

Zur Optimierung der Aufnahmetechnik von Röntgenaufnahmen der Lunge beim Pferd

Monica Venner, E. Deegen, P. Stadler und Dörte Döpfer

Klinik für Pferde der tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Die röntgenologische Lungenuntersuchung wird beim erwachsenen Pferd seit den dreißiger Jahren durchgeführt (Bolz 1936). Bis heute hat sich die Aufnahmetechnik kontinuierlich verbessert. Die aktuellen leistungsstarken Röntgengeräte und deren adäquate Einstellung ermöglichen es, Thoraxaufnahmen zu erzielen, die dem Kliniker eine bedeutende Hilfe für eine genauere Einschätzung der Natur und der Ausdehnung einer Lungenerkrankung sind.

Es werden heutzutage Sechspulsgeneratoren (Münzer 1979) oder häufiger Zwölfpulsgeneratoren (Kängström 1968; King et al. 1981; Feeney et al. 1982) eingesetzt. Oft sind Röntgenröhre und Kassettenhalterung an Deckenstative fixiert und dadurch in den drei Richtungen des Raumes beweglich.

Die Anwendung von einem Streustrahlenraster verbessert die Bildqualität so entscheidend, daß dieses Hilfsmittel heute grundsätzlich verwendet wird (Kängström 1968; Münzer 1979; Farrow 1981; Feeney et al. 1982; Pascoe et al. 1983). In den großen Kassetten (40 x 40 cm" oder 35 x 35 cm") werden grundsätzlich hochverstärkende Folien aus seltenen Erden und schnelle Filme eingelegt, so daß die Empfindlichkeit des Systems zwischen 200 und 800 liegt (Kängström 1968; Farrow 1981; Feeney et al. 1982; Pascoe et al. 1983; Klein et al. 1990).

Die Einstellung der Geräte bezieht sich auf die Strahlenwerte und den Film-Fokus-Abstand. Wie in der Humanmedizin wird eine hohe Aufnahmespannung (über 90 kV) eingestellt. Sie ermöglicht es, Details der Lungenperipherie durch die Rippen zu erkennen (Newell und Garneau 1951; Spiegeler 1957; Lynch 1965; Krieg 1972; Felix und Ramm 1988) und die Bewegungsunschärfe durch eine kurze Belichtungszeit (0,01 bis 0,06 s) zu reduzieren (Mattsson 1956; Stieve 1964). Ein Film-Fokus-Abstand von 150 bis 200 cm bewirkt einen minimalen Vergrößerungseffekt (Bohlig 1976) und ist so auch beim erwachsenen Pferd üblich (McDonnell et al. 1979; Münzer 1979; Feeney et al. 1982; Klein et al. 1990).

Zusammenfassung

Bei 15 Pferden ohne Hinweis auf eine Atemwegserkrankung wurden standardisierte Röntgenaufnahmen der Lunge angefertigt. Das Alter der Pferde betrug 1,5 bis 7 Jahre. Die Probanden gehörten unterschiedlichen Gewichtsklassen an, das Körpergewicht lag zwischen 280 kg und 720 kg. Bei allen Pferden wurden folgende Körpermaße festgehalten: Widerristhöhe (Stockmaß), Thoraxdurchmesser, Thoraxumfang und Brustwanddicke. Die Messungen erfolgten an jeweils zwei Thoraxregionen. Die Brustwanddicke wurde durch Ultraschalluntersuchung ermittelt.

Bei jedem Pferd wurden drei latero-laterale Aufnahmen an je zwei Thoraxabschnitten angefertigt. Bei der Aufnahmetechnik wurde lediglich die Strahlendosis (mAs-Wert) individuell zur Körpergröße des Pferdes verändert. Alle anderen Einstellungen wie Film-Folien-Kombination (hier betrug die Empfindlichkeit des Systems 400), Aufnahmespannung (125 kV), Film-Fokus-Abstand (FFA = 150 cm), Strahlengang und Atemphase (Ende der Inspiration) wurden konstant gehalten. Somit wurden für jedes Pferd für jeden kaudoventralen und kaudodorsalen Lungenabschnitt je drei Lungenaufnahmen mit drei unterschiedlichen mAs-Werte angefertigt. Jede Röntgenaufnahme wurde nach einem einheitlichen Protokoll beurteilt und zensiert. Es wurde auf die Detaillierbarkeit und Schärfe der abgebildeten Strukturen geachtet. Aus dem Gesamtergebnis der Bewertung konnten „optimal“ belichtete Lungenaufnahmen ausgewählt werden. Bei diesen „optimal“ belichteten Lungenaufnahmen wurde mit einem Densitometer die optische Dichte an je zwei vorgegebenen Punkten gemessen und mit Ergebnissen humanmedizinischer Untersuchungen verglichen.

Anschließend wurde mittels statistischer Verfahren die Beziehung zwischen den ermittelten Körpermaßen und den „optimalen“ mAs-Werten der Aufnahmen untersucht. Dabei wurde ermittelt, daß für die kaudoventrale Aufnahme der optimale mAs-Wert mit dem Thoraxumfang hinter dem Ellenbogen korreliert und für die kaudodorsale Aufnahme der optimale mAs-Wert mit dem Körpergewicht korreliert.

Schlüsselwörter: Pferd, Röntgen, Lunge, Aufnahmetechnik

Investigations to optimize the technique in the radiological examination of the lung of the adult horse

Investigations to optimize the technique in the radiological examination of the lung of the adult horse

Standardised X-rays of lungs of 15 horses which did not show any signs of pulmonary disease were made. The horses were between 1,5 and 7 years of age. Their weight ranged from 280 kg to 720 kg. In all these horses the following measurements were taken: height at the garrot, diameter of the thorax, circumference of the thorax and thickness of the thoracic wall. The measurements of the thorax were taken from two different locations. The thickness of the thoracic wall was measured by means of sonography.

The latero-lateral X-rays were taken on two regions of the thorax of every horse: the caudo-ventral and the caudo-dorsal region. For each picture the mAs-value was individually chosen in relation to the size of the horse. All other instrumental settings like kV-value (here 125 kV), film-focus-distance (150 cm), beam direction, and phase of respiration (end of inspiration) were held constant. For each horse three X-rays were taken with different mAs-values for the caudoventral and the caudodorsal region of the thorax.

The quality of each X-ray picture was estimated by a standard procedure: the details and the sharpness of the structures were evaluated and the best X-ray picture made was selected for further analysis.

The optical density of two areas of these selected pictures was measured with a densitometer and compared with values of investigations on human patients.

Finally the relationship between parameters of bodysize and optimal mAs-value of the best pictures was statistically determined.

keywords: equine, radiographic technique, lung

Die Atemphase, in der Lungenaufnahmen belichtet werden sollten, ist die tiefe Inspiration (Felson 1973; Bohlig 1976; Stender 1990). So werden auch beim Pferd die Röntgenfilme am Ende der Inspiration belichtet (Bolz 1936; King 1980; Sanderson und O'Callaghan 1983).

Diese technischen Einstellungen sind die Voraussetzung, um Aufnahmen einer guten Qualität zu erzielen. Individuelle körpereigene Parameter beeinflussen jedoch auch die Qualität der Lungenaufnahmen und erfordern deshalb eine individuell angepasste Strahlendosis. Es liegen zur Zeit keine Untersuchungen vor, die unter Berücksichtigung der Körpermaße der Pferde zu optimalen Röntgenaufnahmen der Lunge führen. Es ist deshalb Ziel dieser Arbeit, eine standardisierte Aufnahmetechnik für die latero-laterale Lungenaufnahme beim erwachsenen Pferd vorzustellen.

Material und Methodik

Probandengut

Es wurden nur klinisch lungengesunde Pferde untersucht, um jede unphysiologische Verdichtung des Lungengewebes zu vermeiden. 15 Pferde im Alter von 1,5 bis 7 Jahre wur-

Tab. 1: Alter, Geschlecht, Rasse und Einstellungsgrund der Probanden

Age, sex, breed and disease.

Pro-band	Alter	Geschlecht	Rasse	Einstellungsgrund
1	5 J.	Wallach	Warmblut	Leistungsschwäche
2	5 J.	Stute	Warmblut	Leistungsschwäche
3	3 J.	Hengst	Vollblut	Verletzung
4	4 J.	Wallach	Warmblut	Kolik
5	7 J.	Hengst	Warmblut	Fesselbeinfraktur
6	5 J.	Stute	Warmblut	Leistungsschwäche
7	1,5 J.	Hengst	Warmblut	Verletzung
8	4 J.	Wallach	Warmblut	Arthroskopie
9	4 J.	Hengst	Traber	Subepiglottiszyste
10	7 J.	Hengst	Warmblut	Leistungsschwäche
11	7 J.	Wallach	Warmblut	Hornspalt
12	1,5 J.	Hengst	Friese	Verletzung
13	1,5 J.	Stute	Friese	Hornsäule
14	2 J.	Wallach	Warmblut	Kiefernhöhlenver-eiterung
15	1,5 J.	Stute	Warmblut	Abmagerung

den ausgewählt (Tab. 1). Sie sollten laut Vorbericht nicht an Lungenerkrankungen leiden. Außerdem durften die Probanden bei der klinischen, endoskopischen und blutgasanalytischen Untersuchung nicht durch pathologische Befunde auffallen.

Von jedem Probanden wurden acht Körpermaße definiert: das Stockmaß am Widerrist, das Gewicht, der Thoraxumfang auf Höhe des Ellenbogens und der 11. Rippe, der Thoraxdurchmesser auf Höhe des Ellenbogens und der 11.

Tab. 2: Körpermaße der Probanden

Body measurements

Pro band	Höhe (cm)	Kgw (kg)	TU1 (cm)	TU2 (cm)	TD1 (cm)	TD2 (cm)	BWD1 (mm)	BWD2 (mm)
1	167	570	191	204	53	62	109	80
2	151	442	179	193	47	61	79	54
3	164	410	170	174	39	46	62	35
4	162	460	181	197	41	57	65	58
5	169	620	192	217	52	67	85	53
6	166	555	190	207	53	64	85	58
7	144	365	163	183	38	54	69	38
8	162	620	193	211	47	62	102	76
9	153	435	174	186	42	55	68	50
10	165	480	184	196	49	56	80	70
11	174	720	213	231	55	72	128	88
12	145	360	163	179	45	55	46	32
13	135	365	166	183	38	52	71	41
14	161	495	190	201	46	54	90	55
15	150	280	161	167	39	46	41	28

Kgw: Körpergewicht

TU1: Thoraxumfang auf Höhe des Ellbogens

TU2: Thoraxumfang auf Höhe der 11. Rippe

TD1: Thoraxdurchmesser auf Höhe des Ellbogens

TD2: Thoraxdurchmesser auf Höhe der 11. Rippe

BWD1: Brustwanddicke im 7. Interkostalraum auf Höhe des Buggelenks

BWD2: Brustwanddicke im 11. Interkostalraum auf Höhe des Sitzbeinhöckers

Kgw: body weight

TU1: circumference of the thorax just behind the elbow

TU2: circumference of the thorax at the 11. rib

TD1: diameter of the thorax just behind the elbow

TD2: diameter of the thorax at the 11. rib

BWD1: thickness of the thoracic wall in the 7. intercostal space at the height of the shoulder

BWD2: thickness of the thoracic wall in the 11. intercostal space at the height of the ischium

Rippe, die Brustwanddicke (sonographisch ermittelt) im 5. Interkostalraum auf Höhe des Buggelenkes und im 11. Interkostalraum auf Höhe des Sitzbeinhöckers (Tab. 2). Die Patienten sollten keine Homogenität der Körpermaße aufweisen, so daß alle Körpergrößen in der Bestimmung der optimalen Röntgenstrahlen berücksichtigt werden.

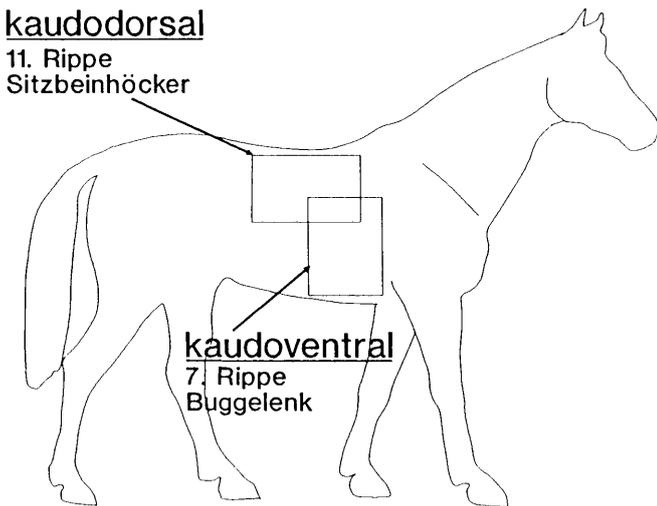
Durchführung der Untersuchung

Die Röntgenanlage bestand aus dem Zwölfpulsgenerator MAXIMUS CM 120 der Fa. Philips und einer Hochlei-

stungsröhre (Typ SRM 35100-500-10-X ROTALIX) der selben Firma. Im Röntgenraum befanden sich zwei Säulenstative, an die die Röhre und die Kassettenhalterung fixiert

kaudodorsal

11. Rippe
Sitzbeinhöcker



kaudoventral

7. Rippe
Buggelenk

Abb. 1: Position des Zentralstrahls bei der kaudodorsalen und der caudoventralen Aufnahme

Position of the center of the x-ray beam in the caudodorsal and the caudoventral picture

waren und die so eingestellt werden konnten, daß der Strahlenkegel senkrecht die Röntgenkassette traf. Die Röntgenkassette war 30 x 40 cm groß und enthielt ein Streustrahlenraster der Fa. Dupont (40 Bleilamellen pro cm und Schachtverhältnis 8:1). Es wurden die Folien

Tab. 3: Umrechnungstabelle von Strahlendosis (mAs) in Belichtungspunkte (BP) nach Hoxter und Schenz (1991)

Table of correlation between mAs and the level of exposure (BP) (Hoxter und Schenz 1991)

mAs	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	32	40	50	60	83	100
BP	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Quanta III und der Film Cronex 10 derselben Firma benutzt. Die Empfindlichkeit des Systemes lag bei 400. Die Filme wurden durch ein automatisches und standardisiertes Verfahren entwickelt (Entwicklungsmaschine Typ CURIX 242 S, Fa. AGFA). Anschließend wurden sie auf dem Bildbetrachtungsgerät des Modells DV der Fa. Philips bewertet. Es war 145 x 43 cm groß und besaß vier Umfeldblenden.

Da Aufnahmen guter Qualität das Ziel waren, sollten verschiedene Röntgenbilder eines Pferdes und der Probanden untereinander verglichen werden können. Dieses ist nur möglich, wenn der Unterschied in der Qualität der Röntgenbilder allein probandenabhängig ist. Aus diesem Grunde mußte die Einstellung der Geräte standardisiert werden. Alle Pferde wurden im Stehen geröntgt mit der linken Körperseite kassettennah. Der Film-Fokus-Abstand betrug 150 cm. Es wurden zwei der vier Routineaufnahmen angefertigt nämlich die Aufnahmen der Regionen „kaudodorsal“ und „kaudoventral“ (Abb. 1).

Grundsätzlich wurde die Hartstrahltechnik eingesetzt. Die Aufnahmespannung wurde bei 125 kV für die schmalen und gut ernährten Pferde und bei 140 kV für die sehr gut ernährten (über 560 kg) Probanden fixiert.

Die Belichtungszeit lag unter 0,1 s. Die Röntgenbilder wurden am Ende der Inspiration belichtet. Dies ist mit etwas Übung beim erwachsenen Pferd gut durchführbar.

Als einzige Variable in der Aufnahmetechnik wurde der mAs-Wert variiert. Drei Strahlendosiswerte wurden für jeden der zwei Lungenbereiche eingestellt. Der erste Wert wurde anhand der klinikeigenen Belichtungstabelle gewählt. Dann wurde die Schwärzung dieser ersten Aufnahme geschätzt und anschließend weitere mAs-Werte eingegeben, so daß zum Schluß eine Aufnahme gut, eine leicht über- und die dritte leicht unterbelichtet entstand. Zur Einstellung der mAs-Werte, die zu den über- bzw. unterbelichteten Aufnahmen führten, wurde eine Punkttabelle benutzt (Tab. 3). Dabei wurde so verfahren, daß zunächst dem für eine „optimale“ Aufnahme gewählten mAs-Wert der entsprechende Belichtungspunkt (BP) gegenübergestellt wurde (z. B. mAs-Wert: 20, BP:13, siehe Tabelle 3). Für die über- bzw. unterbelichteten Röntgenaufnahmen wurden sodann die mAs-Werte eingestellt, die sich aus den beiden benachbarten Belichtungspunkten ergaben (Beispiel: BP: 12, mAs: 16 und BP: 14, mAs: 25, siehe Tab. 3). Diese Punkttabelle führt zu mAs-Wert-Stufen, die jeweils durch einen Belichtungspunkt getrennt werden können. Das heißt, daß von einer mAs-Stufe zur nächst höheren die optische Dichte (OD) um etwa 0,25 steigt (Hoxter und Schenz 1991). Da 0,25 der kleinste Dichteunterschied ist,

bei dem das Auge einen deutlichen Unterschied auf der Aufnahme wahrnehmen kann, hielten wir uns an diese Tabelle, wohl wissend, daß der Unterschied nicht immer für jeden Betrachter wahrnehmbar sein würde.

Die Entwicklung der Aufnahmen erfolgte durch ein automatisches Verfahren bei stabiler Temperatur 32° C und mit einer Durchlaufzeit von 2 min.

Auswertung der Röntgenbilder

Zur Bestimmung der optimalen Röntgenstrahlenwerte für jedes Pferd wurden deren Thoraxaufnahmen sowohl subjektiv als auch halb-objektiv (Angerstein 1967) ausgewertet. Für die subjektive Auswertung wurde die Bildgüte von drei Betrachtern beurteilt und für die halb-objektive Auswertung wurde die optische Dichte an einigen ausgewählten Bereichen gemessen.

Für beide Auswertungsvorgänge wurde dasselbe Röntgenbildbetrachtungssystem eingesetzt und dessen Helligkeitsstufen identisch eingestellt.

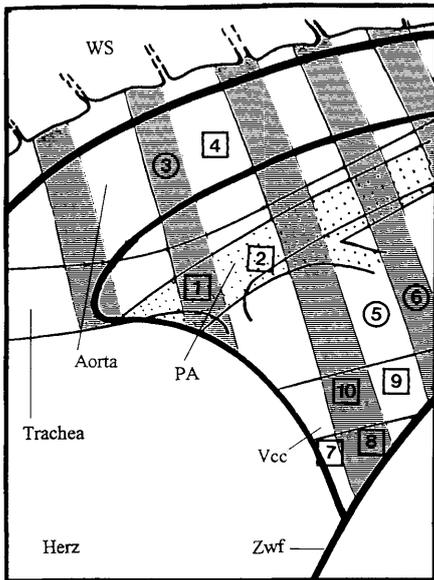


Abb. 2: Ausgewählte Bereiche für die Beurteilung der Bildgüte im kaudoventralen Bereich

Areas chosen for the assessment of the quality of image in the caudoventral part of the lung

Zwf: Zwerchfell, WS: Wirbelsäule, Vcc: Vena cava caudalis, PA: Pulmonalarterien

- 1:KV1 = 2 Pulmonalarterien dorsal zum linken Vorhof mit einer Rippe
- 2:KV2 = 2 Pulmonalarterien dorsal zum linken Vorhof ohne Rippe
- 3:KV3 = Aorta bei 7. oder 8. Rippe und zwei überlagerte Rippen
- 4:KV4 = Aorta im 7. oder 8. Interkostalraum ohne Pulmonalarterie
- 5:KV5 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien im 6., 7. oder 8. Interkostalraum.
- 6:KV6 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien mit 6. oder 7. Rippe
- 7:KV7 = Muster der peripheren Lungengefäße im post-kardialen Dreieck ohne Rippe
- 8:KV8 = Muster der peripheren Lungengefäße im post-kardialen Dreieck mit einer Rippe
- 9:KV9 = Vena cava caudalis ohne Rippe und ohne Pulmonalarterie
- 10:KV10 = Vena cava caudalis mit einer Rippe und ohne Pulmonalarterie
- Bereich mit hoher diagnostischer Aussagekraft
- Bereich mit geringer diagnostischer Aussagekraft

Zwf: diaphragm, WS: spine, Vcc: vena cava caudalis, PA: pulmonary artery

- 1:KV1= 2 pulmonary arteries dorsally to the left auricle with a rib
- 2:KV2= 2 pulmonary arteries dorsally to the left auricle without a rib
- 3:KV3= aorta overlapping two ribs at the level of the 7th. or 8th. rib
- 4:KV4= aorta at the level of the 7th. or 8th. intercostal space without pulmonary artery
- 5:KV5= pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries in the 6th., 7th. or 8th. intercostal space
- 6:KV6= pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries with the 6th., 7th. or 8th. rib
- 7:KV7= pattern of the peripheral lungvessels in the post-cardial triangle without a rib
- 8:KV8= pattern of the peripheral lungvessels in the post-cardial triangle with a rib
- 9:KV9= vena cava caudalis without a rib and without a pulmonary artery
- 10:KV10= vena cava caudalis with a rib and with a pulmonary artery
- area with a high diagnostic value
- area with a low diagnostic value

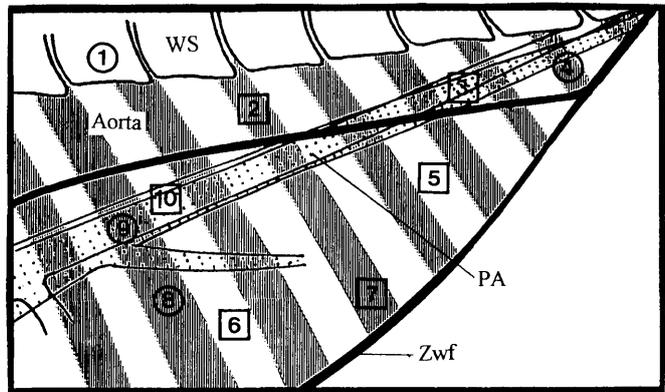


Abb. 3: Ausgewählte Bereiche für die Beurteilung der Bildgüte im kaudodorsalen Bereich

Areas chosen for the assessment of the quality of image in the caudodorsal part of the lung

Zwf: Zwerchfell, WS: Wirbelsäule, PA: Pulmonalarterien

- 1: KD1 = 9. oder 10. Wirbelkörper ohne Rippe
- 2: KD2 = Aorta und 9. oder 10. Rippe ohne Pulmonalarterie
- 3: KD3 = Aorta im 11., 12. oder 13. Interkostalraum mit Pulmonalarterie
- 4: KD4 = Aorta mit 13. oder 14. Rippe mit Pulmonalarterie
- 5: KD5 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien im 11. Interkostalraum ohne Rippe und große Gefäße
- 6: KD6 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien im 8. Interkostalraum ohne Rippe und große Gefäße
- 7: KD7 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien mit 9. oder 10. linken Rippe
- 8: KD8 = Muster der peripheren Lungengefäße ventral zur Aorta und zu den Pulmonalarterien mit zwei überlagerten Rippen
- 9: KD9 = Pulmonalarterie und 8. oder 9. linke Rippe
- 10: KD10 = Pulmonalarterie im 8. oder 9. Interkostalraum
- Bereich mit hoher diagnostischen Aussagekraft
- Bereich mit geringer diagnostischen Aussagekraft

Zwf: diaphragm, WS: spine, PA: pulmonary artery

- KD1: 9th. or 10th. vertebra without rib
- KD2: aorta overlapping the 9th. or 10th. rib without pulmonary artery
- KD3: aorta in the 11th., 12th. or 13th. intercostal space with a pulmonary artery
- KD4: aorta overlapping the 13th. or the 14th. rib and the pulmonary arteries
- KD5: pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries in the 11th. intercostal space without ribs and big vessels
- KD6: pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries in the 8th. intercostal space without ribs and big vessels
- KD7: pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries with the 9th. or the 10th. rib
- KD8: pattern of the peripheral lungvessels ventrally to the aorta and to the pulmonary arteries with two overlapping ribs
- KD9: pulmonary artery with the 8th. or 9th. left rib
- KD10: pulmonary artery in the 8th. or the 9th. intercostal space
- area with a high diagnostic value
- area with a low diagnostic value

a. Subjektive Beurteilung der Bildqualität

Es war Ziel der hier angewandten Beurteilungsmethode, die Subjektivität des Qualitätsurteils abzuschwächen. So wurde jede Aufnahme nicht als Gesamtbild visuell erfasst,

sondern es wurden für jede kaudoventrale und kaudodorsale Aufnahme zehn anatomisch definierte Punkte zur Beurteilung ausgewählt. Diese kreisrunden Bereiche von etwa 2 cm Durchmesser waren homogen über das gesamte auswertbare Bild verteilt. Die Herz- und die Zwerchfellprojektion auf der kaudoventralen Aufnahme war von dieser Beurteilung ausgenommen. Es wurden zehn unterschiedliche Bezirke ausgewählt, auf denen verschiedene Strukturen erkennbar waren. Die Verteilung der zu beurteilenden Punkte auf der kaudoventralen und kaudodorsalen Aufnahme ist der Abbildung 2 und der Abbildung 3 zu entnehmen. Jedes Röntgenbild wurde einer subjektiven Qualitätsbeurteilung unterzogen. Dabei wurde bei jeder kaudodorsalen und jeder kaudoventralen Aufnahme in den zehn obengenannten Bereichen die Erkennbarkeit der Strukturen nach den in Tabelle 4 aufgeführten Kriterien beurteilt.

Tab. 4: Kriterien zur Benotung der ausgewählten Lungenbereiche
Criteria for the grading of the chosen areas of the lung

Note	Kriterien
1	<ul style="list-style-type: none"> - Bronchienwände nicht erkennbar - Gefäßränder nicht erkennbar - Muster der peripheren Lungengefäße nicht erkennbar
2	<ul style="list-style-type: none"> - Bronchienwände erkennbar aber unscharf - Gefäßränder erkennbar aber unscharf - Muster der peripheren Lungengefäße erkennbar aber unklar
3	<ul style="list-style-type: none"> - Bronchienwände scharf konturiert - Gefäßränder scharf konturiert - Muster der peripheren Lungengefäße deutlich abgebildet

Drei Betrachter wurden hinzugezogen und werteten die Aufnahmen unabhängig voneinander aus. Drei Noten standen zur Verfügung. Note „1“ galt für „schlecht zu erkennen“, Note „2“ galt für „mäßig zu erkennen“ und Note „3“ galt für „gut zu erkennen“.

Die Betrachtungsbedingungen waren festgelegt. Die Helligkeit des Bildbetrachtungssystems entsprach den Anforderungen der DIN 6856 Teil1 (1993). Die Distanz des Betrachters zum Film lag konstant bei 40 cm. Die Betrachtungszeit betrug für jeden der zehn Beurteilungsbereiche jeder Aufnahme 2 bis 4 s.

Aus den Noten der subjektiven Betrachtung ist für jede Aufnahme und für jeden Betrachter ein gewichteter Mittelwert errechnet worden. Die Gewichtung wurde wie folgt vorgenommen: diagnostisch besonders aussagefähige Areale erhielten den Faktor „2“, während für die diagnostisch wenig bedeutsamen Bereiche der Faktor „1“ festgelegt wurde. Für die kaudoventrale Aufnahme wurden die Bereiche KV1, KV2, KV4, KV7, KV8, KV9 und KV10 (siehe Quadrate in Abb. 2) mit dem Faktor „2“, die Bereiche KV3, KV5, KV6 (siehe Kreise auf Abb. 2) mit dem Faktor „1“ versehen.

Auf der kaudodorsalen Aufnahme wurden für die Bereiche KD2, KD3, KD5, KD6, KD7 und KD10 (siehe Quadrate

in Abb. 3) der Faktor „2“, für die Bereiche KD1, KD4, KD8 und KD9 (siehe Kreise in Abb. 3) der Faktor „1“ festgelegt.

Der gewichtete Mittelwert der Noten jeder Aufnahme wurde für jeden Betrachter ausgerechnet. Ein Rechenbeispiel enthält Tabelle 5.

Tab. 5: Beispiel für die Errechnung des gewichteten Mittelwertes (Pferd 1, Betrachter A, 140 kV, 16 mAs)

Example of calculation of weighted mean value (horse 1, observer A, 140kV, 16 mAs)

	KV 1	KV 2	KV 3	KV 4	KV 5	KV 6	KV 7	KV 8	KV 9	KV 10	Σ
Note	2	3	1	2	3	3	2	1	2	1	20
Koeffizient	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	17
Produkt	4	6	1	4	3	3	4	2	4	2	33

Bereiche mit dem Faktor „1“: KV3, KV5, KV6.
Bereiche mit dem Faktor „2“: KV1, KV2, KV4, KV7, KV8, KV9, KV10.

areas with the factor „1“: KV3, KV5, KV6
areas with the factor „2“: KV1, KV2, KV4, KV7, KV8, KV9, KV10.

$$X = \frac{(KV1+KV2+KV4+KV7+KV8+KV9+KV10) \times 2 + (KV3 +KV5+KV6)}{\Sigma \text{ Koeff.}}$$

$$X = \frac{33}{17} = 1,9411$$

Der gewichtete Mittelwert „X“ wird durch Division der Summe der Produkte durch die Summe der Koeffizienten (Koeff.) errechnet.

The weighted mean value „X“ is calculated from division of the sum of the products through the sum of the coefficients (Koeff.).

Die „optimalen“ mAs-Produkte, die jeder Betrachter bestimmte, waren zum Teil gleich. In diesen Fällen wurde dieser mAs-Wert als der „optimale“ ausgewählt. In den Fällen, in denen die Meinungen der Betrachter voneinander abwichen, bestand der Unterschied allerdings nur in einer mAs-Stufe. Dieser Unterschied zwischen zwei mAs-Stufen entspricht aber einem optischen Dichteunterschied, der vom menschlichen Auge nicht immer wahrgenommen werden kann. Es wurde deshalb beschlossen, den mAs-Wert für optimal zu erklären, der von zwei Betrachtern gleichermaßen als der „optimale“ beurteilt wurde. Auf diese Weise wurde errechnet, welche Strahlendosis „optimal“ für jeden der geröntgten Bereiche und bei jedem Pferd war.

b. Halb-objektive Beurteilung der Bildqualität

Die Schwärzung (optische Dichte) wurde bei jeder der sechs Aufnahmen von jedem Pferd an zwei festgelegten anatomischen Bereichen ausgemessen. Dazu wurde ein Digitaldensitometer des Typs PDA-85 der Fa. Sakura verwendet. Die Lokalisation der Punkte, an denen die Schwärzung

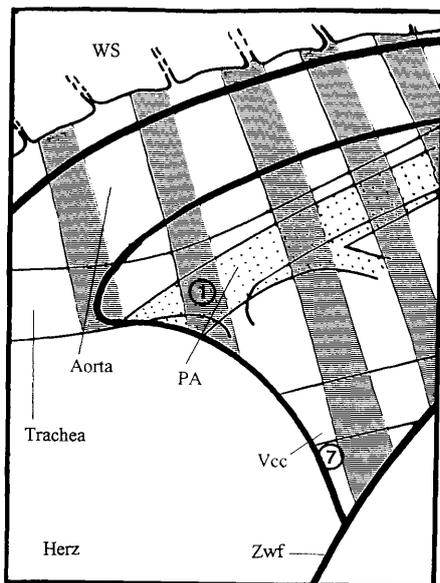


Abb. 4: Bereiche (O) an denen die Schwärzung gemessen wurde (kaudoventrale Aufnahme)

Areas (O) where the optical density was measured (caudoventral part of the lung)

gemessen wurde, ist in den Abbildungen 4 und 5 angegeben.

Die Ergebnisse der optischen Dichte Messung sollten dazu dienen, im Verbund mit den Ergebnissen der subjektiven Beurteilung optimal belichtete Lungenaufnahmen vom Pferd zu definieren.

Statistische Auswertung

Anhand der gemessenen Körpermaße (siehe Tab. 2) und der „optimalen“ mAs-Werte für jeden Lungenabschnitt konnte der Einfluß dieser Körperparameter auf das optimale mAs-Produkt und so auf die optimale Strahlendosis statistisch untersucht werden. Die folgenden Untersuchungsschritte wurden zuerst für die kaudoventrale Aufnahme, dann für die kaudodorsale Aufnahme in der Datenanalyse unternommen:

1. Es wurde durch eine Punktwolke ein Eindruck gewonnen, welcher Zusammenhang zwischen jedem Körpermaß und dem optimalen mAs-Wert bestand.
2. Eine Regressionsanalyse in Form einer multivariaten linearen Regression wurde durchgeführt, um den Zusammenhang zwischen unabhängigen Variablen (d. h. die einzelnen Körpermaße) und der abhängigen Variable „mAs-Wert“ zu untersuchen. Dabei benutzten wir die Technik des „backward modelling“.
3. Die Güte des resultierenden Modells wurde anhand der Varianzanalyse, des Koeffizienten der multiplen Korrelation (R^2) und der Punktwolken der Residuen gegenüber den vorhergesagten Werten geprüft (Wonnacott und Wonnacott 1990).
4. Anschließend wurden die Schätzwerte der mAs-Produkte für alle 15 Pferde anhand des Modells vorhergesagt und mit den wirklich gemessenen Werte verglichen.

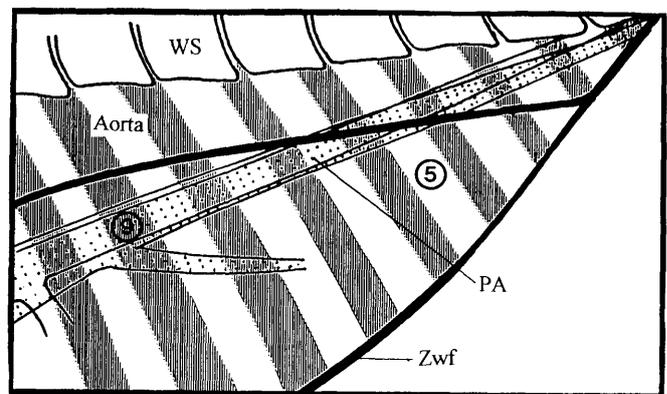


Abb. 5: Bereiche (O) an denen die Schwärzung gemessen wurde (kaudodorsale Aufnahme)

Areas (O) where the optical density was measured (caudodorsal part of the lung)

Ergebnisse

Ergebnisse der subjektiven Beurteilung der Bildqualität

Durch den Vergleich der gewichteten Mittelwerte der Röntgenbilder wurden sogenannte „optimal“ belichtete Aufnahmen für jeden Lungenabschnitt und für jeden Betrachter ermittelt. Für die kaudoventrale Aufnahme trafen die drei Betrachter bei 3 der 15 Pferde dieselbe Wahl eines „optimalen“ Röntgenbildes und so des „optimalen“ mAs-Wertes. Bei den restlichen 12 Pferden waren immer zwei der Betrachter einig und der dritte nicht. Für die kaudodorsale Aufnahme waren sich die Betrachter bei 8 von 15 Pferde einig über den „optimalen“ mAs-Wert. In den 7 anderen Fällen waren ebenfalls zwei Betrachter einstimmig und der dritte nicht. Der endgültig „optimale“ mAs-Wert ist jener, der von mindestens zwei Betrachtern als „optimal“ bewertet wurde.

Ergebnisse der densitometrischen Messungen

Die Messung der optischen Dichte wurde bei allen sechs Aufnahmen jedes Pferdes durchgeführt, allerdings nur an zwei Orten pro Aufnahme (Abb. 4 und 5). Die Schwärzung wurde innerhalb dieser Aufnahmen punktuell sowohl im Parenchymbereich als auch im hilusähnlichen Bereich der Aufnahmen gemessen.

In den angegebenen Werten der optischen Dichte ist der Grundsleier des Filmes (d. h. die Schwärzung des nicht belichteten Filmes) mitenthalten. Der Grundsleier des hier eingesetzten Filmes mit dem benutzten Filmentwicklungsverfahren betrug 0,2.

Auf den „optimalen“ kaudoventralen Aufnahmen reichten die Werte der optischen Dichte im Hilusbereich von 0,8 bis 1,8 (Minimal- bzw. Maximalwert). Im Parenchymbereich dagegen lag die Spanne von 1,8 bis 2,9.

Auf den „optimalen“ kaudodorsalen Aufnahmen reichten die Werte der optischen Dichte im Hilusbereich von 0,7 bis 1,9. Die OD im Parenchymbereich lagen zwischen 1,8 und 3,0.

Ergebnisse von Regressionsanalysen für die kaudoventrale Aufnahme

Die Technik des „backward modelling“ wurde eingesetzt, um zu einem multivariaten linearen Regressionsmodell zu gelangen, welches die abhängige Variable „mAs (k.ventr.)“ für die kaudoventralen Aufnahmen erklärt. Dabei wurden die Körpermaße des kaudoventralen Bereiches (TU1, TD1, BWD1 siehe Tab. 2) sowie die allgemeinen Körpermaße (Körpergewicht, Höhe) und einige mögliche Interaktionen derselben (Produkte dieser Variablen) als unabhängige Variable den optimalen mAs-Werten für die kaudoventrale Aufnahme als abhängige Variable gegenübergestellt. Die endgültige lineare Regressionsgleichung lautet:

Gleichung 1:

$$\text{mAs (k.ventr.)} = 356,074 \text{ mAs} - (5,5113 \text{ mAs/mm} \times \text{BWD1}) - (1,956 \text{ mAs/cm} \times \text{TU1}) + [0,0315 \text{ (mAs/cm} \times \text{mm)} \times \text{TU1} \times \text{BWD1}]$$

BWD1 (mm): Brustwanddicke im 7. Interkostalraum
 TU1 (cm): Thoraxumfang auf Höhe des Ellenbogens.

Mit Hilfe dieser Formel wurde für jedes Pferd der optimale mAs-Wert ausgerechnet. Aus Tabelle 6 geht hervor, daß 10 von 15 vorhergesagten mAs-Werten gleich oder sehr nahe an den wirklichen mAs-Werten liegen. Die vorhergesagten mAs-Werte wurden gemeinsam mit den wirklichen mAs-Werten in die Tabelle 6 aufgelistet.

Unabhängig von der in Gleichung 1 beschriebenen statistischen Verarbeitung der Daten wurden diese zu einem weiteren Regressionsmodell verarbeitet. Die Interaktionen zwischen den abhängigen Variablen wurden nunmehr nicht in die Rechnung aufgenommen. Diese Maßnahme hat zwei Vorteile. Erstens ist es bei einem kleinen Probandengut ratsam, die Anzahl unabhängiger Variabler gering zu halten, zweitens ist eine lineare Regressionsformel ohne Interaktionen für praktische Zwecke einfacher anwendbar.

So wurden die unabhängigen Variablen in derselben Vorgehensweise den abhängigen Variablen „mAs (k.ventr.)“ gegenübergestellt. Die resultierende lineare Regression lautet:

Gleichung 2:

$$\text{mAs (k.ventr.)} = -171,559 \text{ mAs} + (1,0957 \text{ mAs/cm} \times \text{TU1})$$

TU1(cm): Thoraxumfang auf Höhe des Ellenbogens.

Der Koeffizient der multiplen Korrelation (R^2) beträgt jedoch nun nur noch 0,54. Auch für diese Regressionsformel wurden die vorhergesagten mAs-Werte mit den wirklichen mAs-Werten verglichen. Daraus ergab sich, daß 6 der 15 vorhergesagten mAs-Werte sich in den gleichen oder benachbarten mAs-Stufen wie die wirklichen mAs-Werte befinden.

Tab. 6: Vorhergesagte und wirkliche mAs-Werte für die kaudoventrale Aufnahme laut Gleichung 1

Predicted (equation 1) and true values of the mAs for the kaudoventral picture

Proband	vorhergesagter mAs-Wert	OD-Stufe	wirklicher mAs-Wert	OD-Stufe	Residuen
1	37	15	32	15	-5
2	16	12	13	12	-3
3	14	11	8	9	-6
4	15	11	25	14	10
5	27	14	32	14	5
6	25	14	25	14	0
7	12	11	20	13	8
8	37	15	32	14	-5
9	14	11	25	14	11
10	19	12	13	12	-6
11	94	19	100	20	6
12	21	13	25	14	4
13	12	11	16	12	4
14	27	14	20	13	-7
15	23	13	10	10	-13

OD-Stufe: optischen Dichte-Stufe
 OD-Stufe: optical density level

Somit spiegeln die Werte der Gleichung 2 die Wirklichkeit etwas weniger genau als die Werte der Gleichung 1.

Ergebnisse von Regressionsanalysen für die kaudodorsale Aufnahme

Die Körpermaße des kaudodorsalen Bereiches (TU2, TD2, BWD2 siehe Tab. 2) sowie die allgemeinen Körpermaße (Körpergewicht, Höhe) und einige mögliche Interaktionen (Produkte dieser Variablen) wurden als unabhängige Variable zusammen mit dem optimalen mAs-Wert für die kaudodorsale Aufnahme als abhängige Variable in ein multivariates lineares Regressionsmodell verarbeitet. Die endgültige resultierende Regressionsgleichung lautet wie folgt:

Gleichung 3:

$$\text{mAs (k.dors.)} = 13,824 \text{ mAs} - (1,888 \text{ mAs/mm} \times \text{BWD2}) + [0,0037 \text{ (mAs/cm} \times \text{mm)} \times \text{TD2} \times \text{BWD2}] + [0,085 \text{ (mAs/cm} \times \text{mm)} \times \text{TU2} \times \text{BWD2}]$$

BWD2 (mm): Brustwanddicke im 11. Interkostalraum auf Höhe des Sitzbeinhöckers
 TD2 (cm): Thoraxdurchmesser auf Höhe der 11. Rippe
 TU2 (cm): Thoraxumfang auf Höhe der 11. Rippe.

Der errechnete Koeffizient der multiplen Korrelation (R^2) dieser linearen Regression ist ebenfalls zufriedenstellend (0,84).

Die anhand der Formel vorausgesagten mAs-Werte werden mit den wirklichen mAs-Werte verglichen. Dabei kommt heraus, daß 13 der 15 vorhergesagten mAs-Werte gleich oder sehr nahe an den wirklichen mAs-Werten liegen.

Wie zuvor für die „mAs (k.ventr.)“ Variable wurde ein Vorgang ohne Interaktionen bei der Herstellung einer linearen Regression erarbeitet. Das Ergebnis war die folgende Regressionsgleichung:

Gleichung 4:

$$\text{mAs (k.dors.)} = -19,0238 \text{ mAs} + (0,07312 \text{ mAs/kg} \times \text{Kgw})$$

Kgw in kg.

Der Koeffizient der multiplen Korrelation (R^2) dieses Modelles ist 0,62.

Die vorausgesagten „mAs (k.dors.)-Werte“ wurden mit den wirklichen Werten verglichen. 9 der vorhergesagten mAs-Werte befinden sich in der gleichen OD-Stufe wie die wirklichen mAs-Werte. Das Modell nach Gleichung 4 ist weniger nah an der Wirklichkeit als das Modell nach Gleichung 3.

Diskussion

Material und Methode

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, mit einer standardisierten Röntgentechnik und anhand einiger Körpermaße eine Belichtungstabelle zu erstellen, aus der für erwachsene Pferde die Strahlenwerte für optimale Lungenaufnahmen hervorgehen. Dazu sollten die Probanden ein möglichst physiologisches Lungengewebe aufweisen. Um altersbedingte und pathologische Veränderungen der Lunge von vornherein auszugrenzen, wurden ausschließlich junge lungengesunde Pferde im Alter von 1,5 Jahren bis 7 Jahren in dieser Studie berücksichtigt. Zwar kann nach der ausführlichen Lungenuntersuchung der Probanden eine geringgradige Lungenerkrankung nicht vollständig ausgeschlossen werden, aber es kann davon ausgegangen werden, daß markante Lungenerkrankungen nicht übersehen wurden.

Da die Untersuchung an einem heterogenen Probandengut durchgeführt werden sollte, variierten die gemessenen Körpermaße deutlich. In Anlehnung an die Untersuchungen von Mill und Prange (1968), Krieg (1969) und Krieg (1972) wurde der Thorax an zwei Lokalisationen gemessen. Dies war auch deshalb notwendig, weil die Röntgenaufnahmen von diesen zwei Regionen angefertigt wurden. Die Meßpunkte der Brustwanddicke, des Thoraxumfangs und des Thoraxdurchmessers wurden dort gewählt, wo der Zentralstrahl der durchzuführenden Röntgenaufnahmen liegen sollte.

Allerdings ist kritisch anzumerken, daß das Patientengut nur mit 15 Pferden für eine statistische Bearbeitung noch

relativ klein ist. Pferde mit extremen Körpermaßen dürften die Aussagekraft dieser Studie zusätzlich einschränken.

Röntgentechnik

Das benutzte Röntgengerät hat bei Einsatz eines Zwölf-Puls-Generators eine ausreichende Leistung, um einen stabilen hohen kV-Wert (max. 150 kV) zu erreichen und um eine zuverlässige sehr kurze Belichtungszeit (unter 0,2 s) zu garantieren. Dies sind zwei unentbehrliche Forderungen, um Röntgenaufnahmen der Lunge beim erwachsenen Pferd von guter Qualität zu ermöglichen.

Die Notwendigkeit des Einsatzes eines Streustrahlenrasters wurde in den Voruntersuchungen bestätigt.

Aufgrund des geringen Quantenrauschens und der guten Auflösung entschieden wir uns für die Filme CRONEX 10 und die Folien QUANTA III von der Fa. DUPONT.

Es wurde der Film-Fokus-Abstand von 150 cm gewählt. Dabei ist der Vergrößerungseffekt gering und gleichzeitig ist die Höhe der nötigen Strahlendosis akzeptabel.

Die Aufnahmespannung wurde dem heutigen Wissensstand der Humanmedizin angepaßt, das heißt, es wurde die „Hartstrahltechnik“ gewählt. Der Kontrast mit der Hartstrahltechnik (hier 125 kV) ist zwar schwächer, dafür ist aber das Muster der peripheren Lungengefäße hinter den Rippen und im Interkostalraum deutlicher erkennbar als bei der „Weichstrahltechnik“ (unter 90 kV). Somit schließen wir uns Kängström (1968), Münzer (1979), Feeney et al. (1982) und Pascoe et al. (1983) an und empfehlen für die Pferdemedizin die Hartstrahltechnik.

Hinsichtlich der besten Atemphase, in der der Film belichtet werden soll, sind die Literaturangaben widersprüchlich. In der Humanmedizin und in der Kleintiermedizin werden Lungenaufnahmen gewöhnlich am Ende der Inspiration erzielt. Feeney et al. (1982) halten das Ende der Expiration für die ruhigste Phase und somit geeignet für Lungenaufnahmen. Rendano und Quick (1979) empfehlen expiratorisch belichtete Aufnahmen nur bei schnell atmenden Pferden. Andere Autoren (Bolz 1936, Gruner und Siebert 1955, Pommer 1955, Mill und Prange 1968, Münzer 1979, King 1980, Sanderson und O'Callaghan 1983) belichten die Filme am Ende der Inspiration, um eine maximale Ausdehnung des Lungenfeldes und den besten Kontrast der peripheren Lungengefäße mit dem belüfteten Alveolarraum zu erhalten. Aus denselben Gründen wurden die Aufnahmen in dieser Untersuchung am Ende der Inspiration belichtet.

Beurteilung der Bildqualität

In dem ersten Teil der Beurteilung der Bildqualität sollten drei Betrachter die Aufnahmen beurteilen. Dabei ging es ausschließlich darum, die Erkennbarkeit einiger Strukturen einzuschätzen. Eine Beurteilung, die auf der Sehfähigkeit des menschlichen Auges beruht, ist von Natur aus subjektiv. Die Subjektivität kann jedoch gemindert werden, wenn die Beurteilung streng einem vorgegebenen Protokoll folgt. In dieser Untersuchung wurden markstückgroße Bereiche visuell erfaßt und zensiert. Dadurch konnte verhindert

werden, daß das gesamte Bild den Betrachter beim Zensieren beeinflusst.

Die zehn Betrachtungsbereiche waren über das gesamte abgebildete Lungenfeld verteilt. Sie waren so gewählt, daß alle Abbildungsvarianten berücksichtigt waren, wie beispielsweise die Darstellung der Überlagerung einer linken Rippe mit dem Parenchymmuster, mit einer Pulmonalarterie oder mit einer rechten Rippe u.s.w..

Während der Betrachtung wurden folgende wissenschaftlich anerkannte Regeln beachtet.

– Der Bildschirm mußte für Lungenaufnahmen mit einer optischen Dichte von 2 bis 2,5 eine Helligkeit von mindestens 20.000 cd / m² aufweisen (Röhler 1967, DIN 6856 Teil1 1993). In dieser Untersuchung war die Helligkeit des Betrachtungsgerätes im Normbereich.

– Die Distanz des Betrachters zum Film spielt ebenfalls eine Rolle für die Erkennbarkeit der Details. Newell und Garneau (1951) schreiben, daß bei unscharf begrenzten Lungendetails der Betrachtungsabstand deren Erkennbarkeit weniger vermindert als bei scharf begrenzten Details und daß bei einem Betrachtungsabstand von unter 40 cm wenig kleine Lungendetails übersehen werden. Der Betrachter-Film-Abstand bei den drei Untersuchern lag in der vorliegenden Untersuchung konstant bei 40 cm.

– Die Betrachtungszeit beeinflusst die Erkennbarkeit der Lungendetails. Oestmann et al. (1988) stellten fest, daß beim Menschen Lungenläsionen kleiner als 4 cm mit einer Betrachtungszeit unter 4 s für die gesamte Aufnahme nur unvollständig wahrgenommen wurden. In der vorliegenden Untersuchung wurde für jeden der zehn Untersuchungsbereiche jeder Aufnahme eine Betrachtungszeit von etwa 2 bis 4 s eingehalten.

Es ist in der Pferdemedizin bislang nur die Untersuchung von Wisner et al. (1993) veröffentlicht worden, die eine detaillierte Beurteilung der Bildqualität von Lungenaufnahmen beim gesunden oder beim lungenerkrankten Pferd vorstellt. In dieser Untersuchung werteten drei erfahrene Radiologen die Lungenaufnahmen von gesunden und lungenerkrankten Pferden aus. Sie verfügten über fünf Noten von 0 bis 4 (mit 0 = nicht diagnostizierbar, 1 = schlecht, 2 = mäßig, 3 = gut und 4 = exzellent), um ihre Beurteilung der Bildqualität der gesamten Aufnahme darzulegen. Anschließend sollten sie die pathologischen Veränderungen genau beschreiben. Als Ergebnis wurde festgestellt, daß die Bildqualität umgekehrt korreliert ist zum Grad des pathologischen interstitiellen Musters. Feeney et al. (1982) definieren ihre Beurteilungskriterien der Bildqualität wie folgt: eine Röntgenaufnahme gilt als qualitativ gut, wenn die Abbildung der Bronchial- und Gefäßstrukturen deutlich ist. Die Aufnahmen werden dort global bewertet.

In der vorliegenden Untersuchung wurde dagegen detaillierter vorgegangen.

Die Bewertungsmethode der vorliegenden Untersuchung garantiert, daß das Bild im Detail betrachtet wurde, daß alle Bildregionen partiell bewertet wurden und daß durch den gewichteten Mittelwert die diagnostisch wichtigeren Bereiche jedes Bildes mehr Bedeutung hatten als die ande-

ren. Die verteilten Noten ermöglichten durch den Vergleich der errechneten Mittelwerte einen Vergleich der drei kaudoventralen bzw. kaudodorsalen Aufnahmen jedes Pferdes. So wurde die „optimale“ Aufnahme sowie der entsprechende mAs-Wert für jedes Pferd und jeden der zwei Lungenbereiche ausgewählt.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der subjektiven Beurteilung der Bildqualität führen zur Definition von „optimalen“ mAs-Werten für den kaudodorsalen und den kaudoventralen Lungenabschnitt jedes Pferdes.

Die Messung der optischen Dichte wurde an zwei ausgewählten Bereichen, nämlich einem Parenchymbereich und einem hilusähnlichen Bereich auf jeder Aufnahme durchgeführt. Dies entspricht Untersuchungen in der Humanmedizin (Stender 1980). Somit ist ein Vergleich der hier vorgestellten Ergebnisse mit einem erprobten Verfahren möglich. In der Tabelle 7 werden den mit den eigenen Untersuchungen ermittelten Schwärzungswerten, Werte aus den Empfehlungen der Bundesärztekammer gegenübergestellt. Bei

Tab. 7: Vergleich optimaler Schwärzungsbereiche

Comparison between levels of optimal optical density ranges

	eigene Untersuchung kaudoventrale Aufnahme	eigene Untersuchung kaudodorsale Aufnahme	Empfehlung der Bundesärztekammer
Hilus	0,6 – 1,6	0,5 – 1,7	0,4 – 0,8
Parenchym	1,6 – 2,7	1,6 – 2,8	< 1,8

den hier aufgeführten Schwärzungswerten ist der Grundschleier des Filmes nicht einbezogen. Für jeden hilusähnlichen Lungenabschnitt und jeden Parenchymbereich der kaudoventralen und der kaudodorsalen Aufnahmen wurden der niedrigste und der höchste Schwärzungswert angegeben, sodaß ein Schwärzungsbereich für „optimal“ belichtete Aufnahmen festgelegt werden kann. Aus der Tabelle 7 geht hervor, daß ein deutlicher Unterschied zwischen den Empfehlungen der Bundesärztekammer und den Ergebnissen dieser Untersuchung besteht. Da die Röntgenaufnahmen der vorliegenden Untersuchung von erfahrenen Radiologen als „optimal“ bewertet wurden (Saure 1994), liegt der Unterschied nicht an einer mangelhaften Qualität der Aufnahmen. Es konnte jedoch keine Erklärung für diese Diskrepanz gegeben werden.

Die Regressionsanalyse des vorliegenden Datensatzes stützt sich allerdings auf ein relativ kleines und heterogenes Probandengut. Dessen ungeachtet erlauben die errechneten Ergebnisse aber die Verwendung in der täglichen Praxis.

In einem ersten Schritt wird eine rein mathematische Lösung zur Aufschlüsselung des Problems unternommen. Alle unabhängigen Variablen und einige ihrer In-

teraktionen werden der abhängigen Variable mAs gegenübergestellt. Durch die Methode des „backward modelling“ wird eine relativ kurze Gleichung für den mAs-Wert der **kaudoventralen Aufnahme** mit zwei Parametern Brustwanddicke und Thoraxumfang und deren gemeinsamer Interaktion gefunden (Gleichung 1). Für die **kaudodorsale Aufnahme** ist die Gleichung komplexer (Gleichung 3); dort haben zwei Interaktionen und ein einzelner Körperparameter (Brustwanddicke) auf die Vorhersage der abhängigen Variable mAs einen signifikanten Einfluß. Die große Bedeutung der Brustwanddicke für die notwendige Strahlendosis ist bekannt (Krieg 1970), denn das Muskelgewebe absorbiert die Röntgenstrahlung in stärkerem Maße als das Parenchym (Glyn Thomas 1989).

Der zweite Schritt besteht darin, ein einfacheres Modell zu finden, das leichter in der Praxis umzusetzen ist. Dabei werden die Interaktionen zwischen den unabhängigen Variablen nicht eingesetzt. Das Ergebnis ist für den **kaudoventralen Bereich** eine Regressionsgleichung, die den KV-mAs-Wert mit dem Thoraxumfang verbindet (Gleichung 2). Die vorhergesagten Werte dieses Modells unterscheiden sich stärker von den wirklichen Werten als die bei Gleichung 1, das Modell ist jedoch einfacher interpretierbar und hat den Vorteil, daß es in der Praxis einfacher anwendbar ist. Der mAs-Wert des **kaudodorsalen Bereichs** ist mit dieser zweiten Methode mit dem Körpergewicht korreliert, dies jedoch ebenfalls mit einer größeren verbleibenden Varianz.

Abschließend kann festgestellt werden, daß mit beiden mathematischen Verfahren Beziehungen zwischen Strahlendosis und Körpermaßen hergestellt werden konnten. Diese liefern eine Basis für eine sachlich begründete Diskussion über die Standardisierung der Lungenaufnahmen beim erwachsenen Pferd.

Für die Praxis ergibt sich somit folgende Nutzung der hier erarbeiteten Ergebnisse.

Aussagefähige Lungenaufnahmen können beim erwachsenen Pferd unter folgende Bedingungen angefertigt werden:

1. Die Aufnahmen können bei Verwendung sehr leistungsfähiger Röntgenanlagen mit Streustrahlenraster, bei weniger leistungsfähigen Röntgenanlagen ohne Streustrahlenraster angefertigt werden.
2. Die Empfindlichkeit der Film-Folien-Kombination sollte 200 bis 400 betragen.
3. Lungenaufnahmen sollten mit der Hartstrahltechnik angefertigt werden, das heißt, daß eine Aufnahme-spannung von mindestens 100 kV benötigt wird.
4. Die Aufnahme sollte mit einem Film-Fokus-Abstand von 150 cm erzielt werden.
5. Der Film sollte grundsätzlich am Ende der Inspiration belichtet werden.
6. Für die untersuchten zwei Aufnahmebereiche der Lunge, die diagnostisch von großer Relevanz sind, wird empfohlen den mAs-Wert mit den Formeln der einfachen Regressionsgleichungen zu errechnen. Es sind dies die folgenden Gleichungen:

kaudoventraler Bereich:

$$\text{mAs (k.ventr.)} = -171,559 \text{ mAs} + (1,0957 \text{ mAs/cm} \times \text{TU1})$$

TU1 = Thoraxumfang auf Höhe des 7. Interkostalraumes in cm

kaudodorsaler Bereich:

$$\text{mAs (k.dors.)} = -19,0238 \text{ mAs} + (0,07312 \text{ mAs/kg} \times \text{Kgw})$$

Kgw = Körpergewicht in kg

Aus den Regressionsgleichungen geht hervor, daß die Einstellung der „optimalen“ mAs-Werte für die kaudoventrale Lungenaufnahme vor allen Dingen durch die Ermittlung des Thoraxumfangs auf Höhe der 7. Rippe bestimmt wird. Für die kaudodorsale Lungenaufnahme korreliert dagegen das Körpergewicht besser mit dem „optimalen“ mAs-Wert.

Literatur

- Boblig, H. (1976): Die röntgenologische Differentialdiagnose von Lungenerkrankungen. Allgemeine Vorbedingungen. Internist. Prax. 16, 267–276.
- Bolz, W. (1936): Die röntgenologische Differenzierung des Lungenbildes beim Pferde. Dtsch. tierärztl. Wochenschr. 22, 394–398.
- DIN 6856 (1993): Teil 1: Betrachtungsgeräte und -bedingungen. Anforderung bei der Betrachtung und Befundung von Durchsichtsbildern in der medizinischen Diagnostik.
- Farrow, C. S. (1981): Equine thoracic radiology. J. Am. Vet. Med. Assoc. 179, 776–781.
- Farrow, C. S. (1981 a): Radiography of the equine thorax: anatomy and technic. Vet. Radiol. 22, 62–68.
- Farrow, C. S. (1981 b): Radiographic aspects of inflammatory lung disease in the horse. Vet. Radiol. 22, 107–114.
- Fenney, D. A., Gordon, B. J., Johnston, G. R., Mc. Clanahan, S. und Jensen, C. R. (1982): A 200 centimeter, focal spot-film distance technic for equine thoracic radiography. Vet. Radiol. 23, 13–19.
- Felix, R. und Ramm, B. (1988): Hartstrahltechnik. in: Felix, R. und Ramm, B. (Hrsg.): Das Röntgenbild. 3. Aufl. Verlag Thieme, Stuttgart, S. 164–165.
- Felson, B. (1973): Chest Roentgenology. W. B. SAUNDERS Company, Philadelphia.
- Glyn Thomas, R. (1989): Radiography of occupational chest diseases. in: Solomon, A. und Kreel, L. (Hrsg.): Radiology of occupational chest diseases. Verlag Springer, New York, S. 1–6.
- Gruner, J., und Siegert, H. (1955): Zur Röntgendiagnostik am Thorax des Großtieres. Tierärztl. Umschau 10, 356–359.
- Hoxter, E. A., und Schenz, A. (1991): Aufnahmepraxis, Belichtung. in: Hoxter, E. A. und Schenz, A. (Hrsg.): Röntgenaufnahmetechnik. 14. Aufl. Siemens Aktiengesellschaft.
- Kängström, L. E. (1968): The radiological diagnosis of equine pneumonia. J. Am. Vet. Radiol. 9, 80–88.
- King, G. K. (1980): Evaluation of a new method of equine thoracic radiography. Texas A&M Univers., Diss.
- King, G. K. (1981): Equine thoracic radiography. Part II: Radiographic pattern of equine pulmonary and pleural diseases using air-gap rare-earth radiography. Compend. Contin. Educ. Pract. Vet. 3, 283–288.

Klein, H. J., Dieckmann, M. und Deegen, E. (1990): Befunde der röntgenologischen Thoraxuntersuchung bei 76 Fohlen. Pferdeheilkunde 6, 205-210.

Klein, H. J. und Offeney, F. (1990): Die differentialdiagnostische Bedeutung der röntgenologischen Thoraxuntersuchung beim Pferd. Pferdeheilkunde 6, 49-54.

Knedel, H., Weberling, R. und Hagemann, G. (1981): Signal-Rausch-Verhältnis, Auflösung und Dosisbedarf zum Qualitätsvergleich neuer Verstärkerfolien in der klinischen Radiologie. Röntgenpraxis 34, 168-175.

Krieg, R. (1969): Technische Voraussetzungen zur Beurteilung und Pflege der Bildgüte in der röntgendiagnostischen Praxis. Rad. diagn. 10, 437-446.

Krieg, R. (1969): Gesamtrauschen bei der Thoraxaufnahme. in: Hirsig, S. (Hrsg.): Beurteilung und Pflege der Bildgüte in der röntgendiagnostischen Praxis. Stuttgart. S. 113-117.

Krieg, R. (1972): Zur Detailerkennbarkeit bei Röntgenaufnahmen vor inhomogenem Hintergrund. Fortschr. Med. 90, 1-2.

Lynch, P. A. (1965): A different approach to chest roentgenography: triad technique (high kilovoltage, grid, wedge filter). Am. J. Radiol. 93, 965-971.

McDonnell, W. N., Hall, L. W. und Jeffcott, L. B. (1979): Radiographic evidence of impaired pulmonary function in laterally recumbent anaesthetised horses. Equine Vet. J. 11, 24-32.

Mattsson, O. (1956): Some studies on primary and secondary radiation and on secondary screening in diagnostics up to 200 kV. Acta Radiol. 46, 621-629.

Mill, J., und Prange, H. (1968): Das Röntgenbild, ein diagnostisches Hilfsmittel bei Erkrankungen im Bereich des Brustraumes und seine Bedeutung in der Großtierklinik. Monatsh. Veterinärmed. 23, 382-388.

Münzer, B. (1979): Röntgendiagnostik der Thoraxorgane beim Pferd. Tierärztl. Prax. 7, 475-488.

Newell, R. R. und Garneau, R. (1951): The threshold visibility of pulmonary shadows. Radiol. 56, 406-414.

Oestmann, J. W., Green, R., Kushner, D. C., Bourgouin, P. M., Linetsky, L. und Llewellyn, H. J. (1988): Lung lesions: Correlation between viewing time and detection. Radiol. 166, 451-453.

Pascoe, J. R., O'Brein, T. R., Wheat, J. D. und Meagher, D. M. (1983): Radiographic aspects of exercise induced pulmonary hemorrhage in racing horses. Vet. Radiol. 24, 85-92.

Pommer, A. (1955): Erkrankungen der Atmungsorgane bei Groß- und Kleintieren im Röntgenbild. Wiener Tierärztl. Wochenschr. 7, 401-419.

Rendano, V. T. und Quick, C. B. (1979): Equine radiology. The thorax. Mod. vet. Pract. 60, 323-329.

Röhler, R. (1967): Physiologische Probleme der Betrachtung des Röntgenbildes. Röntgenbl. 20, 79-96.

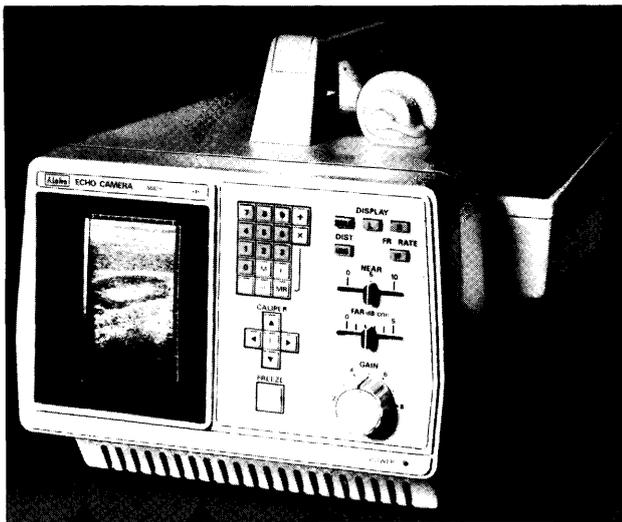
Sanderson, G. N. und O'Callaghan, M. W. (1983): Radiographic anatomy of the equine thorax as a basis for radiographical interpretation. N. Z. Vet. J. 31, 127-130.

Dr. Monica Venner
 Prof. Dr. E. Deegen
 Dr. P. Stadler
 Dr. Dörte Döpfer

Klinik für Pferde der Tierärztlichen Hochschule Hannover
 Bischofsholer Damm 15, Nr. 118
 30173 Hannover

Tel. (0511) 856-7233
 Fax. (0511) 856-7688

Ultraschall für Tierärzte

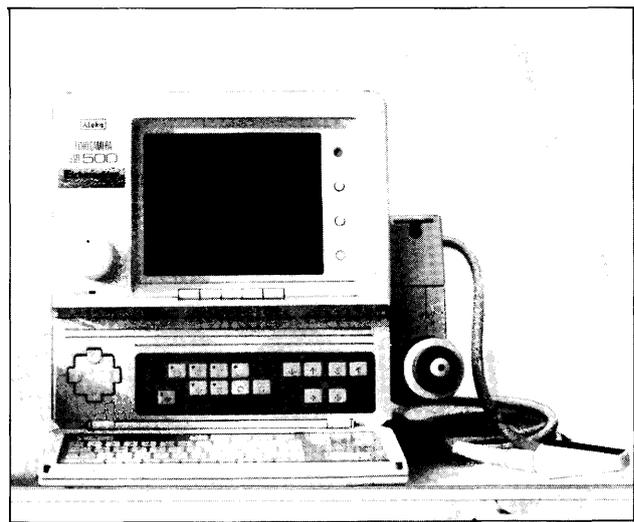


ALOKA SSD-210 DX II

Linearscanner mit hoher Auflösung, einfacher Bedienung und hoher Mobilität. Handlich leicht (8 kg), schlanker Spezialschallkopf 5 MHz mit besonders langer Zuleitung (3 m) für die Gynäkologie bei Großtieren.

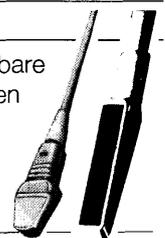


Unser Geräteprogramm, dessen Schallköpfe speziell für die Anwendung bei Groß- und Kleintieren geschaffen wurden.



ALOKA SSD-500

Linear-/Konvexsektor-Scanner, das tragbare Gerät mit umfassenden Diagnostikleistungen für die Groß- und Kleintierpraxis. Gerne demonstrieren wir Ihnen die Leistungsfähigkeit unserer Geräte in Ihrer Praxis! Rufen Sie uns einfach an.



VET Eickemeyer

Medizintechnik für Tierärzte
 Eltastraße 8 · 78532 Tuttlingen
 Telefon (074 61) 7 20 54 · Telefax (074 61) 1 57 40 oder 39 05