

3. Material und Methoden

3.1. Röntgenuntersuchung

3.1.1. Material

3.1.1.1. Geräte

Ein stationäres Röntgengerät (Polydoros 100, Siemens A.G., Erlangen, Deutschland) mit einer rotierenden Anode und hoher Leistung, Seltene Erdefolien (Trimax T6, 3M, Milan, Italien) von mittlerer Geschwindigkeit mit kompatiblen Filmen und ein fokussierender 12:1 Raster wurden verwendet. Die Geschwindigkeit von diesem System betrug 300. Der Film-Fokus-Abstand betrug 115 cm. Die Größe der Kassetten betrug 35 cm x 43 cm bzw. 24 cm x 30 cm.

3.1.1.2. Versuchstiere

Der Kadaver eines ausgewachsenen Straußes, zwei Straußenküken, die von der 3. Lebenswoche bis zum 1. Lebensjahr im Abstand von ungefähr 3 Monaten geröntgt wurden sowie zwei junge Straußenhennen (2,5 – 3 Jahre) wurden röntgenologisch untersucht. Alle lebenden Tiere waren klinisch normal. Sie wurden in drei Gruppen eingeteilt: Straußenküken (jünger als 16 Wochen alt), heranwachsende Strauße (älter als 16 Wochen) und erwachsene Strauße (voll ausgewachsen).

3.1.2. Methode

Der Straußenkadaver wurde in Bauchlage platziert, wobei seine Flügel nach vorne geklappt wurden, um Überlagerungen über die zölonische Körperhöhle zu vermeiden. Die Haut war entfernt worden, um Artefakte von Federn oder Federfollikeln zu vermeiden (MCMILLAN, 1994). Mehrfache Röntgenaufnahmen mit links-nach-rechts gerichteten latero-lateralem (rechts laterales Röntgenbild) und dorsoventralem Strahlengang (DV Röntgenbild) wurden an verschiedenen Zentrierungspunkten des Röntgenstrahls („centering points“) mit verschiedenen Belichtungswerten aufgenommen, um optimale Röntgenaufnahmen (WATTERS, 1980; MORGAN, 1993; KIRBERGER, 1999) zu erhalten. Der Körperdurchmesser wurde für jede unterschiedliche Ansicht am Zentrierungspunkt erfaßt (Abb. 4 und 5).

Die am Kadaver entwickelte Technik wurde dann auf die lebenden Tiere übertragen. Die Strauße wurden in einem abgedunkelten Raum geröntgt, wobei jedes Tier nur mittels einer Kopfhaube beruhigt wurde. Lediglich die Straußenküken mußten festgehalten werden. Ansonsten wurde weder manueller noch medikamenteller Zwang angewandt. Der Zentrierungspunkt des Röntgenstrahls, der Körperdurchmesser an diesem Punkt und die jeweiligen Belichtungswerte wurden erfaßt. Die Einblendung wurde konstant gehalten. Bei jedem neuen Strauß wurden die Zentrierungspunkte des Röntgenstrahls und das jeweilige mAs konstant beibehalten. Die kV wurden solange variiert bis optimale Röntgenbilder entstanden. Mit Hilfe dieser Angaben konnte eine Belichtungstabelle erstellt werden (Tab. 1). Die Messungen des Körperdurchmessers wurden zusätzlich für das kaudoventrale Röntgenbild (V3) in der Mitte des *Os pubis* (Abb. 4) zum Vergleich vorgenommen.

Sobald beständig Röntgenbilder guter Qualität erzeugt werden konnten, wurde der Einfluß anderer Variablen ausgewertet. Hierbei wurden rechts laterale versus links laterale (latero-laterale Röntgenbilder mit rechts-nach-links gerichtetem Strahlengang) Röntgenbilder verglichen sowie rechts laterale Röntgenbilder von stehenden Straußen und solchen in Bauch- oder rechter Seitenlage. Für die Aufnahmen in der rechten Seitenlage mußten die Strauße anästhesiert werden. Ferner wurde der Einfluß der Atmungsphase auf die Röntgenbildqualität beurteilt sowie der Vorteil des Nahrungsentzuges (18 h).

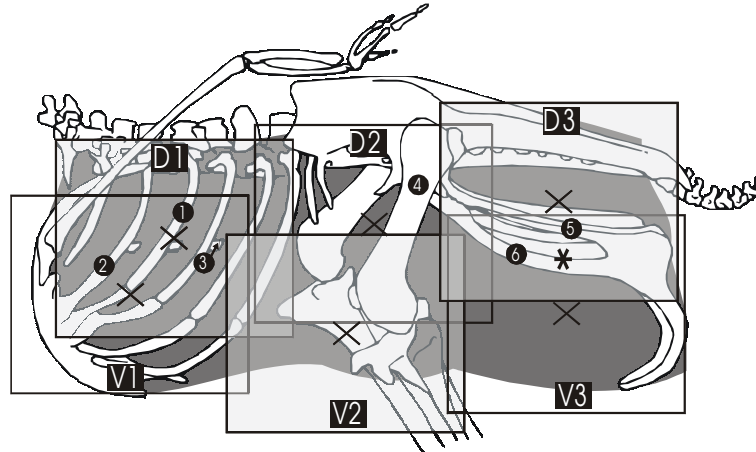


Abb. 4: Schematische Illustration für das Einblenden und Zentrieren des Röntgenstrahls für rechts laterale Röntgenbilder beim stehenden Strauß unter Verwendung einer 6-Kassetten Technik. D1 = kraniodorsale, D2 = zentrodorsale, D3 = kaudodorsale, V1= kranioventrale, V2 = zentroventrale und V3 = kaudoventrale Ansichten. X repräsentiert den Zentrierungspunkt des Röntgenstrahls der jeweiligen Ansicht. Δ stellt den Messungspunkt für V3 dar. 1 = 4. vertebrale Rippe, 2 = Verbindung zwischen vertebraler und sternaler Rippe, 3 = *Proc. uncinatus*, 4 = *Os femoris*, 5 = *Os ischii*, 6 = *Os pubis*.

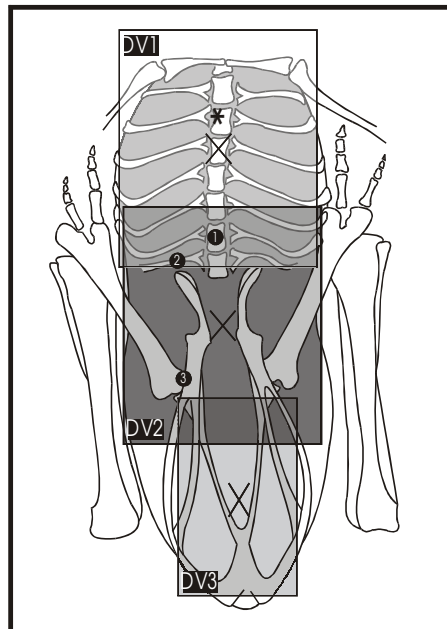


Abb. 5: Schematische Illustration für das Einblenden und Zentrieren des Röntgenstrahls für DV Röntgenbilder in Bauchlage unter Verwendung einer 3-Kassetten Technik. DV1 = kraniale dorsoventrale, DV2 = zentrale dorsoventrale und DV3 = kaudale dorsoventrale Ansichten. X repräsentiert den Zentrierungspunkt des Röntgenstrahls für die jeweilige Ansicht. Δ repräsentiert den Zentrierungspunkt des Röntgenstrahls für DV1 für die thorakalen Belichtungswerte (Hartstrahltechnik), wobei die Kasette transversal zur Körperachse positioniert wird. 1 = Brustwirbel, 2 = letzte vertebrale Rippe, 3 = Acetabulum.

Tab. 1: Belichtungstabelle für rechts laterale und DV1 Röntgenbilder beim stehenden Strauß (die kV-Werte wurden dem entsprechendem Durchmesser in cm zugeordnet). Falls nicht anders vermerkt, beziehen sich die Angaben auf erwachsene Strauße. Ein Film-Fokus-Abstand von 115 cm, ein fokussierender Raster (12:1) und T6 Seltene Erdefolien wurden verwendet. Für V2 wurde 150 kV und 50 mAs gebraucht, wobei der Röntgenstrahl im proximalen Drittel des Tibiotarsus mittig zentriert wurde.

cm	DV1 (Weichstrahltechnik)	D2	V3* (Hartstrahltechnik)	DV1	Küken†	V1‡	D3	D1	
12	42	42	42	54	56	58	60	70	78
13	44	44	44	56	58	60	62	72	80
14	46	46	46	58	60	62	64	74	83
15	48	48	48	60	62	64	66	76	86
16	50	50	50	62	64	66	68	78	89
17	52	52	52	64	66	68	70	80	92
18	54	54	54	66	68	70	72	83	96
19	56	56	56	68	70	72	74	86	100
20	58	58	58	70	72	74	76	89	105
21	60	60	60	72	74	76	78	92	110
22	62	62	62	74	76	78	80	96	115
23	64	64	64	76	78	80	83	100	120
24	66	66	66	78	80	83	86	105	125
25	68	68	68	80	83	86	89	110	130
26	70	70	70	83	86	89	92	115	
27	72	72	72	86	89	92	96	120	
28	74	74	74	89	92	96	100	125	
29	76	76	76	92	96	100	105	130	
30	78	78	78	96	100	105	110		
31	80	80	80	100	105	110	115		
32	83	83	83	105	110	115	120		
33	86	86	86	110	115	120	125		
34	89	89	89	115	120	125	130		
35	92	92	92	120	125	130			
36	96	96	96	125	130				
37	100	100	100	130					
38	105	105	105						
39	110	110	110						
40	115	115	115						
41	120	120	120						
42	125	125	125						
43	130	130	130						
mAs	14	25	50	2.8	10	14	5	1.25	25
Zentrierungspunkt des Röntgenstrahls	T4	Kaudal zur Mitte des <i>Os femoris</i>	2-5 cm ventral vom <i>Os pubis</i>	T3	Kaudal zum Brustkorb	Distales Ende der 4. vertebraalen Rippe	Dorsal zur Mitte des <i>Os ischii</i>	<i>Processus uncinatus</i> der 4. vertebraalen Rippe	

* Körperdurchmesser wurden in der Mitte des *Os pubis* gemessen (Abb. 4). Für heranwachsende Strauße muß die mAs halbiert werden.

† Latero-laterale Ganzkörperröntgenbilder von Straußenküken in rechts lateraler Seitenlage.

‡ Für heranwachsende Strauße muß die kV um ungefähr 8 % reduziert werden.

3.2. Röntgenologische Anatomie

3.2.1. Methode

Röntgenuntersuchungen wurden entsprechend der entwickelten 6-Kassetten Technik für rechts laterale Röntgenbilder bei stehenden Straußen und der 3-Kassetten Technik für DV Röntgenbilder bei Straußen in Bauchlage (Abschnitte 3.1.2. und 4.1.; Abb. 4 und 5) durchgeführt. Anpassungen für jüngere Strauße wurden gemacht, sofern notwendig.

Um das Verständnis der röntgenologischen Anatomie zu verbessern, wurden nach vollendeter Arbeit dem Straußenkadaver die Beine entfernt. Hierdurch wurde der zu durchdringende Gewebsdurchmesser in der Körpermitte reduziert. Nach Adaptierung der Belichtungswerte wurden erneut Röntgenbilder aufgenommen. Unmittelbar danach wurde der Straußenkadaver in Bauchlage seziiert und die topographische Anatomie mit der röntgenologischen verglichen. Skizzen und exakte Beschreibungen der topographischen Anatomie *in situ* wurden aufgezeichnet. Die Blutgefäße des entnommenen Herzens wurden einzeln identifiziert und mittels Metallnummern markiert. Kontrast wurde dann injiziert und das Herz in möglichst physiologischer Position geröntgt.

3.3. Gastrointestinale Kontraststudien

3.3.1. Material

3.3.1.2. Versuchstiere

Drei klinisch gesunde Straußenhennen (1-3 Jahre) und vier klinisch gesunde Straußenküken im verschiedenen Alter (Tab. 2) wurden im Rahmen dieses Abschnittes untersucht.

3.3.2. Methode

Zehn Kontraststudien wurden an den Straußen durchgeführt. Röntgenbilder wurden entsprechend der bereits beschriebenen Technik aufgenommen (Abschnitte 3.1.2. und 4.1.; Abb. 4 und 5). Bei den erwachsenen Straußen wurden jedoch nur die kraniodorsalen (D1), zentro-ventralen (V2) und kaudoventralen (V3) Röntgenaufnahmen der rechts lateralen 6-Kassetten Technik angefertigt sowie bei kooperativen Straußen DV Aufnahmen der 3-Kassetten Technik. Für die Straußenküken wurden Ganzkörperaufnahmen (latero-laterale Röntgenbilder in rechter Seitenlage und DV in Bauchlage) angefertigt. Die Belichtungsfaktoren wurden entsprechend der Belichtungstabelle (Tab. 1) ausgewählt. Die Strauße wurden mit einer Kopfhaube versehen und manuell festgehalten, wobei gelegentlich ein Fixationsstand während der Kontrastmittelapplikation notwendig war. Weder Beruhigungsmittel noch Anästhetika waren notwendig. Den Straußen wurde 16 h (bei erwachsenen Straußen) vor der Kontraststudie Futter und 1,5 h vor der Kontraststudie Wasser entzogen. Alle Kontraststudien wurden am frühen Morgen begonnen.

Flüssiges Bariumsulfat wurde mit einer Magensonde in Höhe des Brusthöhleinganges in die Speiseröhre verabreicht, wobei Dosierungen von 7-10 ml/kg und Konzentrationen von 25 -100 % (Tab. 2) verwendet wurden. Röntgenbilder wurden sofort und dann in verschiedenen Zeitintervallen bis zu 29 h nach Kontrastmittelapplikation angefertigt. Sobald die überlagernden kontrastgefüllten Darmanteile es erforderten, wurden die Belichtungsfaktoren erhöht. Den Straußen wurde 3 h nach Kontrastmitteltgabe Wasser und nach 6 h Futter gegeben.

Gastrointestinale Strukturen wurden identifiziert und beschrieben. Sowohl die Füllungs- und Entleerungszeiten wurden überwiegend anhand der rechts lateralen Röntgenbilder ermittelt, jedoch unter Berücksichtigung der zusätzlichen Information der DV Röntgenbilder. Die Füllungszeit wurde durch den ersten luminalen Kontrast (Kontrastmittel, welches nicht nur die Mucosa benetzte) definiert. Enthielten Strukturen bereits erheblichen luminalen Kontrast, dann wurde die Durchschnittszeit mit dem vorhergehenden Röntgenbild ermittelt. Für die

Bestimmung der Entleerungszeiten wurde nur der luminale Kontrast berücksichtigt und in entsprechend umgekehrter Manier zur Füllungszeit bestimmt. Kontrast, der an der Schleimhaut oder Cuticula haften blieb, wurde aufgezeichnet, wurde jedoch nicht bei der Bestimmung der Entleerungszeit berücksichtigt.

Tab. 2: An Straußen durchgeführte gastrointestinale Kontraststudien.

Nr	Strauß	Alter	Gewicht	Dosierung	Konzentration
1	Küken1	4 Wochen	4 kg	10 ml/kg	50 %
2	Küken2	4 Wochen	4.06 kg	10 ml/kg	100 %
3	Küken3	7 Wochen	7.52 kg	10 ml/kg	25 %
4	Küken4	19 Wochen	30 kg	10 ml/kg	50 %
5	Küken4	20 Wochen	34 kg	10 ml/kg	25 %
6	Henne1	3 Jahre	114 kg	10 ml/kg	25 %
7	Henne1	3 Jahre	114 kg	7 ml/kg	50 %
8	Henne2	3 Jahre	102 kg	7 ml/kg	50 %
9	Henne3	13.5 Monate	78 kg	7 ml/kg	25 %
10	Henne3	14 Monate	78 kg	7 ml/kg	50 %

3.4. Transkutane Sonographie

3.4.1. Material

3.4.1.1. Geräte

Ultrasonographische Untersuchungen der Strauße wurden mit einem tragbaren Ultraschallapparat (Aloka SSD 500, Aloka Company Limited, Tokio, Japan) mit mehreren Konvex-Schallköpfen (Frequenzen von 3,5 – 7,5 MHz) durchgeführt.

3.4.1.2. Versuchstiere

Zwei formalin-fixierte Straußenküken, mehrere Organsysteme von Straußenkadavern, zwei Straußenküken, die zu verschiedenen Zeitpunkten geschlachtet wurden sowie zwei junge erwachsene, nicht brütende Straußenhennen (2-3 Jahre) wurden untersucht. Alle lebenden Strauße waren klinisch gesund.

3.4.2. Methode

Die formalin-fixierten Straußenküken und mehrere Organproben wurden ultrasonographisch mittels eines Wasserbades oder direkt unter Verwendung von Kontaktgel untersucht. Diese Resultate werden hier nicht spezifisch beschrieben, aber halfen bei der Interpretation und Orientierung an den lebenden Straußen.

Alle lebenden Strauße wurden mit einer Kopfhaube versehen und manuell festgehalten (Straußenküken) oder in einem Fixationsstand (Straußenhennen) stehend untersucht. Weder Sedierung noch Allgemeinanästhesie waren notwendig. Die Flügel wurden dorsal positioniert.

Die meisten Untersuchungsgebiete lagen in unbefiederten Regionen („non-feathered area“ = NFA). In den befiederten Regionen („feathered area“ = FA) (Abschnitt 4.; Abb. 6) wurde zwischen den Federfollikeln geschlachtet. Ein Rupfen der Federn erübrigte sich. Reichlich Kontaktgel wurde aufgetragen. Die Untersuchungen wurden mit Video aufgezeichnet und mehrfach statische Bilder mittels eines Thermodruckers aufgenommen. Der Straußenkörper konnte in vier Hauptregionen eingeteilt und untersucht werden, wobei die folgenden akustischen Fenster entsprechend der Schallkopfposition in Abb. 6 nummeriert wurden:

Kraniolaterale Region

- 1) interkostales Fenster (im Zwischenrippenraum)
- 2) retrokostales Fenster (kaudal der letzten sternalen Rippe)

Kaudolaterale Region

- 3) NFA Fenster
 - v) ventral (ventral in der dorsalen NFA)
 - d) dorsal (in der Mitte der dorsalen NFA)

Ventrale Region

- 4) sternales Fenster (durch das Sternum)
- 5) retrosternales Fenster (im unbenannten *Recessus* zwischen dem lateralen sternalen *Trabeculum* und der letzten sternalen Rippe)

- 6) ventrales Fenster (in der ventralen NFA zwischen dem Sternum und der Symphyse des paarigen *Os pubis*)

Dorsale Region

- 7) präacetabuläres Fenster (kranial und ventral zum *Proc. pectineales*)
 8) postacetabuläres Fenster (kaudal und ventral zum Acetabulum)
 9) perikloakales Fenster (ventral und lateral zur Kloake)

Die NFA und das ventrale Fenster konnten kranial, zentral und kaudal (a, b und c – Abb. 6) geschallt werden. Bilateral transversale und sagittale (bzw. dorsale und parasagittale) Ebenen wurden in der Regel verwendet. Jedoch für die interkostalen (nur transversale), retrosternalen (nur parasagittale) und die prä- und postacetabulären (nur dorsale) Fenster wurde nur eine Ebene verwendet. Das ventrale Fenster konnte von beiden Seiten erreicht werden.

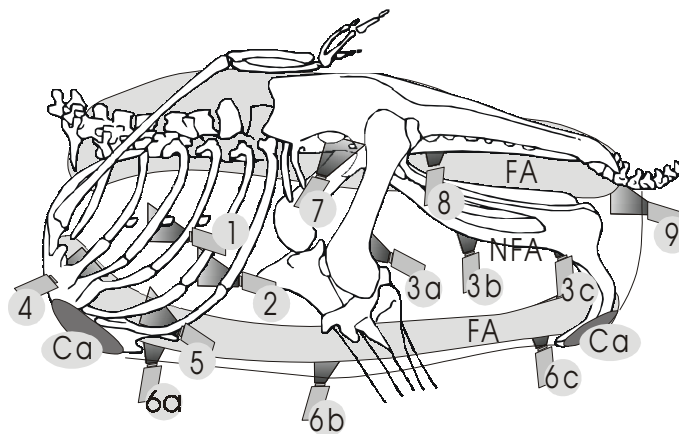


Abb. 6: Schematische Illustration eines Straußes einschließlich der Federverteilung und der ultrasonographischen Fenster. Beachte die dorsal positionierten Flügel. Ca = Liegeschwiele. FA = befiedertes Gebiet. NFA = unbefiedertes Gebiet. 1 = interkostales, 2 = retrokostales, 3 = NFA, 4 = sternales, 5 = retrosternales, 6 = ventrales, 7 = präacetabuläres, 8 = postacetabuläres und 9 = perikloakales Fenster. Für die NFA wurde lediglich ein dorsales (mittig von NFA) Fenster eingezeichnet. Für die NFA und das ventrale Fenster wurde ein kraniales (a), zentrales (b) und kaudales Fenster eingezeichnet.