion zum späteren Wiederfinden von Ereignissen. **C Segmentanzeige** zur Detaildarstellung der Kanäle (Trachea, rechter und linker Lungenflügel).

Die Bewertungssoftware „LEOSound Analyzer“ analysiert und bewertet die Daten automatisch nach dem Vorhandensein von Wheezing und Husten und speichert die Ergebnisse zusammen mit den Rohdaten in einer Datenbank. Die Aufzeichnungen als auch die automatischen Bewertungen werden auf einer grafischen Benutzeroberfläche dargestellt (☉ **Abb. 3**).

Die analysierten Geräuscheignisse werden getrennt nach Husten- (grün) und Wheezing-Ereignissen (rot) in den Ereignisdiagrammen aufgeführt (☉ **Abb. 4**). Der Anwender hat die Möglichkeit über die Laufleiste Zeitbereiche auszuwählen und sich Details jedes einzelnen Aufzeichnungskanals separat als Spektrogramm anzeigen zu lassen (☉ **Abb. 5**). Es kann ein beliebiger Zeit-

bereich im Spektrogramm ausgewählt, als Audiodatei abgespielt und mit individuellen Kommentaren/Bewertungen versehen werden.

Zusammenfassung und Ausblick

▼ Mit der Möglichkeit der Registrierung von Wheezing und Husten ist erstmals die Möglichkeit gegeben, diese Symptome im Langzeitverlauf objektiv zu erfassen. LEOSound stellt eine vielversprechende Ergänzung der diagnostischen Messinstrumente in der Pneumologie dar. Symptome lassen sich frühzeitig erfassen, ihre

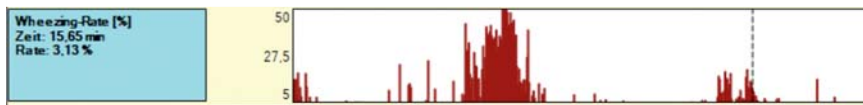


Abb. 4 Ereignisdiagramm. Wheezing-Ereignisse werden im entsprechenden Fenster rot dargestellt.

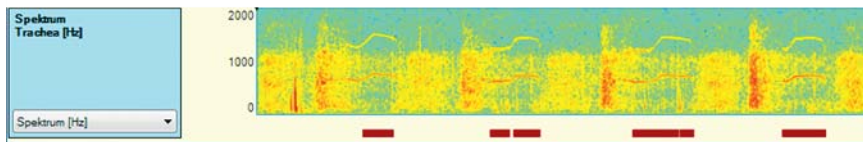


Abb. 5 Segmentanzeige. Im Spektrogramm ist Wheezing anhand des charakteristischen Frequenzverlaufs sehr gut erkennbar. Detektierte Wheezing-Ereignisse werden im Zeitverlauf über rote Balken dargestellt.

Auswirkungen auf Schlaf und Tagesbefindlichkeit können beurteilt werden. Bedeutsam ist zudem die Option der Kontrolle der Symptome unter einer antiobstruktiven und antitussiven Therapie. Vor allem bei Kleinkindern und Kindern im Vorschulalter, bei denen noch keine Lungenfunktionsdiagnostik durchführbar ist, könnte das Verfahren hilfreich sein. Anhand größer angelegter Studien bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen wird sich die Effizienz des mobilen LEOSound-Systems unter Beweis stellen lassen müssen.

Interessenkonflikt

U. Koehler hat Honorare für Beratertätigkeit, Vorträge sowie Unterstützungen für Forschungsvorhaben von den Firmen Heinen und Löwenstein, IfM, AstraZeneca, GlaxoSmithKline, Berlin-Chemie, Resmed, Weinmann und UCB Biosciences erhalten.

U. Brandenburg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Firma Heinen und Löwenstein.

A. Weissflog und K. Sohrabi geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

V. Groß hat Honorare für Beratertätigkeit und Vorträge von Heinen und Löwenstein erhalten.

Institute

¹ Klinik für Innere Medizin, SP Pneumologie, Intensiv- und Schlafmedizin,

Philipps-Universität, Marburg

² Heinen und Löwenstein GmbH & Co. KG, Bad Ems

³ Thora Tech GmbH, Gießen

⁴ Kompetenzzentrum für Informationstechnologie (KITE), Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen

⁵ Biomedizinische Technik, Fachbereich KMUB, Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen

Literatur

- Brand P. The clinician's guide on monitoring children with asthma. *Paediatric Respiratory Reviews* 2013; 14: 119–125
- Matricardi PM, Illi S, Gruber C et al. Wheezing in childhood: incidence, longitudinal patterns and factors predicting persistence. *Eur Respir J* 2008; 32: 585–592
- Steiß JO, Lindemann H, Brosig B et al. Wichtige Aspekte bei der Betreuung chronisch kranker Kinder und Jugendlicher am Beispiel des Asthma bronchiale. *Dtsch Med Wochenschr* 2013; 138: 2613–2618
- Desager KN, Nelen V, Weyler JJ et al. Sleep disturbance and daytime symptoms in wheezing school-aged children. *J Sleep Res* 2005; 14: 77–82
- Guilbert TW, Maorgan WJ, Zieger RS et al. Atopic characteristics of children with recurrent wheezing at high risk for the development of childhood asthma. *J Allergy Clin Immunol* 2004; 114: 1282–1287
- Savenije OEM, Kerkhof M, Koppelman GH et al. Predicting who will have asthma at school age among preschool children. *J Allergy Clin Immunol* 2012; 130: 325–331
- Athanasiadis T, Allen JE. Chronic cough: an otorhinolaryngology perspective. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2013; 21: 517–522
- Boner AL, Piacentini GL, Peroni DG et al. Children with nocturnal asthma wheeze intermittently during sleep. *J Asthma* 2010; 47: 290–294
- Gawron AJ, Kahrilas PJ, Pandolfino JE. Chronic cough: a gastroenterology perspective. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2013; 21: 523–529
- Irwin RS, Curley FJ, French CL. Chronic cough – The spectrum and frequency of causes, key components of the diagnostic evaluation, and outcome of specific therapy. *Am Rev Respir Dis* 1990; 141: 640–647
- Palombini BC, Villanova CAC, Araujo E et al. A pathogenetic triad in chronic cough – Asthma, postnasal drip syndrome, and gastroesophageal reflux disease. *Chest* 1999; 116: 279–284
- Reinke C, Dette F, Gross V et al. Obscure coughing and the feeling of suffocation during sleep. Long-term nocturnal acoustic recording. *Internist* 2007; 48: 630–635
- Shields MD, Doherty GM. Chronic cough in children. *Paediatric Respiratory Reviews* 2013; 14: 100–106
- Turner-Warwick M. Epidemiology of nocturnal asthma. *Am J Med* 1988; 85: 6–8
- Storms WW, Bodman SF, Nathan RA et al. Nocturnal asthma symptoms may be more prevalent than we think. *J of Asthma* 1994; 31: 313–318
- Braido F, Baiardini I, Ghiglione V et al. Sleep disturbances and asthma control: a real life study. *Asian Pac J Allergy Immunol* 2009; 27: 27–33
- Fagnano M, Bayer AL, Isensee CA et al. Nocturnal Asthma Symptoms and Poor Sleep Quality Among School Children with Asthma. *Academic Pediatrics* 2011; 11: 493–499
- Horner CC, Mauger D, Strunk RC et al. Most nocturnal asthma symptoms occur outside of exacerbations and associate with morbidity. *J Allergy Clin Immunol* 2011; 128: 977–982
- Eising JB, Uiterwaal CS, van der Ent CK. Nocturnal wheeze measurement in preschool children. *Pediatr Pulmonol* 2013; 1–6
- Pescatore AM, Dogaru CM, Duembgen L et al. A simple asthma prediction tool for preschool children with wheeze or cough. *J Allergy Clin Immunol* 2013 [im Druck]
- Schultz A, Brand PL. Episodic Viral Wheeze and Multiple Trigger Wheeze in preschool children: A useful distinction for clinicians? *Paediatric Respiratory Reviews* 2011; 12: 160–164
- Gross V, Reinke C, Dette F et al. Wheezing during normal breathing as a sign of bronchial obstruction. *Pneumologie* 2009; 63: 6–9
- Chang AB, Newman RG, Carlin JB et al. Subjective scoring of cough in children: parent-completed vs child-completed diary cards vs an objective method. *Eur Resp J* 1998; 11: 462–466
- Falconer A, Oldman C, Helms P. Poor agreement between reported and recorded nocturnal cough in asthma. *Pediatr Pulmonol* 1993; 15: 209–222
- Bentur L, Beck R, Shinawi M et al. Wheeze monitoring in children for assessment of nocturnal asthma and response to therapy. *Eur Respir J* 2003; 21: 621–626
- Raherison C, Abouelfath A, Le GV et al. Underdiagnosis of nocturnal symptoms in asthma in general practice. *J Asthma* 2006; 43: 199–202
- Koehler U, Gross V, Grote L et al. Nocturnal bronchial obstruction, sleep and vigilance-is there an interaction? *Dtsch Med Wochenschr* 2000; 125: 950–953
- Kunsch S, Gross V, Neesse A et al. Combined lung-sound and reflux-monitoring: a pilot study of a novel approach to detect nocturnal respiratory symptoms in gastro-oesophageal reflux disease. *Aliment Pharmacol Ther* 2011; 33: 592–600
- Lenniger P, Gross V, Kunsch S et al. Nocturnal long-term monitoring of lung sounds in patients with gastro-oesophageal reflux disease. *Pneumologie* 2010; 64: 255–258
- Dette F, Sohrabi K, Koch B et al. Overnight documentation of respiratory sounds in patients with chronic sinusitis. *Med Klin* 2010; 105: 695–697
- Koehler U, Gross V, Reinke C et al. Acoustic follow-up of nocturnal bronchial obstruction therapy. *Pneumologie* 2003; 57: 198–201