

## 3.1 Lungensonographie in der Neonatalperiode

HANS-JÖRG BITTRICH

### Indikationen zur Lungensonographie bei Neugeborenen

Um den Heilungsverlauf zu beschleunigen und die Prognose der Neugeborenen (NG) bei Störungen in der neonatalen Anpassung nach Geburt und Auftreten neonataler Lungenerkrankungen, wie transitorische Tachypnoe des Neugeborenen (TTN), Atemnotsyndrom (nANS), Mekoniumaspirationssyndrom (MAS), Pneumonie, Atelektase, Lungenblutung, Pneumothorax u. a., zu verbessern, ist eine schnelle akkurate Diagnostik zum schnellen Therapiestart von großer Bedeutung. In den letzten 10 Jahren wurde dazu zunehmend die Lungenscanschall(LUS)-Untersuchung genutzt und viele Scanschallmuster Krankheiten zugeordnet. Gegenüber dem zuvor bestimmenden Diagnostikum, dem Röntgen Thorax (RTx), bietet LUS zahlreiche Vorteile, wie die schnellere Verfügbarkeit, einfachere und wiederholbare Anwendung, die Aufnahme bewegter Bilder, ein Wegfall der Strahlenbelastung und klarere Aussagen zu den häufigsten neonatalen Lungenerkrankungen (Gao et al. 2020). Die LUS-Untersuchung ist zugleich kostengünstig und in Durchführung und Auswertung leicht zu trainieren. Dadurch wird sie zu einem vielversprechenden bettseitigen Werkzeug auf der neonatologischen Intensivstation.

Gerade in der Lernphase des LUS ist die Wertigkeit des RTx unverändert hoch. Beide Untersuchungen können sich in ihrer diagnostischen Aussage ergänzen und damit das Dilemma der niedrigen Sensitivität und Spezifität der klinischen Symptome und radiologischen Zeichen in der Neonatologie beheben (Hiles et al. 2017).

Zu den Indikationen für die initiale LUS-Untersuchung des Neugeborenen gehören:

- gestörte postnatale Anpassung,
- plötzliche Verschlechterung des respiratorischen Status,
- pränataler Verdacht auf Lungenfehlbildungen.

Zu den Indikationen für eine LUS-Folgeuntersuchung gehören:

- Beendigung invasiver Beatmung, um Extubationsversagen zu reduzieren,
- Notwendigkeit einer erneuten Surfactantgabe,
- Überwachung der Besserung der Atemwegserkrankung, wenn dies durch Klinik (Silverman-Andersen-Score (SAS) (Silverman u. Andersen 1956)) oder Monitoring (SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>-Ratio (SFR) (Nobile et al. 2019)) nicht eindeutig ist,
- Visualisierung der therapeutischen Effekte einer Pleurapunktion bei Pleuraerguss oder Pneumothorax.

### Untersuchungstechnik der neonatalen Lungensonographie

- A. Schallkopf (linear, > 9 MHz, leicht) wählen und desinfizieren.
- B. Preset LUS auswählen: Small Parts, Tiefeneinstellung abhängig vom Körpergewicht (3 cm (500 g) bis 6 cm (3.000 g)), Fokuszonen auf Pleuralinie legen, Speckle Reduction Imaging (SRI) auf Stufe 2–3 stellen (reduziert Bildrauschen), Crossbeam (CRI) auf Stufe 2 stellen (verbessert Kontrast), Harmonics anschalten (verbessert Signal-Rausch-Abstand). Die Einstellungen sind vom Gerät abhängig (hier: GE Logiq S8). Manchmal bringt ein anderer (neuerer) Schallkopf erstaunlich bessere Bilder.

### 3.1 Lungensono in Neonatalperiode Hals- und Echokardiographie

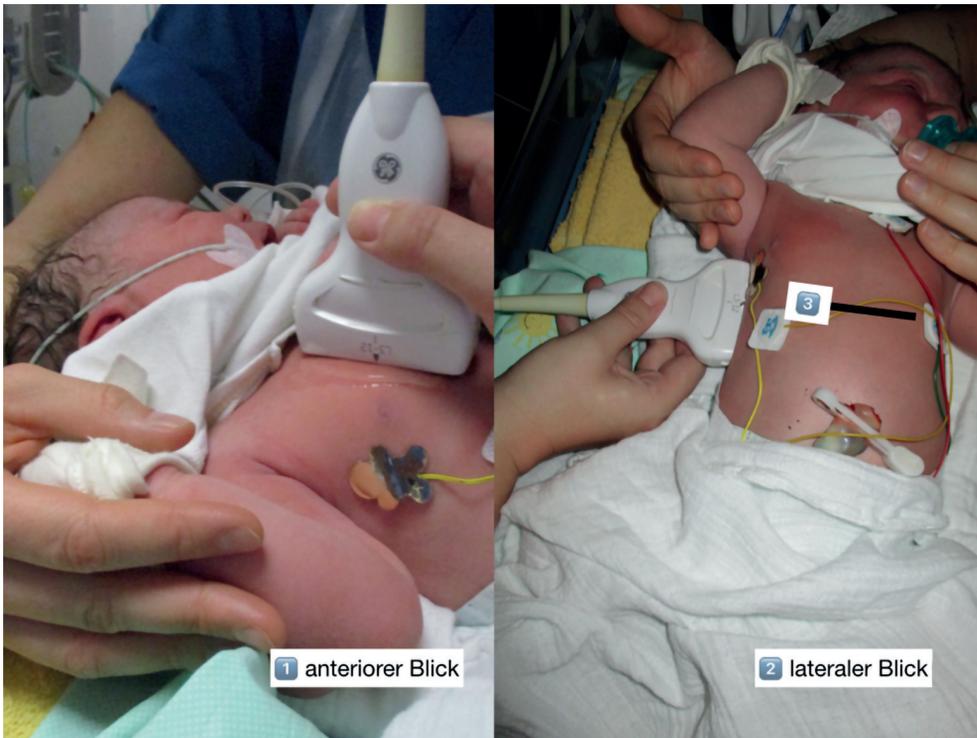


Abb. 1: Zugangswege und Schnittebenen bei Neugeborenen in Rückenlage ① anteriorer Blick ② lateraler Blick ③ xiphoidaler Blick

- C. Ultraschallgel sollte warm und im Inkubator steril sein. Luftblasen zwischen Schallkopf und Haut sollte man wegen zusätzlicher Artefakte vermeiden.
- D. Gemeinsam mit Pflege präemptive Planung der Untersuchung: Um die Untersuchungszeit und damit die Belastung gering zu halten, empfiehlt es sich, den Bodymarker jeweils vorher zu setzen und einen Videoclip mit einer Dauer von 4–6 Atemzügen pro Seite aufzunehmen. Bei extrem kleinen Frühgeborenen sollte man sich auf die seitliche Schallkopfposition zwischen der mittleren und vorderen Axillarlinie beschränken.
- E. Die Lage des NG sollte für die Untersuchung nicht geändert werden. In Rückenlage sind die vordere und seitliche Brustwand zugänglich, in Bauchlage die dorsale und seitliche.
- F. Der Scan-Mode ist üblicherweise B-Mode. Nur für spezielle Fragestellungen ist es erforder-

lich, M-Mode (Pneumothorax) oder Doppler (Fehlbildungen der Lunge) zu nutzen.

Überwiegend wird die longitudinale Schnittebene gewählt. Dabei ist das rechtwinklige Aufsetzen des Schallkopfes auf die Rippen entscheidend für ein gutes und vergleichbares Bild. Im anterioren Blick sollte zumindest je ein Bild für Oberfeld und Unterfeld gespeichert werden. Für einen Videoclip rutscht man im anterioren Blick von der Clavicula zum Zwerchfell und im lateralen Blick von der Achsel bis zur Milz, um die dort liegenden Lungenareale zu erfassen. Andere Scanning-Methoden wie die Untersuchung aller Zwischenrippenräume in transversaler Schnittebene oder das Rutschen vom anterioren zum lateralen Blick („parallel scanning“) sind eher für große Neugeborene geeignet (Liu et al. 2019a). Der xiphoidale Zugang

ermöglicht die Darstellung der unteren hinteren Lungenanteile und ist hilfreich bei der Suche nach (pneumonischen) Konsolidierungen, ist aber nicht geeignet, um Veränderungen der Pleuralinie zu beurteilen (Copetti u. Cattarossi 2007).

## Muster (lines and signs) bei neonataler Lungensonographie

### Normale neonatale LUS-Muster

Die neonatale LUS-Untersuchung folgt den gleichen Prinzipien wie die Ultraschalluntersuchung bei Kindern und Erwachsenen.

Der Thorax besteht aus der Haut, dem subkutanen Gewebe und den Muskeln, die über den Rippen liegen. Unterhalb der Rippen befinden sich parietale und viszerale Pleura, die bei jeder Atmung gegeneinander gleiten. Von der viszeralen Pleura gehen mehrere interlobuläre Septen aus und bilden Läppchen, die aus vielen mit Luft gefüllten Alveolar-Acini bestehen. Die nicht-lufthaltigen Schichten werden vom Ultraschall durchdrungen und erzeugen ein Abbild der Gewebestruktur. An der Grenzfläche zur luftgefüllten Lunge (Pleura parietalis) entstehen physikalische Artefakte, die typische Muster zeigen, jedoch kein Abbild der Gewebestruktur sind. Wir unterscheiden horizontale Artefakte (A-Linien) und vertikale Artefakte (B-Linien).

Die Pleuralinie (PL) ist eine gekrümmte, helle echogene und glatte Linie, die von der Reflexion der Pleuroberfläche ausgeht. Bei NG bildet sich diese Linie zusammen mit den beiden angrenzenden Rippschatten („batman sign“). In diesem Augenblick steht die US-Sonde senkrecht zum Thorax und ermöglicht die Aufnahme vergleichbarer Bilder. Bei Frühgeborenen sind die Rippen noch unzureichend verknöchert und bei lotrechten Schnitten häufig nicht schattengebend.

Die gegenläufige Bewegung der parietalen gegen die viszerale Pleura während der Atmung

wird als „Lungengleiten“ bezeichnet. Dieses Bewegungsphänomen erscheint als schimmernde Linie und ist ein Hinweis auf eine gesunde luftgefüllte Lunge. Im M-Mode sieht man oberhalb der PL ein lineares Muster und ein körniges, sandiges Aussehen unterhalb der PL („seashore sign“).

Die A-Linien sind horizontale, hyperechogene, parallele und äquidistante Linien distal der Pleuralinie, die in der Tiefe schwächer werden. Es handelt sich um wiederholte Reflexion der Ultraschallwellen zwischen der Pleura und dem Schallkopf.

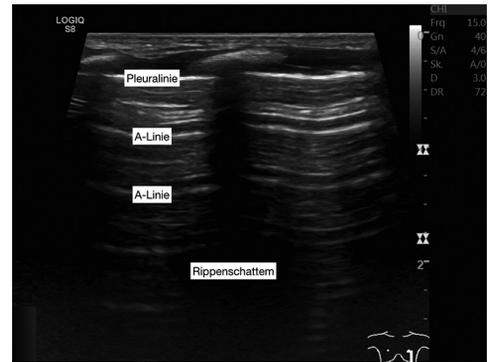


Abb. 2: Normale Pleuralinie und A-Linien

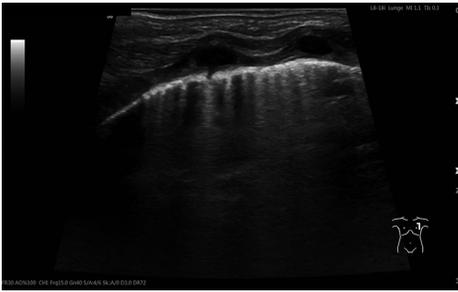
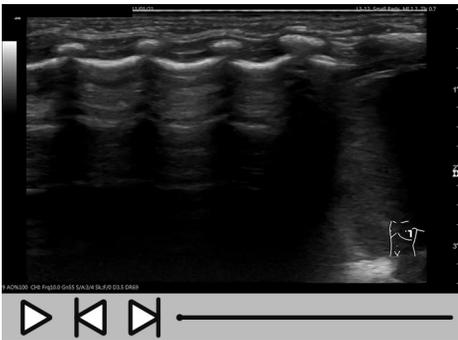
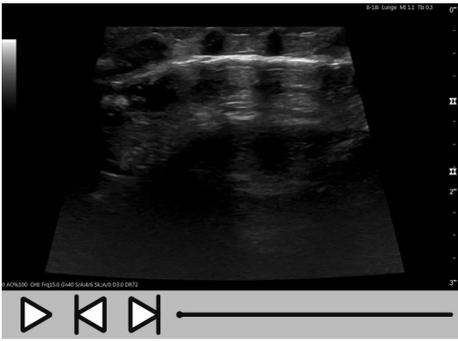
### Abnormale neonatale LUS-Muster

Abnormal sind fehlende A-Linien und fehlendes Lungengleiten. Die abnormale Pleuralinie ist verdickt, unregelmäßig und unscharf begrenzt.

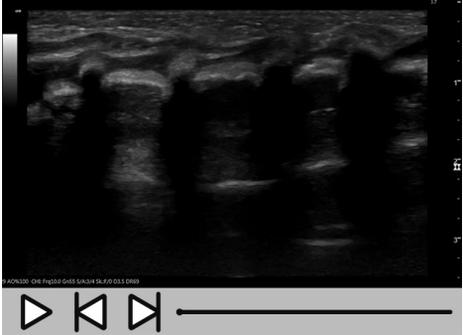
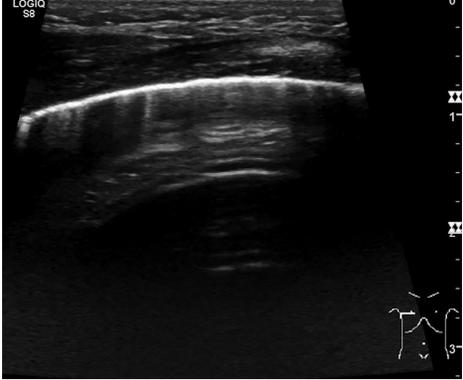
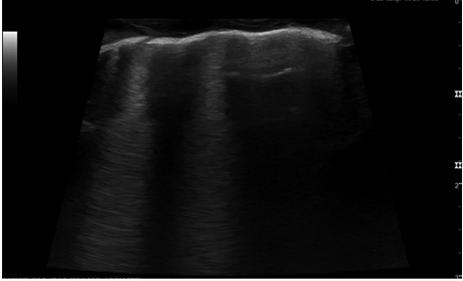
B-Linien sind vertikale, hyperechogene Linien, die sich in unterschiedlicher Länge von der Pleura nach distal erstrecken. Sie bewegen sich atemsynchron. Kurze B-Linien („comet tails“) sind immer einzelnstehend und liegen zwischen PL und erster A-Linie. Lange B-Linien („ring-down“) überschreiten die A-Linien. Der Ursprung dieses Phänomens ist die Ansammlung der Lungenflüssigkeit im Interstitium, die die interlobulären Septen erweitert. Die vollständige Resorption der Lungenflüssigkeit kann bei Neugeborenen bis zu 2 Tage normal sein, bei

### 3.1 Lungensono in Neonatalperiode Hals- und Echokardiographie

Tab. 1: Wichtige abnormale Muster im neonatalen Lungensono

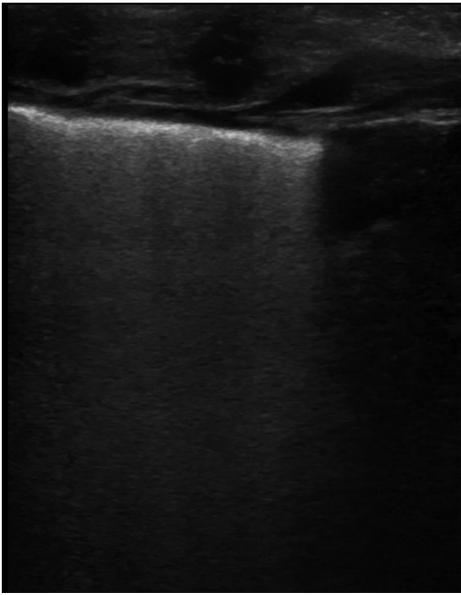
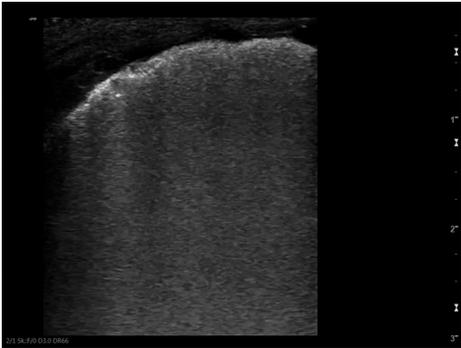
Beschreibung	Ultraschallbild
<p><b>Abnormale Pleuralinie:</b> verdickt, unscharf, unregelmäßig, grob, ggf. unterbrochen, ggf. nicht gleitend</p>	 <p>Das Bild zeigt eine verdickte, unregelmäßige Pleuralinie, die sich über den Thorax erstreckt. Die darunter liegenden Lungensono sind nicht mehr sichtbar, was auf eine Pleuralergie hindeutet.</p> <p>Abb. 3a: Abnormale Pleuralinie</p>
<p><b>Pleuragleiten (Lungengleiten):</b> normal: nur im Loop oder M-Mode darstellbare gegenläufige atemsynchrone Bewegung der Pleura parietalis und der Thoraxwand (Einatmung: nach kranial) und Pleura visceralis und Lunge (Einatmung nach kaudal)</p>	 <p>Das Video zeigt eine M-Mode-Ansicht der Pleuralinie. Die Pleuralinie bewegt sich gegenläufig zur Thoraxwand bei der Einatmung, was als 'Lungengleiten' bezeichnet wird.</p> <p>Video 1 (Loop): Lungengleiten</p>
<p><b>Lungenpunkt:</b> Der Punkt im US-Bild (Loop), an dem die Pleura nicht mehr gleitet</p>	 <p>Das Video zeigt einen Lungenpunkt, bei dem die Pleuralinie nicht mehr gleitet, was ein Zeichen für einen Pneumothorax ist.</p> <p>Video 2 (Loop): Pneumothorax</p>

Tab. 1: Wichtige abnormale Muster im neonatalen Lungenultraschall (Forts.)

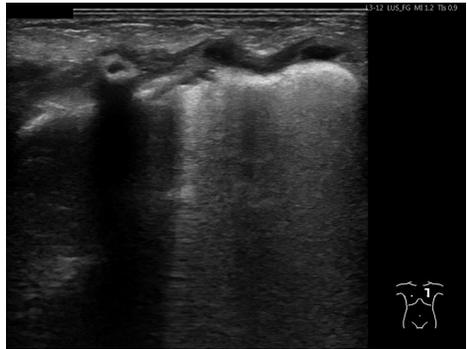
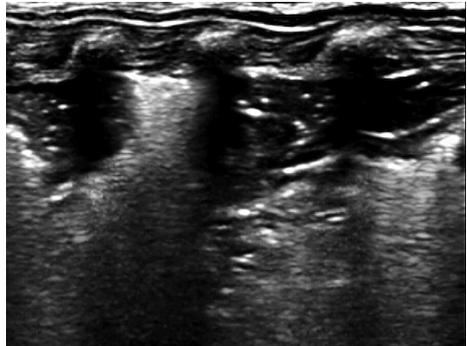
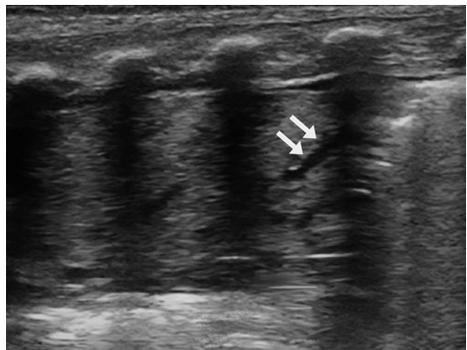
Beschreibung	Ultraschallbild
<p><b>Lungenpuls:</b> normal bei vorhandenen A-Linien (schließt Pneumothorax aus), abnormal bei fehlenden A-Linien (ggf. Atelektase)</p>	 <p>Video 3 (Loop): Lungenpuls</p>
<p><b>B-Linien:</b> kurze einzeln stehende isolierte B-Linien (iBL) (comet-tails)</p>	 <p>Abb. 3b: B-Linien</p>
<p><b>B-Linien:</b> lange (ring-down) einzeln stehende isolierte B-Linien (iBL)</p>	 <p>Abb. 3c: B-Linien</p>

### 3.1 Lungensono in Neonatalperiode Hals- und Echokardiographie

Tab. 1: Wichtige abnormale Muster im neonatalen Lungensono (*Forts.*)

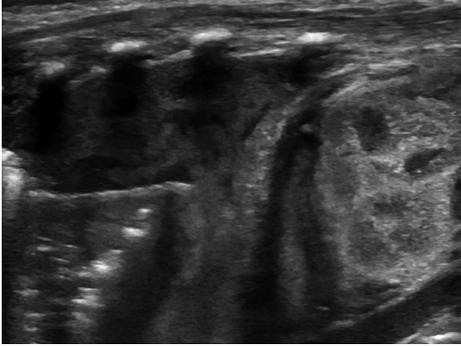
Beschreibung	Ultraschallbild
<p><b>B-Linien:</b> konfluierende koaleszente kompakte B-Linien (cBL)</p>	 <p>Abb. 3d: B-Linien</p>
<p><b>Bilaterale weiße Lunge (white out):</b> verschmelzende B-Linien von der Lungenbasis bis zur Spitze ohne ausgesparte Bereiche (Copetti et al. 2008)</p>	 <p>Abb. 3e: Bilaterale weiße Lunge</p>

Tab. 1: Wichtige abnormale Muster im neonatalen Lungenultraschall (*Forts.*)

Beschreibung	Ultraschallbild
<p><b>Doppelter Lungenpunkt (DLP):</b> scharfer Wechsel des Musters zwischen kranialen und kaudalen Arealen im Longitudinalschall</p>	 <p>Abb. 3f: Doppelter Lungenpunkt</p>
<p>1. <b>Konsolidierungen:</b> unregelmäßig echoarmen Strukturen, teils mit Luft- oder Fluidbronchogrammen, die Grenze zum umgebenden Lungengewebe ist klar und leicht zu erkennen (Liu et al. 2019a) 2. <b>Luftbronchogramm:</b> dichte, fleckige oder Schneeflocken-artige Muster (echoreich) in Konsolidierungen</p>	 <p>Abb. 3g: Konsolidierungen und Luftbronchogramm</p>
<p><b>Fluidbronchogramm:</b> echoarme linienartige Muster in Konsolidierungen</p>	 <p>Abb. 3h: Fluidbronchogramm</p>

### 3.1 Lungensono in Neonatalperiode Hals- und Echokardiographie

Tab. 1: Wichtige abnormale Muster im neonatalen Lungensono (Forts.)

Beschreibung	Ultraschallbild
<p><b>Tissue sign:</b>                      Leber-ähnliches Bild der nicht-belüfteten Lunge, z. B. bei Pneumonie oder Atelektase</p>	 <p>Abb. 3i: Tissue sign</p>
<p><b>Pleurafluid:</b>                      wenig echogene Flüssigkeit begrenzt durch die Pleuralinie, das Zwerchfell und die viszerale Oberfläche der Lunge</p>	 <p>Abb. 3j: Pleurafluid</p>

Frühgeborenen auch länger (bis zu 2 Wochen). Sehr viele B-Linien konfluieren und löschen die A-Linien vollständig aus (kompakte B-Linien (cBL)). Sie sind immer pathologisch (alveolar-interstitielles Syndrom) (Lichtenstein et al. 2004). B-Linien können auf einer Lungenseite (Pneumonie) oder beidseitig auftreten (Lungenödem).

Konsolidierungen der Lunge finden sich, wenn die Alveolen teilweise oder vollständig mit Flüssigkeit gefüllt sind. Sie können unterschiedlich groß und begrenzt sein. In den echoarmen Arealen sieht man zugleich Luft- (echoreiche Punkte) oder Fluidbronchogramme (echoarme Linien). Nur nah der Pleura liegende Konsolidierungen können erfasst werden, da ansonsten Artefakte der luftgefüllten Lunge gesehen werden. Die *Abbildungen 3a* bis *3j* zeigen wichtige

abnormale Muster im neonatalen Lungensono.

### Transitorische Tachypnoe des Neugeborenen (TTN)

Die auch „wet lung“ genannte Störung ist eine der häufigsten Atemwegserkrankungen bei Neugeborenen. Bei Frühgeborenen ist sie die wichtigste Differenzialdiagnose des ANS (Greenough 2003). In einer Autopsie-Studie hatten 57 % der Frühgeborenen mit klinischen ANS nach den traditionellen Diagnosekriterien tatsächlich eine TTN (Rocha et al. 2011). Eine milde Form der TTN zeigt die klinischen Symptome: Tachypnoe, Einziehungen und Giemen. Sie hat einen selbstlimitierenden Verlauf, nach