

Interpleuraldruckmessungen und Bronchospasmodysetests mit einem transportablen Ösophagusdruckmeßgerät beim Pferd

E. Deegen und H.-J. Klein

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Die diagnostische Fehlerrate bei der Untersuchung des Respirationsapparates konnte durch die Einführung der Tracheobronchoskopie und der Blutgasanalyse erheblich gesenkt werden. Zusätzliche Erkenntnisse können anhand von Lungenfunktionsuntersuchungen gewonnen werden. Wegen des hohen Apparateaufwandes sind diese Untersuchungen bisher in der Praxis nicht möglich.

Für die Praxis bietet sich die indirekte Interpleuraldruckmessung (Messung des Ösophagusdruckes) als relativ einfaches Meßverfahren zur Beurteilung der Lungenfunktion beim Pferd an. Die Ösophagusdruckmessung genügt zwar nicht den Ansprüchen höchster Genauigkeit, sie bringt aber eine deutliche Erweiterung der Diagnostik von Lungenerkrankungen (Deegen und Klein, 1987).

Der Druck im thorakalen Abschnitt des Ösophagus entspricht mit nur minimalen Abweichungen dem direkt durch Thoraxpunktion gemessenen interpleuralen Druck (Boerma et al., 1986). Interpleurale Druckschwankungen zwischen In- und Expiration bedingen alveoläre Druckschwankungen, die das Ein- und Ausströmen von Luft, also die Ventilation der Lunge, zur Folge haben. Die für die Ventilation erforderlichen Druckschwankungen sind bei lungengesunden Pferden relativ niedrig und hängen unter anderem von dem Gesundheitszustand des Respirationsapparates ab. Muß bei einer Pneumopathie für eine effektive Inspiration die aktive Thoraxerweiterung verstärkt werden, so wird dieses zu einem inspiratorisch stärker sinkenden Druck im Interpleuralraum führen. Entsprechend wird bei einer erschwerten Expiration nicht nur durch die passive Retraktionskraft der Lunge, sondern auch durch eine aktive Kompression der Bauchpresse ein im Vergleich zu lungengesunden Pferden stärker ansteigender Druck im Interpleuralraum auftreten. Bei lungenkranken Pferden ist die maximale interpleurale Druckschwankung zwischen dem niedrigsten inspiratorischen und dem höchsten expiratorischen Interpleuraldruck erhöht. Diese Tatsache wird bei der Ösophagusdruckmessung diagnostisch ausgenutzt (Spörri und Lehmann, 1964; Sasse, 1973; McPherson et al., 1978; Klein und Deegen, 1987).

¹ Pneumograph, Modell PG 100/Rec, Firma Boucke, Erlangen

Zusammenfassung

Ein transportables Ösophagusdruckmeßgerät und die dazugehörige Ösophagusballonsonde sowie die Durchführung der Ösophagusdruckmessung werden beschrieben.

Bei insgesamt 71 Pferden erfolgte die Bestimmung der maximalen interpleuralen Druckdifferenz (ΔP_{plmax}). Der ΔP_{plmax} -Mittelwert für die 25 lungengesunden Pferde beträgt $2,8 \pm 0,6$ cmH₂O. Die 38 Pferde mit geringgradiger COB zeigten mit $4,7 \pm 2,5$ cmH₂O statistisch signifikant höhere ΔP_{plmax} -Werte ($p < 0,01$). Auch die 8 Pferde mit hochgradiger COB wiesen mit $20,9 \pm 11,0$ cmH₂O gegenüber den lungengesunden Pferden signifikant höhere ΔP_{plmax} -Werte auf ($p < 0,01$).

Bei 20 Pferden mit COB wurde ein Bronchospasmodysetest durchgeführt. Bei 11 dieser Probanden fiel der Test positiv aus, das heißt, bei diesen Pferden fiel die ΔP_{plmax} nach Clenbuterol-Applikation um mindestens 15 Prozent.

Die Auswirkung einer Haltungsverbesserung wurde bei 10 Pferden mit COB überprüft. Die Lungenfunktion verbesserte sich im Sinne einer Reduzierung der ΔP_{plmax} bei allen Pferden, und zwar um 20,0 bis 79,9 Prozent.

Bei 22 Pferden wurde die Ösophagusdruckmessung sowohl ohne als auch mit angelegter Nasenbremse durchgeführt. Wegen der hohen Korrelation und geringen Differenz der Werte kann die Druckmessung gegebenenfalls auch mit Nasenbremse durchgeführt werden. Die Vorteile und Probleme der Ösophagusdruckmessung werden erläutert und die Ergebnisse diskutiert.

Interpleural Pressure Measurement and Bronchial Spasmolysis Tests in the Horse Performed with a Transportable Esophageal Pressure Measuring Instrument

A transportable esophageal pressure measuring instrument including an esophageal balloon catheter and the pressure measurement procedure are described.

In 71 horses the maximal change in interpleural pressure (ΔP_{plmax}) was assessed. Mean ΔP_{plmax} in 25 normal horses was 2.8 ± 0.6 cmH₂O. In 38 horses suffering from low-grade chronic obstructive pulmonary disease (COPD) the mean ΔP_{plmax} was significantly higher (4.7 ± 2.5 cmH₂O) than in the normal horses ($p < 0.01$). The 8 horses suffering from high-grade COPD also showed a significant increase in mean ΔP_{plmax} with 20.9 ± 11.0 cmH₂O ($p < 0.01$).

In 20 horses suffering from COPD a bronchial spasmolysis test was performed. The test considered positive if ΔP_{plmax} decreased by at least 15 % after clenbuterol application. 11 horses tested positive.

The effect of environmental control was tested in 10 horses suffering from COPD. Lung function showed improvement in all horses, ΔP_{plmax} decreased between 20.0 and 79.9 %.

In 22 horses esophageal pressure was measured both without and with a twitch. It was found, that esophageal pressure measurement can be performed with a twitch because of the high correlation and the small differences of ΔP_{plmax} -values.

The advantages and problems of esophageal pressure measurement and the results of this investigation are discussed.

Gerätebeschreibung

Das transportable Ösophagusdruckmeßgerät¹ ist in Abb. 1 dargestellt. Es wird mit 220-V-Wechselstrom betrieben. Das Gerät wiegt 5 kg, seine Abmessungen betragen 157 mm × 257 mm × 230 mm.

Eine Leuchtdiodenanzeige spiegelt den Druckverlauf wider. Der Schreiber arbeitet wahlweise mit 2 bzw. 10 mm Vorschub pro Sekunde. Für die Aufzeichnung des Ösophagusdruckes über eine längere Zeitspanne zur Ermittlung der maximalen interpleuralen Druckdifferenz (ΔP_{plmax}) reicht der Vorschub von 2 mm pro Sekunde aus.

Bei 10 mm Vorschub pro Sekunde können zusätzlich der Druckverlauf während eines Atemzuges und der Atemzeitquotient (Verhältnis von Expirations- zu Inspirationsdauer) beurteilt werden.

Für die Druckregistrierung stehen 3 verschiedene Meßbereiche zur Verfügung. Eine Eichung mittels Knopfdruck zeigt jeweils eine Druckdifferenz von 2 cmH₂O (cm Wassersäule) an. In den Druckmeßbereichen 1 bis 3 wird der Eichdruck von 2 cmH₂O als Ausschlag von etwa 2,5; 10 bzw. 20 mm bei einer Papierbreite von 95 mm wiedergegeben.

Zu der Meßeinrichtung gehört eine Ösophagussonde, ihre Länge beträgt 170 cm bei einem Außendurchmesser von 13 mm (Abb. 1). Die Sonde besteht aus einem festen äußeren Mantel und einem dünnlumigen Innenteil, der bis zur Druckkammer am vorderen Sondenende reicht und zur

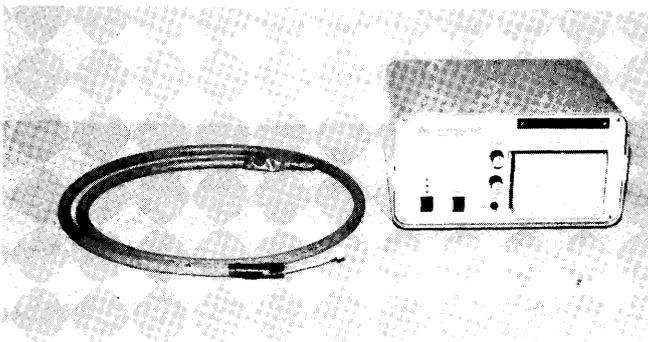


Abb. 1: Das transportable Ösophagusdruckmeßgerät „Pneumograph“ einschließlich Ösophagussonde und Verbindungsschlauch.

pneumatischen Übertragung von Druckunterschieden in der Druckkammer dient. In der Abb. 2 ist das vordere Ende der Ösophagussonde schematisch dargestellt.

Am hinteren Ende der Sonde ragt der dünnlumige Innenschlauch etwa 5 cm heraus, sein Ende ist mit einem Schraubverschluß versehen. Mit einem dünnlumigen Schlauch von 200 cm Länge wird die Ösophagussonde mit dem Pneumographen verbunden.

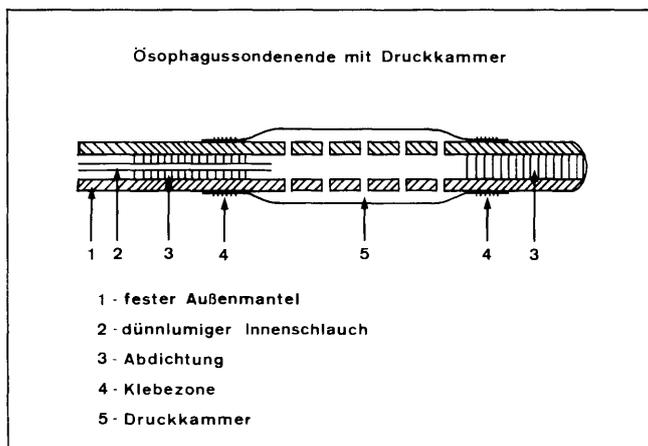


Abb. 2: Schematischer Längsschnitt durch das vordere Ende der Ösophagussonde.

Durchführung der Ösophagusdruckmessung

Die Untersuchung kann prinzipiell an jedem Ort mit einer 220-V-Wechselstromversorgung durchgeführt werden, wobei sich die eigene Boxe des Probanden am besten eignet.

Zur Ermittlung der korrekten Lage der Sondenspitze wird die Sonde seitlich an das Pferd im Verlauf des ventralen Nasenganges und des Ösophagus angehalten, so daß die Sondenspitze im Bereich der Herzbasis liegt (Abb. 3).

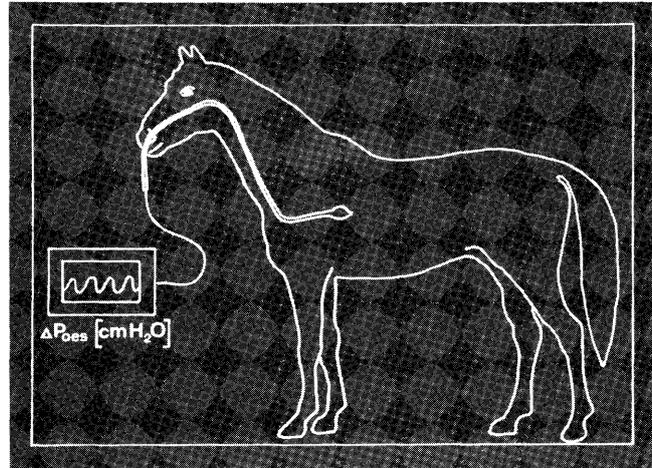


Abb. 3: Schematische Darstellung der Ösophagusdruckmessung.

Die Ösophagussonde wird gleitfähig gemacht und entsprechend einer Nasenschlundsonde via ventralen Nasengang und Pharynx in den Schlund bis zu der zuvor ermittelten Länge vorgeschoben. Eine Hilfsperson fixiert die Ösophagussonde mit zwei Fingern am Nasenflügel (Abb. 4). Falls eine Nasenbremse zum Einführen der Sonde angelegt wurde, sollte diese nun abgenommen werden. Der Proband darf zur Vermeidung einer signifikanten Beeinflussung der Lungenfunktion nicht sediert werden (Reitemeyer et al., 1986).

Die Ösophagussonde wird mittels Verbindungsschlauch (Abb. 1) mit dem Druckmeßgerät verbunden. Die Beobachtung der Leuchtdiodenanzeige ermöglicht die Wahl des günstigsten Druckmeßbereiches vor dem Einschalten des Papiervorschubes. Gegebenenfalls kann die Nulllinie des Gerätes mittels Drehknopf verschoben werden. Dann wird der kleinere Vorschub (2 mm/s) eingeschaltet und der Ösophagusdruck über eine Zeitdauer von etwa 10 Minuten aufgezeichnet. Bei gleichmäßiger Atmung kann der Vorschub für einige Atemzüge auf 10 mm/s umgestellt werden, um zusätzlich den Atemzeitquotienten und den Ösophagusdruckverlauf bestimmen zu können.

Zahlreiche Pferde zeigen in den ersten Minuten der Messung reduzierte Ösophagusdruckschwankungen. Die maßgeblichen Werte sind die nach einigen Minuten auftretenden höheren Druckschwankungen. Dann ist nämlich das bei Meßbeginn aufregungsbedingt ausgeschüttete Adrenalin metabolisiert, der Proband wird ruhiger, und die Atmung entspricht seiner Normalatmung (Deegen und Klein, 1986). Allerdings zeigen einige Pferde auch später im Verlauf der Messung zunehmende Nervosität, meistens mit einer Verminderung der Ösophagusdruckschwankungen

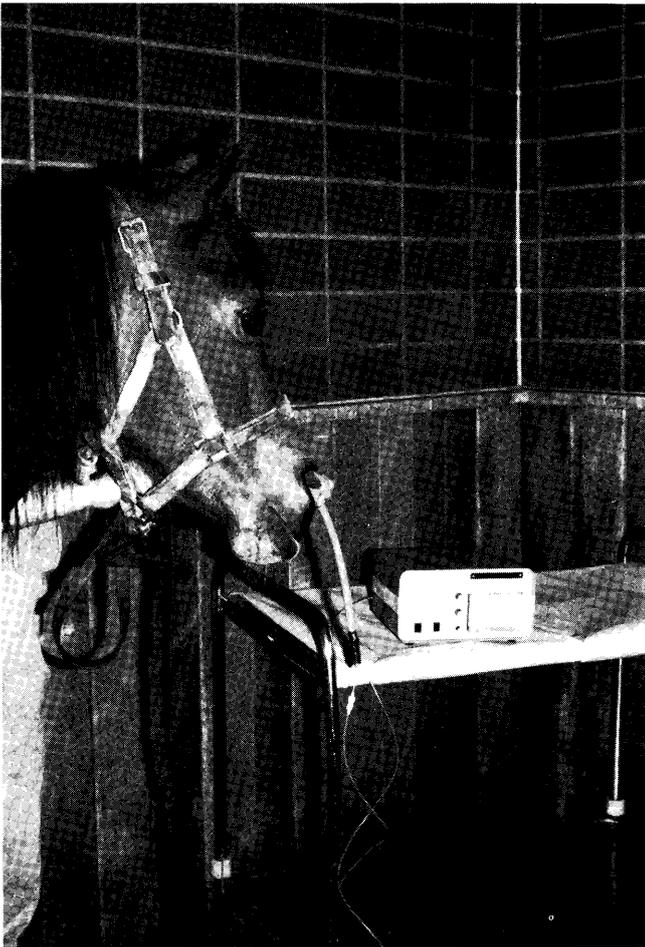


Abb. 4: Die Ösophagusdruckmessung mit dem „Pneumograph“ in einer Box. Die Hilfsperson fixiert die Ösophagussonde mit zwei Fingern am Nasenflügel.

verbunden. In allen Fällen ist diejenige Druckregistrierung auszuwerten, bei der das Pferd am ruhigsten und ohne offensichtliche Nervosität geatmet hat. Nach Beendigung der Meßwertaufnahme und Entnahme der nun vom Gerät abgekoppelten Sonde wird der Eichknopf bei weiterhin eingeschaltetem Papiervorschub mehrmals 1 Sekunde lang gedrückt, um später die Druckschwankungen an Hand der Eichzacken auswerten zu können. Falls der Schreibzeiger während der Eichung an der oberen Begrenzung anschlägt, wird die Nulllinie mittels Drehknopf verschoben, so daß der Eichausschlag vollständig registriert werden kann.

Auswertung der Ösophagusdruckmessung

Der diagnostisch bedeutsamste Parameter der indirekten Interpleuraldruckmessung mittels Ösophagusdruckregistrierung ist die maximale interpleurale Druckdifferenz (ΔP_{plmax}). Es ist die Druckdifferenz zwischen maximaler Inspiration (niedrigster Druck) und maximaler Expiration (höchster Druck).

Zur Ermittlung der ΔP_{plmax} werden die maximalen Zeigerausschläge von 5 bis 10 Atemzügen in einer Phase gleichmäßiger und ruhiger Atmung ausgemessen und gemittelt. Die meisten Probanden atmen 5 bis 10 Minuten

nach Meßbeginn am ruhigsten und gleichmäßigsten. Außerdem wird der Zeigerausschlag der Eichung (5 cmH₂O) ausgemessen. Die ΔP_{plmax} wird nun folgendermaßen berechnet:

$$\Delta P_{plmax} (\text{cmH}_2\text{O}) = \frac{2 (\text{cmH}_2\text{O}) * \text{mittl. max. Zeigerausschlag (mm)}}{\text{Eichausschlag (mm)}}$$

Da die ΔP_{plmax} unter anderem von der Atemfrequenz abhängt, sollte in dem für die Ermittlung der ΔP_{plmax} gewählten Zeitabschnitt auch die Atemfrequenz ermittelt werden.

Bei den mit 10 mm/s registrierten Atemzügen können zusätzlich der expiratorische Druckverlauf und der Atemzeitquotient beurteilt werden. Der Atemzeitquotient ist als Verhältnis von Expirations- zu Inspirationsdauer definiert, er entspricht also dem Verhältnis vom ansteigenden zum fallenden Ösophagusdruck während eines Atemzuges (vgl. Klein und Deegen, 1987).

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden an 71 Pferden durchgeführt, davon waren 28 Hannoveraner, und die übrigen Pferde entstammten den anderen deutschen Warmblutzuchten. Das Alter der Probanden lag zwischen 1 und 18 Jahren bei einem Mittel von 9 Jahren, es waren 36 Stuten, 5 Hengste und 30 Wallache. Die Pferde standen auf einer Stroheinstreu, die Futterration bestand aus Heu und Hafer. Die Tiere befanden sich nicht unter dem Einfluß respiratorisch wirksamer Medikamente.

Nach einer klinischen, tracheobronchoskopischen und blutgasanalytischen Untersuchung erfolgte die Einteilung in drei Gruppen:

Gruppe A: Lungengesunde Pferde (n = 25)

- Auskultation und Perkussion ohne besonderen Befund
- keine besonderen Befunde bei der Tracheobronchoskopie
- normale arterielle Blutgaswerte
- keine Leistungsminderung
- keine Anzeichen einer Ruhedyspnoe

Gruppe B: Pferde mit geringgradiger COB (n = 38)

- krankhafte Befunde bei der Auskultation und/oder Perkussion
- geringgradige Veränderungen bei der Tracheobronchoskopie
- normale oder geringgradige veränderte arterielle Blutgaswerte
- keine oder geringgradige Leistungsminderung
- keine Anzeichen einer Ruhedyspnoe

Gruppe C: Pferde mit hochgradiger COB (n = 8)

- krankhafte Befunde bei der Auskultation und Perkussion
- hochgradige Veränderungen bei der Tracheobronchoskopie
- reduzierter P_aO₂ und evtl. erhöhter P_aCO₂

- deutliche Leistungsminderung
- Ruhedyspnoe

Die Registrierung des Ösophagusdruckes und die Berechnung der ΔP_{plmax} erfolgte in der vorher beschriebenen Weise. Bei 20 Pferden mit einer COB wurde ein Bronchospasmodolysetest durchgeführt. Dazu erfolgte nach etwa 15minütiger Ösophagusdruckregistrierung die intravenöse Applikation von Clenbuterol (Ventipulmin®, Boehringer Ingelheim) in der empfohlenen Dosierung von $0,8 \mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht, wonach der Ösophagusdruck weitere 15 Minuten aufgezeichnet wurde.

Die Auswirkung einer Haltungsverbesserung auf die ΔP_{plmax} wurde an 10 Pferden mit einer COB geprüft. Unmittelbar nach der Druckmessung wurde die Strohhägen gegen eine Torfeinstreu ausgetauscht, und die Tiere bekamen statt Heu von nun an Heupellets zu fressen. 3 bis 6 Tage später erfolgte eine erneute Ösophagusdruckmessung in der schon beschriebenen Weise.

Bei 22 Pferden wurde die Wirkung der Nasenbremse auf die ΔP_{plmax} getestet. Nach einer etwa 10minütigen Registrierung des Ösophagusdruckes wurde den Probanden eine Nasenbremse aufgesetzt und der Ösophagusdruckverlauf weitere 5 Minuten lang aufgezeichnet.

Statistische Auswertung

Nach Berechnung der ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen für jede der 3 Gruppen fand die Prüfung der Mittelwertdifferenzen jeweils zur Gruppe A (lungengesunde Pferde) auf statistische Signifikanz mittels Student's-t-Test für ungepaarte Stichproben statt. Außerdem wurden die Atemfrequenz-Mittelwerte und Standardabweichungen für jede der 3 Gruppen berechnet.

Der ΔP_{plmax} -Mittelwert der Pferde, die einem Bronchospasmodolysetest unterzogen wurden, wurde mittels Student's-t-Test für gepaarte Stichproben mit dem ΔP_{plmax} -Mittelwert 15 Minuten nach Clenbuterol-Applikation verglichen. Ebenso wurde der statistische Vergleich des ΔP_{plmax} -Mittelwertes der Pferde, bei denen der Effekt einer Haltungsverbesserung untersucht wurde, mit dem Mittelwert derselben Pferde nach der Haltungsverbesserung durchgeführt. Die Differenzen der Mittelwerte und die Korrelation der ΔP_{plmax} -Werte vor und nach Anlegen einer Nasenbremse wurden für die diesbezüglich untersuchten Pferde berechnet.

Ergebnisse

Die ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen der 3 Gruppen sind in Tab. 1 und Abb. 5 wiedergegeben. Die lungengesunden Pferde (Gruppe A) wiesen einen ΔP_{plmax} -Mittelwert von $2,8 \pm 0,6 \text{ cmH}_2\text{O}$ auf. Die Pferde mit geringgradiger COB (Gruppe B) hatten erhöhte ΔP_{plmax} -Werte mit einem Mittelwert von $4,7 \pm 2,5 \text{ cmH}_2\text{O}$, der Unterschied zu den lungengesunden Pferden ist statistisch signifikant ($p < 0,01$).

Ebenfalls signifikant erhöhte ΔP_{plmax} -Werte ($p < 0,01$) wiesen die Pferde mit hochgradiger COB (Gruppe C) auf, der ΔP_{plmax} -Mittelwert dieser Gruppe betrug $20,9 \pm 11,0$

	ΔP_{plmax}		Min	Max	Signifikanz
	x	s			
Gruppe A (lungengesund)	2,8	0,6	1,8	4,1	—
Gruppe B (geringgradige COB)	4,7	2,5	1,6	16,7	**
Gruppe C (hochgradige COB)	20,9	11,0	8,3	38,8	**

Tab. 1: Die Gruppenmittelwerte (x), Standardabweichungen (s), Minima und Maxima einschließlich der Signifikanzstufen (alle Angaben in cmH_2O) (** $\pm p > 0,01$).

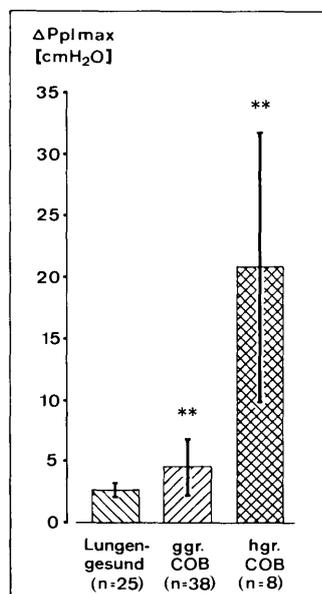


Abb. 5: Die ΔP_{plmax} -Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Signifikanzstufen der Gruppen 1 bis 3.

cmH_2O . Ösophagusdruckverläufe von je einem Probanden aus jeder Gruppe sind in Abb. 6 wiedergegeben.

Die Atemfrequenz-Mittelwerte betragen für die Gruppe A

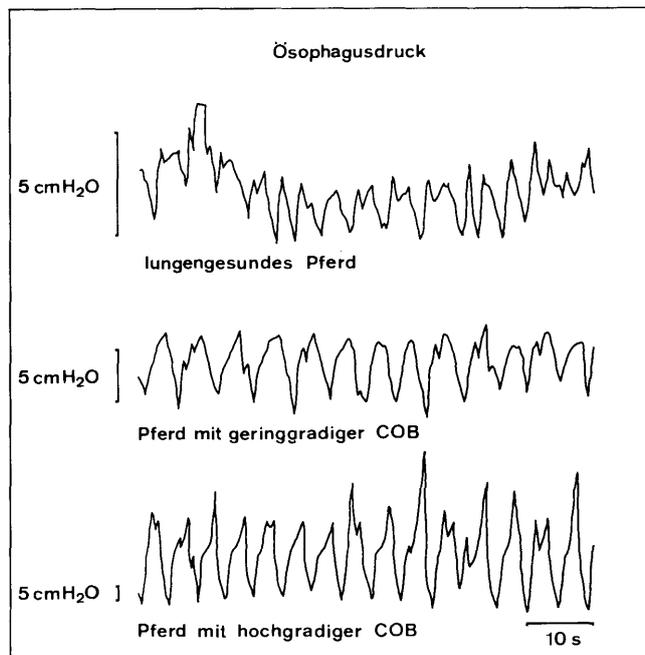


Abb. 6: Ösophagusdruckverläufe eines lungengesunden Pferdes, eines Pferdes mit geringgradiger COB und eines Pferdes mit hochgradiger COB. Dabei ist die Registrierung in unterschiedlichen Meßbereichen zu beachten.

(lungengesunde Pferde) $15,9 \pm 7,9$ Atemzüge pro Minute, für die Gruppe B (Pferde mit geringgradiger COB) $18,6 \pm 8,8$ Atemzüge pro Minute und für die Gruppe C (Pferde mit hochgradiger COB) $19,0 \pm 8,0$ Atemzüge pro Minute. Im Rahmen der Bronchospasmodysetests verringerte sich der ΔP_{plmax} -Mittelwert statistisch signifikant ($p < 0,01$) von $9,2 \pm 7,6$ cmH₂O auf $7,7 \pm 6,5$ cmH₂O (Tab. 2 und Abb. 7). Die getesteten Pferde lassen sich in eine Gruppe

Pferd	ΔP_{plmax}		Veränderung	Testergebnis
	in Ruhe	nach Clenbuterol		
B 2	3,0	2,2	- 26,7%	positiv
B 3	3,3	3,5	+ 6,1%	negativ
B 4	3,4	3,8	+ 11,8%	negativ
B 5	3,8	3,8	± 0 %	negativ
B 6	5,0	4,5	- 10,0%	negativ
B 7	5,8	4,9	- 15,5%	negativ
B 8	6,0	3,8	- 36,7%	positiv
B 10	7,8	5,2	- 33,3%	positiv
B 11	16,7	13,9	- 16,7%	positiv
B 15	5,8	4,9	- 15,5%	positiv
B 21	3,6	3,3	- 8,3%	negativ
B 22	4,4	4,4	± 0 %	negativ
B 34	7,9	5,0	- 36,7%	positiv
B 35	6,1	3,5	- 42,6%	positiv
B 38	6,5	7,2	+ 10,8%	negativ
C 1	8,3	6,1	- 26,5%	positiv
C 2	16,7	17,8	+ 6,6%	negativ
C 3	30,0	23,0	- 23,3%	positiv
C 6	25,9	22,9	- 11,6%	negativ
C 8	13,0	10,1	- 22,3%	positiv
x	9,2	7,7	- 14,5%	
s	7,6	6,5	16,6	

Tab. 2: Die ΔP_{plmax} -Werte von 20 Pferden mit COB in Ruhe und 15 Minuten nach intravenöser Applikation von 0,8 µg Clenbuterol/kg Körpergewicht (Angaben in cmH₂O), die Veränderung der ΔP_{plmax} in Prozent und die Beurteilung des Testergebnisses.

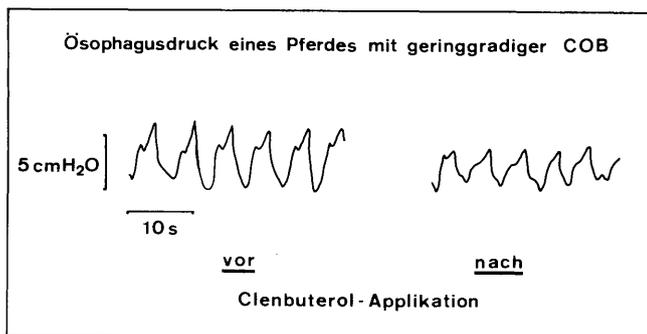


Abb. 7: Ösophagusdruckverlauf eines Pferdes mit positivem Bronchospasmodysetest bei Ruheatmung und 15 Minuten nach Clenbuterol-Applikation.

mit positivem Bronchospasmodysetest und in eine Gruppe mit negativem Testergebnis einteilen. Dabei wurde der Bronchospasmodysetest bei einer Verminderung der ΔP_{plmax} um mindestens 15 Prozent als positiv gewertet. Der Test fiel bei 11 von 20 Pferden positiv aus.

Die 10 nach einer Haltungsverbesserung erneut getesteten Pferde reagierten auf die Haltungsverbesserung mit einer signifikanten Abnahme des ΔP_{plmax} -Mittelwertes von $16,9 \pm 11,4$ auf $7,4 \pm 5,5$ cm H₂O (vgl. Tab. 3 und Abb. 8). Bei 22 untersuchten Pferden wurde der Einfluß der Nasenbremse auf die ΔP_{plmax} geprüft. Die ΔP_{plmax} -Mittelwer-

Pferd	ΔP_{plmax}		Abstand	Veränderung
	Periode I	Periode II		
B 11	16,7	5,4	4	- 67,7%
B 34	7,9	2,9	4	- 63,3%
B 37	5,0	4,0	4	- 20,0%
B 38	6,5	5,0	3	- 23,1%
C 1	8,3	4,4	5	- 47,0%
C 2	16,7	4,2	4	- 68,9%
C 3	26,3	5,3	5	- 79,9%
C 4	30,0	20,0	4	- 33,3%
C 5	38,8	14,6	6	- 62,4%
C 8	13,0	7,2	4	- 44,6%
x	16,9	7,4	4,3	- 51,0%
s	11,4	5,5	1,2	20,6%

Tab. 3: Die ΔP_{plmax} -Werte (Angaben in cmH₂O) von 10 Pferden mit COB während einer Haltung mit Stroheinstreu und Heufütterung (Periode I) und nach einer Haltungsverbesserung mit Torfeinstreu und Heupelletfütterung (Periode II), der Abstand der Messungen in Tagen und die Veränderung der ΔP_{plmax} in Prozent.

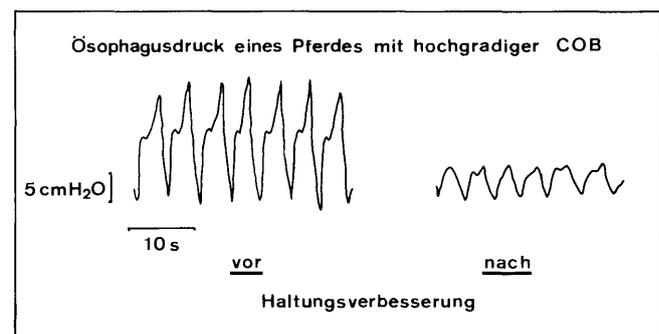


Abb. 8: Ösophagusdruckverlauf eines Pferdes vor und 4 Tage nach einer Haltungsverbesserung.

te vor und nach Anlegen einer Nasenbremse betragen jeweils 8,6 cmH₂O, wobei die Werte hochsignifikant korrelierten ($r = 0,997$).

Diskussion

Die Messung des Ösophagusdruckes beim Pferd mit einem transportablen Ösophagusdruckmeßgerät ist unter Praxisbedingungen durchführbar. Dazu darf der Proband wegen einer sonst möglichen Beeinflussung der Lungenfunktion nicht sediert werden. Zum Einführen der Ösophagussonde kann eine Nasenbremse angelegt werden, die nach korrekter Platzierung der Sonde zunächst abgenommen werden sollte. Die Widersetzlichkeit der Probanden bei der Ösophagusdruckmessung entspricht der Widersetzlichkeit beim Gebrauch der Nasenschlundsonde.

Probleme bei der Ösophagusdruckmessung bereiten neben der schon erwähnten Widersetzlichkeit einzelner Pferde häufiges Schlucken, rasche Wechsel der Atemlagen, ungleichmäßiges Atmen und deutlich gesteigerte Atemfrequenzen während der Druckmessung. In Abb. 9 ist der Druckverlauf eines häufig während der Meßwertaufnahme schluckenden Pferdes dargestellt. Der Druck im Ösophagus steigt während des Schluckaktes über den Meßbereich hinaus. Bei schnellen Wechseln der Atemlagen begibt sich der Druck jeweils aus dem eingestellten Meßbereich. Ungleichmäßiges Atmen resultiert bei einzelnen Pferden in

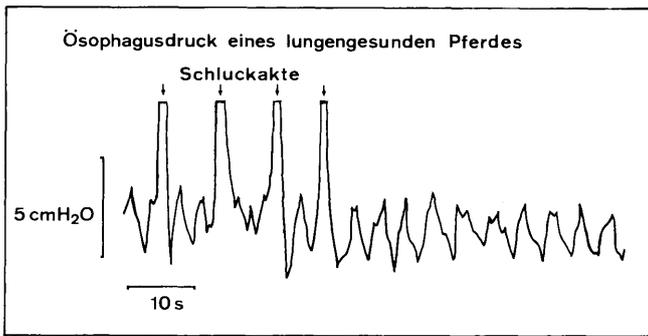


Abb. 9: Der Ösophagusdruckverlauf eines lungengesunden Pferdes mit Schluckakten in kurzen Zeitabständen; Papiervorschub 2 mm/s.

Veränderungen der ΔP_{plmax} bis zu einem Vielfachen des absoluten Wertes. In solchen Fällen sollten nur die Abschnitte der Druckregistrierung ausgewertet werden, bei denen das Pferd ruhig und gleichmäßig geatmet hat. In Einzelfällen kann die Ösophagusdruckmessung wegen besonders ungleichmäßiger Atmung nicht ausgewertet werden. Liegt die Atemfrequenz während der Meßwertaufnahme weit oberhalb der Ruheatemfrequenz des Probanden, so resultiert daraus eine deutlich kleinere ΔP_{plmax} als bei Ruheatmung. In diesen Fällen könnte die Lungenfunktion falsch positiv beurteilt werden.

Die genannten Schwierigkeiten treten jedoch nur bei einer kleinen Zahl der Probanden auf. Außerdem beschränken sich diese Abweichungen von der Ruheatmung auf die Pferde mit physiologischer oder nur geringgradig pathologisch veränderter Lungenfunktion. Pferde mit deutlich pathologischer Lungenfunktion können aufgrund ihrer angestrengteren Atmung kaum von ihrer Ruheatmung abweichen, und die Ösophagusdruckaufzeichnung kann deshalb problemlos ausgewertet werden.

Den Pferden mit sehr unregelmäßigen Druckverläufen kann zur Druckregistrierung eine Nasenbremse angelegt werden. Bei vielen Probanden führt dieses zu einer regelmäßigeren Atmung und damit zu besser auswertbaren Druckverlaufskurven. Die Meßergebnisse werden durch die Nasenbremse nicht entscheidend beeinflusst, denn bei 22 Pferden blieb der ΔP_{plmax} -Mittelwert nach Anlegen einer Nasenbremse unverändert, die Werte wiesen mit $r = 0,997$ eine hochsignifikante Korrelation auf ($p < 0,001$).

Literatur

- Boerma, S., Meeus, P., und Sasse, H. H. L. (1986): Intrathoracic Pressure in the Horse. Correlation between Intrapleural and Esophageal Pressures. In: Deegen, E., und Beadle, R. E.: Lung Function and Respiratory Diseases in the Horse. Hippriatrika Verlag, Calw, 49-51.
- Deegen, E., und Klein, H.-J. (1986): On the Variability of Lung Function Measurements in the Horse - A Preliminary Report. In: Deegen, E., und Beadle, R. E.: Lung Function and Respiratory Diseases in the Horse. Hippriatrika Verlag, Calw, 72-73.
- Deegen, E., und Klein, H.-J. (1987): Messung des Ösophagusdruckes zur Beurteilung der Lungenfunktion beim Pferd. VII. Tagung über Pferdekrankheiten, 13. u. 14. März, Essen.
- Denac, M., und Pfister, R. (1981): Der Einfluß des β_2 -Rezeptoren-stimulierenden Sympathikomimetikums Ventipulmin® (NAB-365) auf die Atemmechanik des Pferdes. Tierärztl. Umsch. 36, 188-194.

Die ΔP_{plmax} -Mittelwerte der lungengesunden Pferde liegen mit $2,8 \pm 0,6$ cmH₂O im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Untersucher im unteren Bereich (vgl. Klein und Deegen, 1987). Die relativ niedrigen Werte resultieren möglicherweise auch aus der Tatsache, daß die hier untersuchten Pferde keine Atemmaske zur Erfassung anderer Meßdaten trugen.

Die Pferde mit COB wiesen abhängig vom Erkrankungsgrad eine Erhöhung der ΔP_{plmax} auf, das stimmt mit den Meßergebnissen anderer Autoren überein (Obel und Schmitterlöw, 1948; Spörri und Lehmann, 1964; Gillespie et al., 1966; Gillespie und Tyler, 1969; Spörri, 1971; Sasse, 1973; Meister, 1976; McPherson et al., 1978; Willoughby und McDonnell, 1979; Littlejohn und Bowles, 1980; Thomson und McPherson, 1984; Muylle et al., 1986; Lorenz et al., 1987).

Bronchospasmodietests von 20 Pferden wurden in 11 Fällen als positiv beurteilt, und zwar bei einem Abfall der ΔP_{plmax} um mindestens 15 Prozent. Dabei erfolgte die Beurteilung der Tests schon 15 Minuten nach intravenöser Applikation des Bronchodilatators Clenbuterol, um den Test auch bei ambulanter Untersuchung durchführen zu können. Andere Untersucher beurteilten die Reaktion auf Clenbuterol nach 20 Minuten (Kreime, 1981), 30 bzw. 60 Minuten (Denac und Pfister, 1981) und 3 Stunden (Sasse, 1984) und stellten dabei noch deutlichere Lungenfunktionsverbesserungen im Vergleich zu der vorliegenden Untersuchung fest.

Schon Thomson und McPherson (1984) wiesen an Hand von Interpleuraldruckmessungen signifikante Lungenfunktionsverbesserungen durch eine Haltungsoptimierung der Pferde nach. Die Verbesserung der Haltung führte auch bei den 10 hier untersuchten Pferden mit einer COB zu signifikanten Abnahmen der ΔP_{plmax} -Werte und somit zu Verbesserungen der Lungenfunktion.

Die in der Vergangenheit gemessenen Interpleuraldrücke für lungengesunde Pferde wiesen zum Teil erhebliche Schwankungen auf (Klein und Deegen, 1987). Eine der Ursachen dafür waren die unterschiedlichen Meßmethoden und Ösophagussonden. Die Einführung eines speziellen Druckmeßgerätes einschließlich Ösophagussonde sollte die Vergleichbarkeit der Meßwerte künftig erheblich verbessern.

- Gillespie, J. R., und Tyler, W. S. (1969): Chronic Alveolar Emphysema in the Horse. Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 13, 59-99.
- Gillespie, J. R., Tyler, W. S., und Eberly, V. E. (1966): Pulmonary Ventilation and Resistance in Emphysematous and Control Horses. J. Appl. Physiol. 21, 416-422.
- Klein, H.-J., und Deegen, E. (1987): Die interpleurale Druckmessung - eine Methode zur Beurteilung der Lungenmechanik beim Pferd. Pferdeheilkunde 3, 141-147.
- Kreime, U. (1981): Intraindividuellem Wirksamkeitsvergleich von Atrovent® und Ventipulmin® bei Pferden mit chronisch obstruktiver Bronchitis. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Littlejohn, A., und Bowles, F. (1980): Studies on the Physiopathology of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in the Horse. III. The Intrathoracic Pressure. Onderstepoort J. vet. Res. 47, 193-196.
- Lorenz, V., Deegen, E., und Klein, H.-J. (1987): Einfluß von körperlicher

Belastung auf die Lungenfunktion beim Pferd. Dtsch. tierärztl. Wschr. 94, 165-168.

McPherson, E. A., Lawson, G. H. K., Murphy, J. R., Nicholson, J. M., Fraser, J. A., Breeze, R. G., und Pirie, H. M. (1978): Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD): Identification of Affected Horses. Equine Vet. J. 10, 47-53.

Meister, U. (1976): Atemmechanische Untersuchungen bei gesunden und chronisch lungenkranken Pferden. Bern, Diss.

Muyllé, E., Nuytten, J., Deprez, P., v. d. Hendé, C., und Oyaert, W. (1986): Comparison of Three Methods for the Evaluation of Soundness of Pulmonary Function in Horses. In: Deegen, E., und Beadle, R. E.: Lung Function and Respiratory Diseases in the Horse. Hippatrika Verlag, Calw, 65-66.

Obel, N. J., und Schmitterlöw, C. G. (1948): The Action of Histamine and Other Drugs on the Bronchial Tone in Horses Suffering from Alveolar Emphysema (Heaves). Acta Pharmacol. Toxicol. 38, 200-214.

Reitemeyer, H., Klein, H.-J., und Deegen, E. (1986): The Effect of Sedatives on Lung Function in Horses. Act. Vet. Scand., 82, 111-120.

Sasse, H. H. L. (1973): Lungenfunktionsprüfungen beim Pferd. Tierärztl. Praxis 1, 49-59.

Sasse, H. H. L. (1984): Ein Vergleich des Effektes nach einmaliger parenteraler Gabe von Ventipulmin® oder Euphyllin® auf die Lungenfunktionsprüfung bei an C.O.P.D. erkrankten Pferden. Tierärztl. Umsch. 39, 656-662.

Spörri, H., und Lehmann, W. (1964): Zur Untersuchung der Lungenmechanik bei Großtieren. Schw. Arch. Tierheilk. 106, 699-714.

Thomson, J. R., und McPherson, E. A. (1984): Effects of Environment Control on Pulmonary Function of Horses Affected with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Equine Vet. J. 16, 35-38.

Willoughby, R. A., und McDonnell, W. N. (1979): Pulmonary Function Testing in Horses. Vet. Clin. North Am.: Large Animal Practice 1, 171-196.

Prof. Dr. Eckehard Deegen

Klinik für Pferde

Tierärztliche Hochschule Hannover

Bischofsholer Damm 15

3000 Hannover 1

Kurzreferat

Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über die akute Hufrehe des Pferdes

(Light and Electron Microscopic Investigation of Acute Laminitis in the Horse Hoof)

G. Marks und K.-D. Budras (1987)

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 100, 82-88

Die Untersuchungen wurden an den Gliedmaßen von 14 an Hufrehe erkrankten Pferden durchgeführt. Durch Mi-

kozirkulationsstörungen kommt es in der Lederhaut zu Exsudatbildungen und durch eine Minderversorgung mit keratinogenen Substraten in der Epidermis zu einer Reduktion der onychogenen Filamente in den Germinativzellen. Bereits im akuten Krankheitsstadium kommt es zu einer intensiven Germinativzellproliferation und damit zur Formation umfangreicher keratinogener Zellpopulationen. Elektronenmikroskopisch erkennbar sind Defekte in der Synthese und Aggregation der keratinogenen Filamente und eine Separierung der Desmosomen. Dadurch und durch die entstehenden Hornzellen, die nicht mit den Nachbarzellen verzapft sind, wird der Zellzusammenhalt erheblich gestört. Im erweiterten Interzellularspalt läßt sich vermehrtes „membrane coating material“ von verminderter Qualität nachweisen, wodurch der Hornzell-Zusammenhalt ebenfalls vermindert wird. Sabine Rupp

Kurzreferat

Feststellung von Hinterhandlahmheiten

(Identification of hindleg lameness)

S. A. May und G. Wyn-Jones (1987)

Equine vet. J. 19, 185-188

Für Laien wie Studenten der Tiermedizin ist es oft schwerer, eine Hinterhandlahmheit als eine Vorderhandlahmheit zu erkennen. Sie stellen zwar eine Asymmetrie des Bewegungsablaufes fest, vermögen aber nicht zu sagen, auf welchem Bein das Pferd tatsächlich lahm geht.

Aus diesem Grunde sollen hier zwei Hilfsmethoden zur Identifikation von Hinterhandlahmheiten vorgestellt werden. Dafür wurden 13 Pferde durch gründliche klinische

Untersuchung, die perineurale und intraartikuläre Schmerzausschaltung sowie Röntgen einschloß, ausgewählt. Bei jedem Pferd wurden Markierungspunkte am Tuber coxae angebracht. Anschließend wurden die Pferde im Trab von hinten mit einer Videokamera gefilmt. Bei der Wiedergabe der Aufnahmen in Zeitlupe stellte sich heraus, daß das Tuber coxae des kranken Beines höher angehoben wird als das des gesunden Beines.

Außerdem wurden Hüft- und Kruppenhöhe in der Be- und Entlastungsphase beider Beine für drei aufeinanderfolgende Schritte gemessen. Es ergab sich für jedes Pferd ein typisches Schrittmuster, aus dem ein Durchschnittswert ermittelt und anhand dessen die Lahmheit für das entsprechende Bein erkannt werden konnte. Der Durchschnittswert für das lahme Bein lag niedriger als der des gesunden, da sich der Hüfthöcker des lahmen Beines im Laufe der Schrittfolge mehr erhöhte und absenkte.

Mit diesen beiden Methoden ist es Laien und Ungeübten möglich, auch geringgradige Hinterhandlahmheiten eindeutig zu erkennen. Anette Grammel