

# Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen in den Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren<sup>#</sup>

C. Bernath<sup>1</sup>, K. Nuss<sup>2</sup>, M. Dennler<sup>3</sup>, M. Counotte<sup>4</sup>, H. Geyer<sup>5</sup>, D. Devaux<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Pferdeklinik Moosweid, Obfelden; <sup>2</sup>Departement für Nutztiere, Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich; <sup>3</sup>Klinik für Bildgebende Diagnostik, Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich; <sup>4</sup>Wageningen University & Research Animal Sciences Group, NL, RA Lelystad; <sup>5</sup>Veterinär-Anatomisches Institut, Vetsuisse-Fakultät der Universität Zürich; <sup>6</sup>Wiederkäuferklinik, Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern

## Zusammenfassung

Die Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen in den Epiphysenfugen von Maststieren sollte anhand der Ossa metatarsalia postmortal dokumentiert werden. Dazu wurden 204 Hinterfüsse von 102 Maststieren gesammelt und röntgenologisch im plantarodorsalen Strahlengang untersucht. Bei ausgewählten Ossa metatarsalia wurden die Veränderungen computertomographisch (n=14) und histologisch (n=6) detaillierter dargestellt.

Radiologische Kriterien für die Befundung waren Weichteilschwellung, Achsenabweichungen zwischen Röhrbein- und Zehenachse, Aufhellungen in der Wachstumszone, vermehrte Dichte des an die Epiphysenfuge angrenzenden Knochens, Regelmässigkeit und Weite der Epiphysenfugenlinien sowie knöcherne Ausziehungen («Lippenbildung») am Rande der Epiphysenfuge. Die Veränderungen wurden je nach Kriterium in vorhanden/nicht vorhanden oder 1 = schwach, 2 = deutlich und 3 = stark gewichtet. Aus den Befunden wurden gewichtete Röntgensummen der Veränderungen pro Metatarsus und pro Tier für die statistische Auswertung erstellt. Mit Hilfe dieser Röntgensumme wurde statistisch untersucht, ob ein Zusammenhang der Röntgenveränderungen mit verschiedenen Faktoren der Haltung bestand.

Von den 204 Ossa metatarsalia wiesen nahezu alle röntgenologische Veränderungen im Sinne einer Osteochondrose an den Epiphysenfugen auf. Die häufigsten Befunde waren eine «Lippenbildung» (99,5%), erhöhte Dichte des Knochengewebes nahe den Fugenlinien (66,6%) und Aufhellungen in den Fugen (64,1%). Die entsprechenden computertomographisch und histologisch nachweisbaren Veränderungen waren eine Hyperplasie des Randbereichs der Epiphyse und der Metaphyse, vermehrte Knochendichte bei unvollständiger Verknö-

## Prevalence of metatarsal growth plate lesions in Swiss fattening bulls

The prevalence of osteochondral changes in the metatarsal growth plates of fattening bulls was investigated. Plantarodorsal radiographic views of the metatarsal region of 204 hind legs from 102 slaughtered fattening bulls were taken. Radiographic lesions in metatarsal growth plates were confirmed in selected cases using computed tomography (n=14) and histology (n=6).

Radiographic criteria for growth plate lesions were axis deviations between the metatarsal bones and the digit, radiolucencies in the growth plate, increased bone density in the metaphysis, irregularities of the growth plate and marginal osteophytes («lipping»). The individual lesions were categorised as present/absent or 1 = slight, 2 = distinct, and 3 = severe. A weighted sum of these radiographic changes was generated for each growth plate and for each animal, and used for statistical analysis of the associations between husbandry factors and the occurrence of lesions.

Almost all of the metatarsal bones had signs of osteochondral changes on the radiographs of the growth plates. The most common lesions were lipping (99,5%), increased bone density in the metaphysis (66,6%) and radiolucencies in the growth plates (64,1%). Computed tomography and histology revealed hyperplasia of the margins of the epiphysis and metaphysis, focal increase in bone deposits accompanied by incomplete ossification and irregular and widened cartilage columns of the growth plate. There were statistically significant associations between the weighted radiographic changes and slaughter weight, average daily weight gain, husbandry practices and production label.

The prevalence of radiographic lesions indicative for osteochondrosis of the metatarsal growth plates of fat-

<https://doi.org/10.17236/sat00322>

Eingereicht: 19.06.2021  
Angenommen: 21.07.2021

<sup>#</sup>Prof. Dr. Dr. h.c. med.  
vet. Ueli Braun zum  
70. Geburtstag gewidmet

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

cherung und eine Unregelmässigkeit sowie Verbreiterung der Säulenknorpelzone. Ein signifikanter Zusammenhang der gewichteten röntgenologischen Veränderungen mit dem Schlachtgewicht, mit der durchschnittlichen täglichen Gewichtszunahme, mit dem Produzenten sowie mit dem Produktionslabel war statistisch nachzuweisen.

Zusammenfassend konnte röntgenologisch eine hohe Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia von Maststieren aus dem Einzugsbereich des lokalen Schlachthofs festgestellt werden. Der Zusammenhang der deutlichen und insbesondere der starken Schädigungen mit einer reduzierten Mastleistung und einer klinischen Lahmheit bedarf weiterer Untersuchungen.

**Schlüsselwörter:** Gewichtszunahme, Mastrinder, Mittelfussknochen, Schädigung, Wachstumszone

tening bulls slaughtered at a local abattoir was high. The extent to which the distinct and severe lesions are associated with reduced production and obvious clinical lameness requires further study.

**Keywords:** Fattening bulls, growth plate, lesions, metatarsal bones, weight gain

## Einleitung

In der Schweiz werden jährlich mehr als 100 000 Stiere geschlachtet. Stiere machten im Jahr 2019 nach den Kühen anteilmässig 27% des Fleischertrages beim Grossvieh aus (<https://www.proviande.ch/de/der-fleischmarkt-in-zahlen>, 01.03.2021). Als Leistungsziel für die Tageszunahmen werden bei Schweizer Maststieren bis zu 1500 g/Tag angestrebt. Im Vergleich dazu nehmen Weidemastrinder  $\leq 1000$  g/Tag zu.<sup>19</sup> Die Schlachtgewichte pro Tier nahmen in den letzten Jahren zu (<https://www.proviande.ch/de/der-fleischmarkt-in-zahlen>, 18.04.2021).

Eine rasche Gewichtszunahme bei Nutztieren kann jedoch das sich noch in der Entwicklung befindende Skelett überlasten.<sup>1,6,11,15,24</sup> Das Skelett von Rindern befindet sich mindestens bis zu einem Alter von vier Jahren noch im Wachstum.<sup>12,26</sup> Der Zeitraum des Fugenschlusses ist von Knochen zu Knochen unterschiedlich. An den Ossa metatarsalia ist nur eine distale Wachstumszone vorhanden.<sup>12,13,17</sup> Ihr Fugenschluss findet im Alter von zwei bis zweieinhalb Jahren statt.<sup>26,29,34</sup> Im Zeitraum vor dem Fugenschluss sind diese, aber auch die Wachstumszonen an den anderen Knochen der Gliedmassen, anfällig für eine Schädigung.<sup>22,28</sup> Die resultierende Erkrankung wird als Osteochondrose bezeichnet und besteht in der meist lokalisierten, ungenügenden Verknöcherung der Knorpelsäulen der Wachstumszonen.<sup>1,14,18,24,28,33</sup>

Auf die Auswirkungen des raschen Wachstums von Maststieren infolge intensiver Fütterung auf die Epiphysenfugen wurde schon früh hingewiesen.<sup>4-6,8,9,21,23,24,32,33</sup> Schädigungen der Wachstumsfugen werden durch Über- oder Unterversorgung mit Vitaminen und Mineralstoffen, wie die Vitamin-A-Übersorgung oder den Kupfer-Mangel, begünstigt.<sup>25,28,30</sup> Kürzlich erschienene

Arbeiten weisen auf das gehäufte Vorkommen von schwerwiegenden osteochondrotischen Veränderungen und sogar von Infektionen der Wachstumszonen in Intensivmast-Betrieben hin.<sup>18,28</sup>

Ein Stieren-Mastbestand, in dem Tierverluste aufgrund von Lahmheit und schlechter Gewichtszunahme auftraten (Kemper, pers. Mitteilung), gab Anlass zu der hier vorgelegten Untersuchung. An den Hinterfüssen von zwei aus diesem Betrieb repräsentativ untersuchten Stieren waren röntgenologisch schwerwiegende osteochondrotische Veränderungen der Wachstumszone der Ossa metatarsalia festzustellen.

Ziel der hier vorgelegten Arbeit war es daher, einen Einblick in das Vorkommen von Epiphysenfugenschäden an den Ossa metatarsalia von Maststieren aus dem Einzugsbereich des Schlachthofs Zürich zu gewinnen. Die Prävalenz und der Schweregrad von Veränderungen sollten postmortal röntgenologisch an den Hinterfüssen dokumentiert werden. Weiterhin sollten mögliche Einflüsse von Rasse, Gewichtszunahme, Schlachtgewicht, Produzenten und Produktionslabel auf die Veränderungen statistisch untersucht werden.

## Material und Methodik

Die proximal am Metatarsus abgetrennten Hinterfüsse von insgesamt 102 Maststieren wurden am Schlachthof Zürich aus der Normalschlachtung gesammelt. Dazu wurden die Hinterfüsse der ersten 20 am jeweiligen Tag geschlachteten Tiere aus der Schlachtkette abgefangen und paarweise nummeriert in Plastiksäcke verpackt. Zeitgleich wurden die Tierverkehrsdatenbank-Nummern (TVD-Nummern) anhand der Ohrmarken notiert.

Die Hinterfüsse wurden mit dem Hochdruckreiniger gesäubert, einzeln mit Plastiketiketten gekennzeichnet und in einem Kühlraum gelagert. Spätestens nach vier Tagen wurden die Röntgenaufnahmen angefertigt.

Das Geburtsdatum, die Rasse und die Produzenten der Masttiere wurden aus der Tierverkehrsdatenbank (<https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/tierische-produktion/tvd.html>) entnommen. Die Stiere wurden entweder unter den Produktionsrichtlinien von «Qualitätsmanagement Schweizer Fleisch» oder den der «Schweizerischen Vereinigung integriert produzierender Bauern und Bäuerinnen» («IP-SUISSE») gemästet. Das Schlachtgewicht (Schlachtgewichtverordnung des Eidgenössischen Departement des Inneren, 01.07.1995) und die Taxation wurden aus der Taxationsliste des Schlachthofs Zürich abgelesen. Die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme ((ADG (g) = (Schlachtgewicht × Geburtsgewicht)/Alter)) und die durchschnittliche relative Wachstumsrate ((RGR (%) = 100 × ((ln(Schlachtgewicht) – ln(Geburtsgewicht)/Alter)) wurden mittels des Schlachtgewichtes und eines angenommenen durchschnittlichen Geburtsgewichtes von 43 kg berechnet.<sup>3</sup>

### Röntgenuntersuchung

Für die Röntgendarstellung wurden die Füsse paarweise auf 35,4 cm × 43,0 cm-Röntgenkassetten (Fuji Film FCR Fuji IP Typ CC) platziert, sodass sie von den Klauen spitzen bis zum proximalen Ende des Metatarsus abgebildet waren. Die Röntgenbilder wurden mit einem Siemens-Polydoros-SX80-Röntgengerät in plantaro-dorsalem Strahlengang angefertigt, wobei der Zentralstrahl auf die Höhe der Epiphysenfugen der beiden Ossa metatarsalia gerichtet war. Die Exposition betrug 70 kV und 22 mAs, der Film-Fokus-Abstand 120 cm. Für die symmetrische Ausrichtung der Hinterfüsse sorgten Gaze tupfer und/oder Klebestreifenrollen. Die Symmetrie wurde anhand der Position der Gleichbeine im Röntgenbild überprüft und Aufnahmen wiederholt, wenn die Gleichbeine nicht genau plantar der Kondylen lokalisiert waren.

Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte durch zwei Personen (CB, DD) anhand eines zusammen mit MD festgelegten Protokolls (Tabelle 1). Referenz für die Befundung von Veränderungen waren Röntgenbilder von unveränderten Wachstumszonen weiblicher Rinder (Abbildung 2a) sowie die einschlägige Literatur.<sup>2,12,13,16,17</sup> Kriterien für die Befundung waren Weichteilschwellung, Achsenabweichung, Ausziehungen an den lateralen und medialen Rändern der Epiphysenfuge («Lippenbildung»), Aufhellungen in der Fuge im Sinne von grösserer Strahlendurchlässigkeit sowie linienförmige Verschattungen im Sinne von vermehrter Röntgendichte. Weiterhin wurden die Weite und die Regelmässigkeit der Epiphysenfuge registriert. Die Aufhellungen und die Verschattungen wurden zusätzlich für verschiedene Regionen

(lateral/medial, epiphysär/metaphysär) der Wachstumszone separat beurteilt. Für die statistischen Auswertungen wurden die röntgenologischen Veränderungen nach vorhanden/nicht vorhanden oder 1 = schwach, 2 = deutlich und 3 = stark verändert geschätzt (Tabelle 1). Aus den Befunden wurden gewichtete Röntgensummen der Veränderungen pro Metatarsus und pro Tier berechnet. Die gewichtete Röntgensumme setzte sich aus den Bewertungen der Weichteilschwellung, der Achsenabweichung, der medial oder lateral gelegenen Ausziehungen («Lippenbildung»), der Aufhellungen im Os metatarsale III/IV, der Verschattungen («Sklerosierung») im Os metatarsale III/IV sowie der Regelmässigkeit der Epiphysenfuge zusammen.

### Computertomographische und histologische Untersuchungen

Sieben Fusspaare wurden für die zusätzliche computertomographische (CT) Untersuchung ausgewählt und sechs Füsse davon histologisch untersucht. Hierbei war jeweils mindestens ein Fuss darunter, dessen Veränderungen anhand der gewichteten Röntgensumme als schwach, deutlich oder stark eingeschätzt worden waren (Abbildung 3–5). Die Hinterfüsse wurden in gefrorenem Zustand mittels eines Philips Brillance 16-Zeiler-Computertomographen gescannt. Es wurden 0,8-mm-Schnitte bei 120 kV, 250 mA und 1 s Rotationszeit erstellt. Die Rohdaten wurden mit einem Knochen- und einem Weichteilalgorithmus rekonstruiert und in einem Knochen- und Weichteilfenster (Window Level/Window Width: 1000/3000 respektive 140/600) beurteilt. Die CT-Bilder wurden in einer multiplanaren Rekonstruk-

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

**Tabelle 1:** Kriterien der Röntgenbeurteilung der distalen Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia (OMT)

<b>Weichteilschwellung:</b>	0 = keine, 1 = vorhanden um Fuge, 2 vorhanden um Fesselgelenk
<b>Achsenabweichung:</b>	0 = keine, 1 = Achsenabweichung sichtbar
<b>Ausgezogene Knochenränder («Lippenbildung») an den medialen und lateralen Enden der Epiphysenfugen:</b>	0 = <1-2mm, keine; 1 = 2-3mm, schwache; 2 = 4-5mm, deutliche; 3 = >5mm, starke Lippenbildung
<b>Aufhellungen im metaphysären und epiphysären Anteil der Wachstumszone von OMT III und IV:</b>	0 = keine; 1 = <1mm, schwache; 2 = 1–2mm, deutliche; 3 = >3mm, starke
<b>Verdichtungen, 1–2 mm breit, in der an die Wachstumszone angrenzende Metaphyse und/oder Epiphyse von OMT III und IV:</b>	0 = keine, 1 = schwache, 2 = deutliche, 3 = starke
<b>Regelmässigkeit der Epiphysenfuge:</b>	0 = klare Linienstruktur erkennbar, 1 = Linienstruktur verschwommen oder nicht mehr durchgehend erkennbar
<b>Weite der Epiphysenfuge:</b>	0 = o. b. B., 1 = Erweiterung der Fuge, 2 = Verengung der Fuge

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

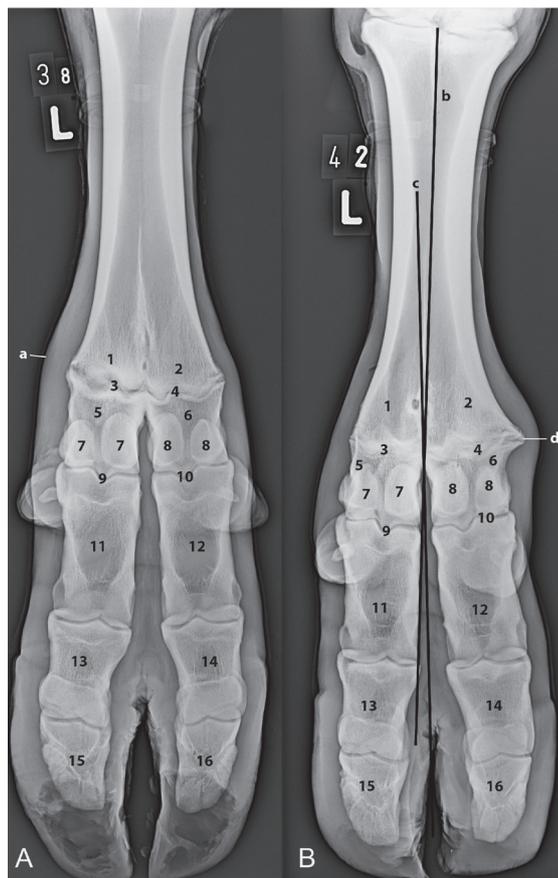
C. Bernath et al.

tion sowie anhand einer 3D-Knochen-Rekonstruktion anhand derselben Kriterien wie die Röntgenbilder beurteilt. Histologisch wurden drei Füße mit schwachen, ein Fuss mit deutlichen und zwei Füße mit starken Veränderungen untersucht (Abbildung 3–5). Dafür wurden die medialen oder lateralen Röhreinkondylen in Sagittalrichtung von axial nach abaxial im Abstand von

2 mm in mehrere Scheiben zersägt. Danach wurden jeweils mindestens ein axial, mittiges und abaxial gewonnenes Präparat beurteilt<sup>3</sup>.

### Statistische Auswertung der Einflussfaktoren auf die röntgenologischen Veränderungen

Die Daten wurden mit SPSS 22 (IBM Corp., Armonk, USA) statistisch ausgewertet. Das Signifikanzniveau für alle Analysen wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt. Mögliche Einflüsse der Rasse, des Alters, des Schlachtgewichtes, der Gewichtszunahme, der Wachstumsrate und der Taxation auf die gewichtete Summe der röntgenologischen Veränderungen wurden mittels linearer Regression und einem allgemeinen linearen Modell analysiert. Als Korrektur für die nicht-normalverteilten Residuen wurde die abhängige Variable mittels natürlichem Logarithmus transformiert. Ein möglicher Einfluss der Produzenten auf die röntgenologischen Veränderungen wurde mittels eines Kruskal-Wallis-Tests analysiert. Der Einfluss des Produktionslabels auf die röntgenologischen Veränderungen wurde mittels eines Mann-Whitney-U-Tests geprüft.



**Abbildung 1:** Röntgenbilder des linken Hinterfusses von zwei Maststieren in plantaro-dorsaler Strahlenrichtung (A = Stier 38 und B = Stier 42) mit starken osteochondrotischen Schädigungen der Wachstumszonen.

A Weichteilschwellung im Bereich der lateralen Wachstumszone des Os metatarsale IV (a), in diesem Bereich starke Aufhellungen in der Fuge, starke Verdichtungen des Knochens in der angrenzenden Epi- und Metaphyse. Die Befunde sprechen für eine starke Störung der Ossifikation mit Retention des Säulenknorpels und erhöhter Spongiosamineralisation von Epi- und Metaphyse.

B Abweichung der Achsen der Ossa metatarsalia (b) und der Zehen (c) und starke Lippenbildung (d) mit unregelmässiger Epiphysenfuge des Os metatarsale III.

1 Os metatarsale IV, Metaphyse; 2 Os metatarsale III, Metaphyse; 3 laterale, 4 mediale Epiphysenfuge; 5 laterale, 6 mediale Epiphyse; 7 laterale, 8 mediale Gleichbeine; 9 laterales, 10 mediales Fesselgelenk; 11 laterales, 12 mediales Fesselbein; 13 laterales, 14 mediales Kronbein; 15 laterales, 16 mediales Klauenbein.

Die ungeraden Zahlen gelten auch in den folgenden Bildern für die Regionen der lateralen Zehe, die geraden Zahlen für die Regionen der medialen Zehe.

### Ergebnisse

Von den 102 Maststieren gehörten sieben der Schweizer Fleckvieh-, vier der Braunvieh-, einer der Rotfleckvieh- und einer der Montbéliard-Rasse an.<sup>3</sup> Unter den verbleibenden 89 Kreuzungstieren waren am häufigsten Braunvieh gepaart mit Limousin, Rotfleckvieh gepaart mit Simmental und Rotfleckvieh gepaart mit Limousin vertreten. Die Rinder stammten von 20 verschiedenen Produzenten. Nach den Richtlinien von «IP-Suisse» wurden 58 Stiere und nach den Richtlinien des «Qualitätsmanagement Schweizer Fleisch» 44 Stiere gemästet. Die Produzenten waren mehrheitlich in den Kantonen Aargau, Zürich und Schaffhausen und nur vereinzelt in den Kantonen Bern, Basel, Jura und Solothurn lokalisiert.

Das Alter der geschlachteten Maststiere war nicht normalverteilt und betrug im Median 406,5 Tage (13,5 Monate), mit einem Interquartilbereich von 46 Tagen. Ebenso wie das Alter war auch das Schlachtgewicht nicht normalverteilt. Sein Median betrug 303,0 kg mit einem Interquartilbereich von 15,5 kg. Die aus dem Schlachtgewicht berechnete durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme betrug im Mittelwert 638,4 g mit einem 95%-Konfidenzintervall von 625,7 g bis 651,1 g. Die ebenfalls aus dem Schlachtgewicht berechnete durchschnittliche relative Wachstumsrate (RGR) war nicht normalverteilt; sie wies einen Median von 1,41 % und einem Interquartilbereich von 0,17 % auf. Mittels der CH-TAX-Einteilung wurden 99 % der Stiere in die Fleischkeitsklassen C (37,3 %), H (32,4 %) oder T

(29,3%), respektive sehr vollfleischig, vollfleischig oder mittelfleischig eingeteilt. Nur ein Maststier wurde als A (leerfleischig) klassifiziert. Insgesamt 82 Masttiere wurden als Fettgewebeklasse drei, respektive gleichmässig gedeckt, 19 als Fettgewebeklasse zwei, respektive teilweise gedeckt und ein Maststier als Fettgewebeklasse vier, respektive stark gedeckt, klassifiziert.

### Röntgenveränderungen

Insgesamt wurden 204 Ossa metatarsalia röntgenologisch untersucht. Eine Weichteilschwellung (Abbildung 1A) wurde bei zehn (4,9%) und eine Achsenabweichung (Abbildung 1B) bei 18 Füßen (8,8%) befundet. Bei acht Füßen war die Weichteilschwellung um die Epiphysenfuge, bei zweien um das Fesselgelenk lokalisiert. Eine «Lippenbildung» (Abbildung 1B, starke Ausprägung bei d) konnte bei 99,5% der Ossa metatarsalia festgestellt werden. Von 203 Füßen wiesen 55 (27%) eine schwache, 122 (59,8%) eine deutliche und 26 (12,7%) eine starke Lippenbildung auf (Tabelle 1, Abbildung 3–6). Bei 64,2% der 204 Hinterfüsse konnten unterschiedlich stark ausgeprägte Aufhellungen (Abbildung 1A) in der an die Epiphysenfuge angrenzenden Meta- oder Epiphyse beobachtet werden. Hinsichtlich der Ausprägung der Aufhellungen wiesen 98 Ossa metatarsalia (48%) schwache Anzeichen für verringerte Strahlendichte auf, 26 (12,7%) zeigten deutliche und 7 (3,4%) zeigten starke Aufhellungen (Abbildung 1 und 3–6). Aufhellungen waren häufiger in der Metaphyse als in der Epiphyse festzustellen.

Verschattungen im Sinne von sklerotischen Veränderungen (Abbildung 1A) wurden ebenfalls bei zwei Dritteln der Ossa metatarsalia festgestellt; 118 Knochen (57,8%) zeigten schwache sklerotische Verdichtungen und bei 18 Knochen (8,8%) konnten deutliche Verdichtungen beobachtet werden (Abbildung 1 und 3–6). Sklerotische Verdichtungen wurden häufiger in der Epiphyse als in der Metaphyse beobachtet.

Als regelmässig wurde die Epiphysenfuge von 72 Ossa metatarsalia (35,3%) bewertet. Die Epiphysenfuge der restlichen 132 Knochen (63,7%) wurde als unregelmässig bewertet. Die Weite der Epiphysenfuge wurde bei einem Drittel der Ossa metatarsalia (33,8%) als unverändert eingestuft. Etwa die Hälfte aller Knochen (52,5%) zeigten eine Erweiterung der Epiphysenfuge (Abbildung 1A) und 12,3% eine Verengung (Abbildung 1B).

Die gewichteten Summen der röntgenologischen Befunde an den einzelnen Füßen waren nicht normalverteilt. Sie wiesen einen Median von 4,5 und einen Interquartilbereich von 2,00 auf. Das Minimum betrug 1,25 und das Maximum 11,25. Auf das Einzeltier bezogen lagen die gewichteten Summen der röntgenologischen Veränderungen zwischen 3,5 und 19.

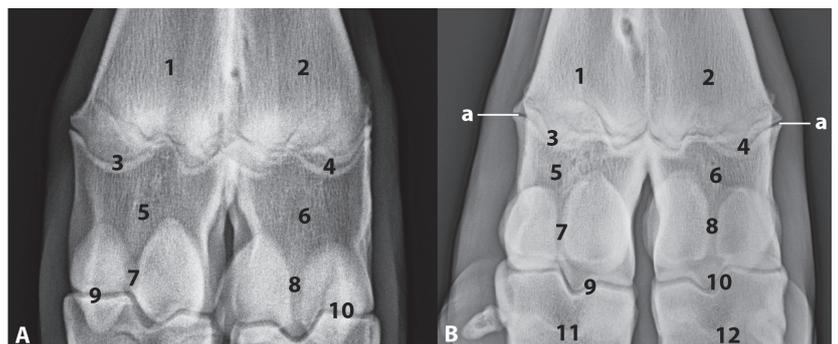
Die Untersuchung hinsichtlich der Veränderungen an medialer und lateraler Epiphysenfuge ergab einen leichtgradig, aber signifikant höheren Wert für die gewichtete Summe der röntgenologischen Epiphysenfugenveränderungen des Os metatarsale IV (Mittelwert = 2,02, Standardabweichung = 0,89) im Vergleich zu denen des Os metatarsale III (Mittelwert = 1,82, SD = 0,74). Somit waren die lateralen Epiphysenfugen der Metatarsalknochen geringfügig stärker betroffen und zeigten mehr oder deutlichere Veränderungen.

Die Produzenten erwiesen sich als signifikanter Einflussfaktor auf die gewichtete Summe der röntgenologischen Veränderungen ( $H(19)=61,49$ ,  $p<0,001$ ). Im post-hoc Test konnten signifikante Unterschiede zwischen drei Produzenten gefunden werden (Abbildung 7). Das Produktionslabel erwies sich ebenfalls als signifikanter Einflussfaktor. Die Masttiere, welche unter den Richtlinien von IP-Suisse aufgezogen worden waren, wiesen eine signifikant niedrigere gewichtete Summe der röntgenologischen Veränderungen auf als die, die unter den Richtlinien von Qualitätsmanagement Schweizer Fleisch (QM) aufgezogen worden waren ( $U=3861,00$ ,  $z=-2,98$ ,  $p=0,003$ ,  $r=-0,21$ ).

Auch das Schlachtgewicht ( $p<0,05$ ) und die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme ( $p<0,01$ ) erwiesen sich als signifikante Einflussfaktoren. Mit jedem Kilogramm mehr an Schlachtgewicht stieg die gewichtete Summe der röntgenologischen Veränderungen um 0,003; der Prozentsatz von 2,8% der Streuung der gewichteten Summe wurde durch das Schlachtgewicht erklärt. Mit jedem Gramm höherer durchschnittlicher täglicher Ge-

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Masttieren

C. Bernath et al.



**Abbildung 2:** Röntgenbilder der linken Ossa metatarsalia eines weiblichen Jungrindes (9 Monate alt) ohne Veränderungen (A) und der schwach verändert erscheinenden Wachstumsfuge vom linken Hinterfuss eines 15 Monate alten Maststieres (Tier 41, B) im plantarodorsalen Strahlengang.

A Bild des 9 Monate alten weiblichen Jungrindes mit klaren Epiphysenfugenlinien, unauffälliger Sklerosierung und gleichmässiger Spongiosazeichnung; B Bild vom Maststier. Teilweise unscharfe Epiphysenfugenlinien, schwache Sklerosierungen und schwache Lippenbildung lateral und medial (a).

1 Os metatarsale IV, Metaphyse; 2 Os metatarsale III, Metaphyse; 3 laterale, 4 mediale Epiphysenfuge; 5 laterale, 6 mediale Epiphyse; 7 laterale, 8 mediale Sesambeine; 9 laterales, 10 mediales Fesselgelenk; 11 laterales, 12 mediales Fesselbein.

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

wichtszunahme stieg der Wert der gewichteten Summe der röntgenologischen Veränderungen um 0,001; 4,2% der Streuung der gewichteten Summe wurde durch die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme erklärt. Keinen signifikanten Einfluss auf die röntgenologischen Veränderungen zeigten das Alter, die durchschnittliche relative Wachstumsrate, die Taxation aufgeteilt in Fleischigkeit und Fettgewebe sowie die Rasse.

### Computertomographisch sichtbare Veränderungen

Alle 14 computertomographisch untersuchten Mittelfussknochen zeigten Veränderungen in der Epiphysenfuge (Abbildung 3–6). Im Vergleich mit den Bewertungen anhand der Röntgenuntersuchung wurden im computertomographischen Bild sieben der 14 Röhrlbeine als gleich, drei als weniger stark und vier als stärker verändert bewertet. Bei allen Epiphysenfugen konnten

Verdichtungen oder Aufhellungen der an die Wachstumszone angrenzenden Epiphyse oder Metaphyse festgestellt werden. Alle 14 untersuchten Hinterfüsse zeigten unterschiedlich stark ausgeprägte «Lippenbildungen». Hinsichtlich der Epiphysenfugenkontur konnte am häufigsten eine Erweiterung festgestellt werden. Eine Verengung der Epiphysenfuge war bei drei Röhrlbeinen vorhanden. Bei einem Mittelfussknochen wurde an zwei verschiedenen Lokalisationen je eine Erweiterung und eine Verengung beobachtet. Nur zwei Röhrlbeine wiesen keine sichtbare Veränderung der Weite der Epiphysenfugenkontur auf. Bei 12 von 14 Hinterfüssen wurde eine Unregelmässigkeit der Epiphysenfuge befundet.

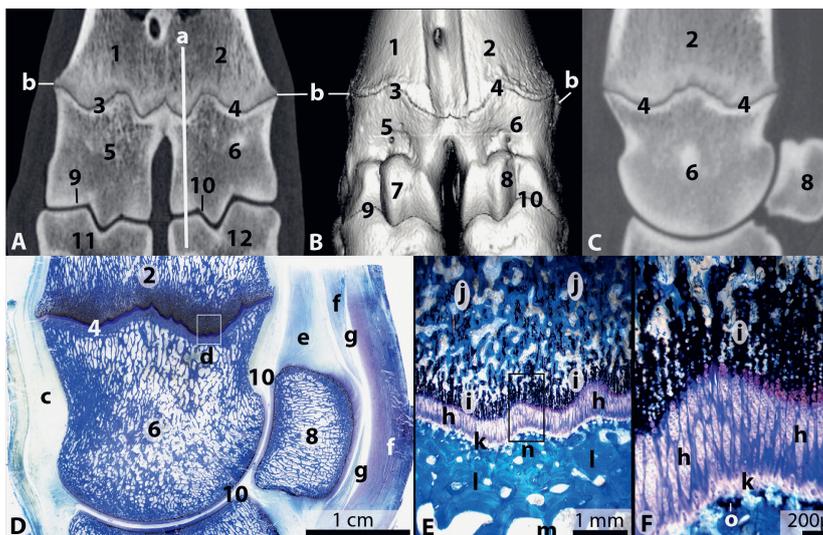
### Histologische Veränderungen

Die histologischen Präparate der beiden Epiphysenfugen des Maststieres mit minimalen röntgenologischen Veränderungen zeigten mehrheitlich regelmässige und schmale Knorpelsäulen von 400 bis 600 µm Höhe (Abbildung 3). Eine leicht gewellte Form der Knorpelsäulenkontur, welche durch wenige kurze, sich in die Metaphyse erstreckende Knorpelzungen zustande kam, war ersichtlich. Die Chondrozyten waren mehrheitlich in regelmässige und lange Zellsäulen gegliedert. Vereinzelt war eine Unregelmässigkeit der Zellsäulen mit kreisförmig angeordneten Chondrozyten zu erkennen.

Die histologischen Präparate des Maststieres mit schwachen röntgenologischen Veränderungen zeigten eine ähnlich regelmässige, dünne Epiphysenfuge. Die Chondrozyten waren mehrheitlich in regelmässige, aber kurze Zellsäulen gegliedert, jedoch erstreckten sich multifokal ungeordnete Knorpelzungen bis zu 1,5 mm in die Metaphyse (Abbildung 4). Zusätzlich waren innerhalb der Knorpelzungen zum Teil Verkalkungsherde, stark verbreiterte Zellsäulen und kreisförmig angeordnete Chondrozyten ersichtlich.

Bei deutlichen röntgenologischen Veränderungen zeigte sich grossteils eine Aufweitung der Epiphysenfuge, die durch eine grössere Höhe der Knorpelsäulen bedingt war (Abbildung 5). Diese waren mehrheitlich ca. 800 µm hoch, mit fokalen Ausziehungen bis zu 2 mm Höhe. Innerhalb der Knorpelzungen, welche sich in die Metaphyse erstreckten, waren grosse Verkalkungsherde und Spalten auf der gesamten Weite der Wachstumszone erkennbar. Inseln mit kreisförmig angeordneten Knorpelzellen waren häufig aufzufinden.

Bei der stark verändert beurteilten Wachstumszone waren neben unregelmässigen Zellsäulen häufig auch kreisförmig angeordnete Knorpelzellen vorhanden. Breite Abschnitte der Epiphysenfugen wiesen Knorpelwände mit einer Höhe von bis zu 4,8 mm auf (Abbildung 6). Viele der Chondrozyten erschienen hohl oder enthielten grosse Vakuolen. Zwischen den hohen Knorpel-



**Abbildung 3:** Bildgebende Darstellung und histologische Untersuchung der linken Ossa metatarsalia und ihrer Umgebung mit weitgehend unveränderter Wachstumsfuge und nur sehr wenigen schwachen osteochondrotischen Veränderungen eines Maststieres (Tier 41, Rx-Summe Metatarsus = 2,5, Rx-Summe Stier = 6).

A Computertomographischer (CT) Transversalschnitt durch die Wachstumszone mit eingezeichneter Längsachse des histologischen Sagittalschnittes (a, weisser Balken).

B 3D-Rekonstruktion der CT-Bilder in Ansicht von dorsal.

C CT-Sagittalschnitt im Bereich der Ebene a von Abbildung A

D Histologischer Sagittalschnitt durch das Os metatarsale III samt Umgebung in der Sagittalebene (a) von Abbildung A. Giemsa-Färbung nach Hartschnitttechnik, Übersicht.

E Wachstumsfuge und Umgebung, Ausschnitt aus D bei kleiner Vergrösserung.

F Detail der Wachstumsfuge mit säulenartig angeordneten Knorpelzellen und säulenförmiger Verknöcherung auf Seite der Metaphyse, Ausschnitt aus E.

a Schnittebene von Abbildung C und D; b schwache Lippenbildung am Fugenrand; c Gelenkkapsel des Fesselgelenks; d Ausschnitt von Abbildung E; e Sehne des Fesselträgers; f Unterstützungsband des M. interosseus medius und Beugesehnen; g Fesselbeugesehnen-scheide; h enge Wachstumsfuge mit säulenartiger Anordnung der Knorpelzellen in Richtung Metaphyse; i beginnende Verknöcherung der Knochenbälkchen (dunkel), j weiter ausgereifter Knochen der Metaphyse; k dünne Lagen der Knorpelzellen in Richtung Epiphyse; l dichter Knochen der Epiphyse; m lockere Bälkchenstruktur der Epiphyse; n Ausschnitt der Abbildung F;

o kleine Knochenbälkchen der Epiphyse mit beginnender Verkalkung (dunkel).

zell-Säulen waren Verkalkungen und lange Spalten mit Zelltrümmern ersichtlich. Stellenweise war die Epiphysenfuge nicht durchgehend nachzuverfolgen. Ferner war der an die Epiphysenfuge angrenzende Knochen der Epiphyse stark verdichtet.

## Diskussion

Die Prävalenz von Veränderungen der Wachstumsfugen war bei den Schweizer Maststieren der hier vorgelegten Untersuchung hoch. Bei allen Stieren konnten unterschiedliche starke röntgenologische Anzeichen einer Störung der enchondralen Ossifikation in den Wachstumszonen festgestellt werden. Die Osteochondrose wird als Überlastungsschaden des Knochens angesehen, der dadurch entsteht, dass die Skelettentwicklung nicht mit der erhöhten Beanspruchung durch die schnellen Gewichtszunahmen Schritt hält.<sup>24</sup> Bezeichnungen wie «Epiphysitis»<sup>21,28</sup> oder «Phyisit» für dieses Krankheitsbild sind gebräuchlich, aber weniger zutreffend.

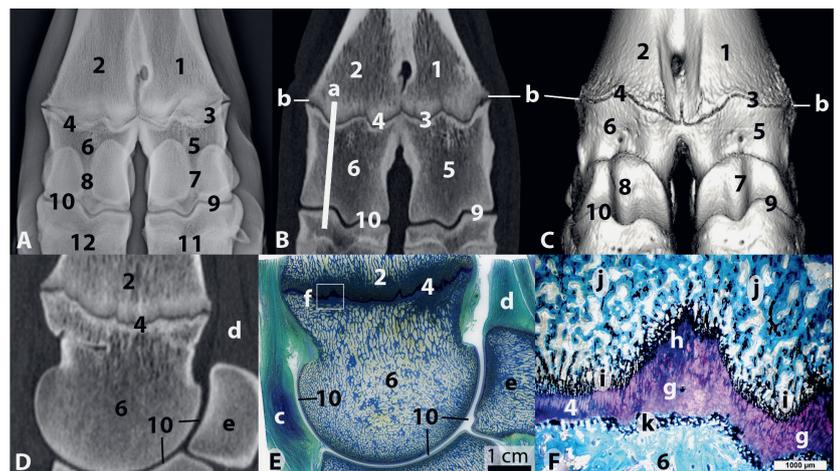
Da keines der Ossa metatarsalia der Masttiere gänzlich frei von osteochondrotischen Veränderungen war, mussten Röntgenbilder von Rindern mit unveränderten Wachstumszonen (Abbildung 2) als Referenz herangezogen werden. Die Röntgenuntersuchung gilt zwar als Standard für die Diagnose von Knochenveränderungen beim Rind,<sup>16,27</sup> jedoch können letztlich die Grenzen zwischen «krankhaft» und «gesund» anhand des Röntgenbildes nur abgeschätzt werden. Befundung und Gewichtung der Befunde sind daher zu einem nicht genau bestimmbareren Anteil subjektiv.

Schon bei der Adspektion der abgetrennten Hinterfüsse waren oft deutliche Auftreibungen um die Epiphysenfugen («Lippenbildung») wahrzunehmen.<sup>21,28</sup> Die häufigsten röntgenologischen Veränderungen waren knöcherne Ausziehungen an den lateralen und medialen Epiphysen- und Metaphysenbereichen («Lippenbildung»). Diese entsteht den histologischen und computertomographischen Befunden zufolge dadurch, dass die Epiphyse durch Knochenzubau die Unterstützungsflächen für die Metaphyse vergrössert. Die resultierende «Lippenbildung» soll vermutlich die Instabilität, die durch die hohen Knorpelsäulen, die mangelnde Ossifikation und die Spaltenbildung in der Metaphyse entsteht, kompensieren. Die häufigen Sklerosierungen des an die Epiphysenfuge angrenzenden Knochens<sup>31</sup> wurden gleichfalls als ausgleichende Massnahme für die unzureichende Verknöcherung des Säulenknorpels angesehen. Das Vorhandensein von weniger und dünneren Spongiosabälkchen,<sup>1</sup> als weitere histologische Anzeichen der Osteochondrose, wurde nicht systematisch registriert. An den untersuchten Ossa metatarsalia konnten wir keine periostalen Zubildungen, wie an Radius und Tibia<sup>28</sup> festgestellt, finden.

Eine Einteilung in unterschiedlich starke Schädigungen war, wie oben diskutiert, nicht ohne Subjektivität zu treffen. Dabei lag die Schwierigkeit darin, zwischen den schwachen und den deutlichen Veränderungen zu differenzieren. Verschooten et al. (2000) legten Übergangszonen zwischen gesunden und infiziertem Knochen fest, die kleiner oder grösser als 0,5 cm waren.<sup>31</sup> Anhand der von uns festgestellten Übereinstimmung von röntgenologischen und histologischen Veränderungen sollten bei aseptischen Fugenveränderungen schon 1–2 mm grosse Veränderungen als krankhaft verändert beurteilt werden, denn computertomographisch und histologisch war ersichtlich, dass diese Aufhellungen einem erweiterten Säulenknorpel und Verdichtungen der Einlagerung von Knochensubstanz entsprachen (Abbildung 3–6). Weiterhin wurde durch die computertomographischen und histologischen Untersuchungen sichtbar gemacht, dass in einem Fugenanschnitt sowohl unverän-

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.



**Abbildung 4:** Bildgebende Darstellung und histologische Untersuchung der rechten Ossa metatarsalia und ihrer Umgebung mit schwachen osteochondrotischen Veränderungen in der Wachstumsfuge eines Maststieres (Tier 27, Rx-Summe Metatarsus = 4,5, Rx-Summe Tier = 10).

A Röntgenbild im plantarodorsalen Strahlengang.

B CT-Transversalschnitt dorsal der Gleichbeine mit eingezeichneter Längsachse des histologischen Sagittalschnittes (Abbildung E).

C 3D-Scan der CT-Bilder in Ansicht von dorsal.

D CT-Sagittalschnitt in Nähe des histologischen Schnittes (E) mit stellenweise schwachen Verbreiterungen.

E Histologischer Sagittalschnitt durch Mt III und Umgebung der medialen Zehe.

Hartschnitttechnik, Giemsa-Färbung.

F Ausschnitt aus Abbildung E mit zwei erweiterten Stellen der Fuge und Verkalkung des Knorpels.

1 Os metatarsale IV, Metaphyse; 2 Os metatarsale III, Metaphyse; 3 laterale, 4 mediale Epiphysenfuge; 5 laterale, 6 mediale Epiphyse; 7 laterale, 8 mediale Sesambeine; 9 laterales, 10 mediales Fesselgelenk; 11 laterales, 12 mediales Fesselbein.

a Schnittebene der Abbildung D und E; b schwache Lippenbildung am Fugenrand;

c Strecksehne; d Sehne des Fesselträgers; e abaxiales Gleichbein der medialen Zehe;

f Ausschnitt von Abbildung F.

g erweiterte Stellen der Fuge mit unregelmässigen Kalkeinlagerungen (h, dunkel);

i beginnende und j fortgeschrittene Verknöcherung der Metaphyse; k beginnende Verknöcherung der Epiphyse (dunkle Bälkchen).

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

derte als auch veränderte Bereiche vorhanden waren. Diese überlagern sich im Röntgenbild, wodurch Veränderungen weniger gut erkennbar sind. Die von uns vorgenommene systematische Bewertung bietet einen Ansatz zur röntgenologischen Beurteilung von aseptischen Epiphysenfugenveränderungen, ohne den Anspruch eines endgültigen Schemas zu erheben.

Die stark veränderten Epiphysenfugen zeigten computertomographisch und histologisch eine deutliche Aufweitung der Fuge und bis zu 4,8 mm lange, sich in die Metaphyse erstreckende Knorpelwände (Abbildung 6). Darin befindliche Spalten waren mit Zelltrümmern gefüllt, so dass es sich nicht um Artefakte handelte.<sup>8,18,23,24,32</sup> Retinierter Knorpel weist auf eine Störung der metaphysären Vaskularisation hin, wodurch die Ossifikation verhindert wird.<sup>18</sup>

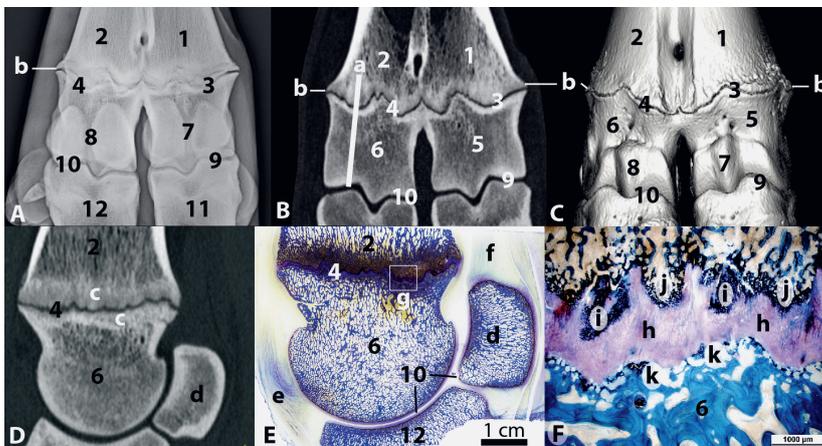
Wie in älteren Publikationen<sup>1,24</sup> waren auch in der hier vorgelegten Untersuchung bei allen Stieren Störungen der enchondralen Ossifikation der Wachstumszonen nachweisbar. Kürzlich erschienene Arbeiten<sup>8,18</sup> fanden geringere Prävalenzen (65%), fokussierten sich jedoch auf gravierende Schädigungen und Infektionen der

Wachstumszonen,<sup>18</sup> oder untersuchten andere Knochen.<sup>8</sup> Dutra et al. (1999) fanden röntgenologisch und histologisch eine ähnlich hohe Prävalenz von 80,4% an osteochondralen Läsionen, allerdings in den distalen Epiphysenfugen der Tibia und des Kalkaneus von Maststieren.<sup>8</sup> Die leicht niedrigere Prävalenz ist somit auch durch die Untersuchung anderer Epiphysenfugen, anderer Rassen sowie unterschiedlicher Haltung und Fütterung zu erklären.

Die Ossa metatarsalia sollten deswegen in der hier vorgelegten Untersuchung beurteilt werden, weil sie die häufigste Lokalisation von osteochondrotischen Schädigungen der Wachstumszonen darstellen.<sup>7,10,18,28,31</sup> Ebenso wie nach anderen Autoren, die allerdings über Knocheninfektionen berichteten,<sup>31</sup> war die Wachstumszone des Os metatarsale IV stärker betroffen als die des Os metatarsale III, vermutlich weil sie mehr belastet wird als die mediale.<sup>20,31</sup>

Eine klinische Untersuchung inklusive Lahmheitsuntersuchung der Masttiere konnte in der hier vorgelegten Untersuchung nicht durchgeführt werden. Da die Stiere in der Normalschlachtung geschlachtet wurden, war bei ihnen eine Lahmheit zumindest nicht offensichtlich. Allerdings zeigte der Abgleich der Röntgenbilder der hier vorgelegten Untersuchung mit denen von lahmen Masttieren aus dem eingangs angesprochenen Problem-betrieb (Kemper, pers. Mitteilung) und der Literatur<sup>14,18,28</sup>, dass deutliche und starke osteochondrale Veränderungen durchaus mit einer Lahmheit assoziiert sind.

Lahmende Masttiere und somit noch stärkere Fugenschädigungen oder gar Infektionen wurden in der hier vorgelegten Untersuchung vermutlich nicht erfasst, denn stark lahme Stiere werden der Krankschlachtung zugeführt oder eingeschläfert. Auch andere Untersucher wiesen osteochondrotische Veränderungen der Epiphysenfugen nach, obwohl die Masttiere nicht lahm waren.<sup>18</sup> Dennoch weisen die festgestellten Fugenveränderungen auf die Überlastung der Knochen der Masttiere hin, die dazu führt, dass die Knorpelsäulen nicht adäquat ossifiziert werden, was zu Instabilität des Knochens und nachfolgend zu Schmerzen und Leistungseinbußen führen kann. Weiterführende Untersuchungen auf Betrieben wären deswegen nötig, um festzustellen, welche der beobachteten radiologischen und histologischen Veränderungen eine, eventuell auch vorübergehende, Lahmheit verursachen. Bei der klinischen Untersuchung müsste auch auf steifem Gang, Trippeln, Schonen einzelner Gliedmassen, vorsichtiges Aufstehen, vermehrtes Liegen und reduzierte Gewichtszunahme geachtet werden, denn osteochondrotische Schäden an den Wachstumszonen sind aufgrund ihrer multiplen Lokalisation oft nicht mit einer eindeutigen Lahmheit an einer Gliedmasse verbunden.<sup>21,28</sup>



**Abbildung 5:** Bildgebende Darstellung und histologische Untersuchung der rechten Ossa metatarsalia eines Maststieres mit deutlichen osteochondrotischen Veränderungen in der Wachstumsfuge (Tier 28, Rx-Summe Metatarsus = 5,5, Rx-Summe Stier = 11).

A Röntgenbild des Bereichs der Wachstumszone in plantarodorsaler Strahlenrichtung.

B CT-Transversalschnitt mit eingezeichneter Schnittebene (a) der Sagittalschnitte D und E.

C 3-D-Rekonstruktion des Bereichs der Wachstumszone in Ansicht von dorsal.

D CT-Sagittalschnitt in Nähe des histologischen Schnittes (E) mit mehreren Verbreiterungen der Fuge und Verdichtung des angrenzenden Knochens.

E Histologischer Sagittalschnitt durch Mt III und Umgebung mit mehreren verbreiterten Stellen der Fuge und Verdichtung des angrenzenden Knochens. Giemsa-Färbung.

F Ausschnitt aus Abbildung E mit mehreren Bereichen der verbreiterten Fuge mit Verkalkungen des Knorpels.

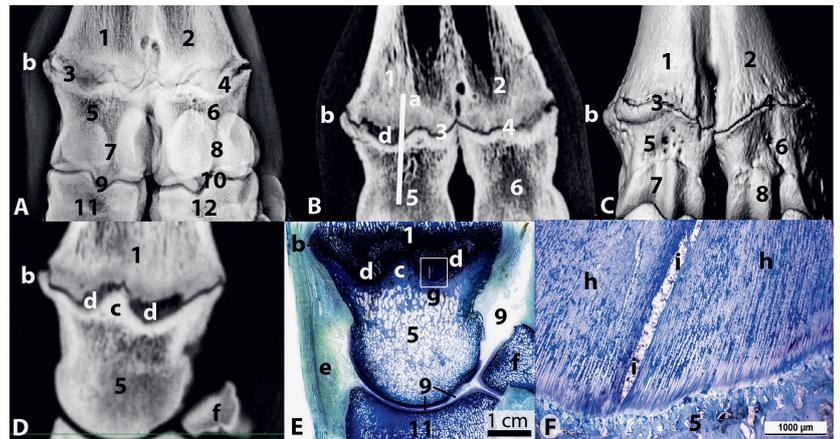
1–12: siehe bei Abbildung 4.

a Schnittlinie der Abbildung D und E; b Lippenbildung des Knochens an den Seiten der Wachstumsfuge; c Verdichtung des Knochens; d abaxiales Gleichbein; e Strecksehne; f Sehne des Fesselträgers; g Ausschnitt von Abbildung F; h–i verdickter Knorpel (h) mit Kalkeinlagerungen (i); j beginnende Verknöcherung der Metaphyse (dunkel); k beginnende Verknöcherung der Epiphyse.

Eine hohe Prävalenz von Veränderungen der Wachstumszone der Ossa metatarsalia wurde aufgrund der Haltung und intensiven Fütterung von Maststieren erwartet. Weitere Fugen, wie die der Tibia und der Ossa metacarpalia, wurden nicht untersucht, jedoch ist dokumentiert, dass diese oft gleichzeitig von Schädigungen betroffen sind.<sup>23,33</sup> Eine energie- und proteinreiche Diät, hohe Gewichtszunahme, schnelles Wachstum und der Einfluss harter Böden wurden bereits als Ursache für die Osteochondrose der Epiphysenfugen dokumentiert.<sup>8,18,23,30,32</sup> Diese Faktoren sind auch nach der hier vorliegenden Untersuchung wohl entscheidend beteiligt, denn die Produzenten, das Produktionslabel, das Schlachtgewicht und die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme konnten als signifikante Einflussfaktoren auf die röntgenologischen Veränderungen der Epiphysenfugen eruiert werden. Die Produzenten waren trotz kleiner Stichprobengröße ein signifikanter Einflussfaktor. Der Zusammenhang zwischen schneller Gewichtszunahme und osteochondrotischen Schäden der Wachstumszonen<sup>8,18,23,30,32</sup> wurde erneut unterstrichen. Welche Produktionsfaktoren in manchen Betrieben vermehrt zu Läsionen der Wachstumszone führten, bedarf weiterer Untersuchungen. Nach verschiedenen Arbeiten hatte die Art der Aufstallung sowie die Bodenbeschaffenheit einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl und den Schweregrad von Läsionen in den Epiphysenfugen.<sup>24,28,32</sup> Vergleichsweise wurden in der hier vorgelegten Untersuchung bei den unter den Richtlinien von IP-Suisse produzierten Maststieren weniger starke Veränderungen beobachtet. Die IP-Suisse-Richtlinien haben höhere Standards für die Haltung und verlangen, dass die Masttiere nach den Anforderungen der Verordnungen «Besonders Tierfreundliche Stallhaltungssysteme» (BTS) und «Regelmässiger Auslauf ins Freie» (RAUS) gehalten werden (Schweizerischer Bundesrat 23.11.2013). Des Weiteren ist die Haltung von Tieren in Liegeboxen nur auf bewilligten Liegematten erlaubt. Somit sind diese Tiere möglicherweise aufgrund der Haltung geringeren biomechanischen Kräften auf die Epiphysenfugen ausgesetzt. Der signifikante Unterschied zwischen den Produktionslabels fiel jedoch klein aus. Interessant wäre, Weidemasttiere vergleichend zu untersuchen.

## Schlussfolgerungen

Alle in die Normalschlachtung gegangenen Masttiere zeigten nach der hier vorgelegten Untersuchung Epiphysenfugenveränderungen im Sinne einer Osteochondrose. Diese sind Anzeichen für eine Überlastung der Knochen infolge schnellen Wachstums und hoher Gewichtszunahme. Osteochondrotische Schädigungen sind potentiell mit Schmerzen und Leistungseinbussen verbunden und weisen auf einen Verbesserungsbedarf im Fütterungs- und Haltungsmanagement hin.



**Abbildung 6:** Bildgebende Darstellungen und histologische Untersuchung der linken Ossa metatarsalia eines Masttieres mit starker Osteochondrose in den Wachstumsfugen (Tier 4, Rx-Summe Metatarsus = 9,75, Rx-Summe Stier = 14,75).

A Röntgenbild im plantarodorsalen Strahlengang. Grosse Aufhellung im Bereich der lateralen Fuge (3). Starke Lippenbildung (b)

B CT-Transversalschnitt dorsal der Gleichbeine mit eingezeichneter Linie der Schnittebene (a) der Abb. D und E. Lippenbildung (b), Aufhellung der lateralen Fuge (d) verdeutlicht, unregelmässige Verbreiterung der medialen Fuge (4).

C 3-D-Rekonstruktion der Ossa metatarsalia in Ansicht von dorsal. Lippenbildung (b) verdeutlicht.

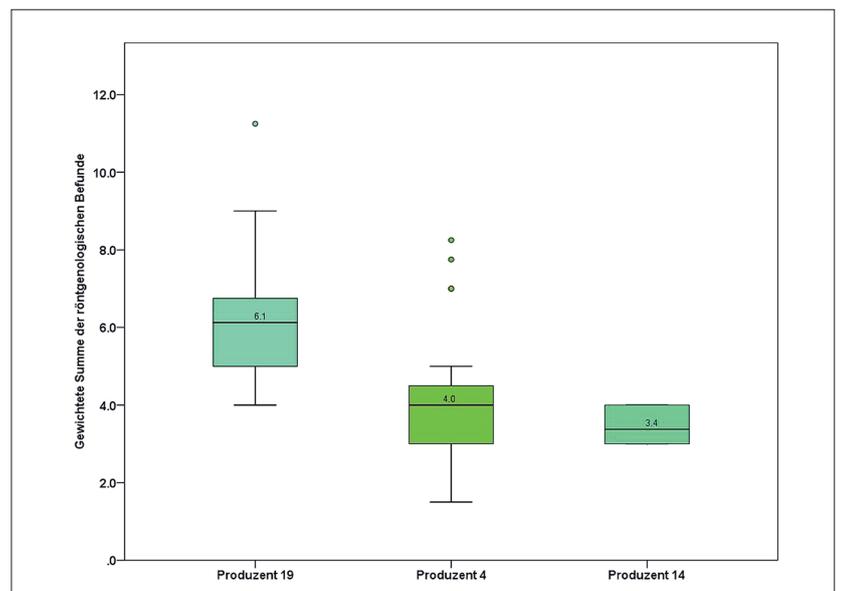
D. CT-Sagittalschnitt in Nähe des histologischen Schnittes E mit starken Erweiterungen der Wachstumsfuge (d). Verdichtung des Knochens (c). Lippenbildung dorsal (b)

E Histologischer Sagittalschnitt durch Mt IV und Umgebung mit den gleichen Befunden wie in D. Giemsa-Färbung. Gelenkkapsel (e); abaxiales Gleichbein (f); g Ausschnitt von Abbildung F (g).

F Ausschnitt aus Abb. E. Der massiv erhöhte Säulenknorpel (h) zeigt Risse und Zerfall. i Riss mit Zelldetritus.

1–12: siehe Abbildung 4.

a Schnittlinie der Abb. D und E; b Lippenbildung dorsal und seitlich; c Verdichtung des Knochens; d stark erweiterte Stellen der Fuge; e Gelenkkapsel; f abaxiales Gleichbein; g Ausschnitt von Abbildung F.



**Abbildung 7:** Gewichtete Summen der Röntgenbefunde der drei Produzenten, die sich signifikant unterschieden. Die Kästchen enthalten 50% der Werte und zeigen den Median (Linie in den Kästchen) und das obere sowie untere Quartil. Die Antennen repräsentieren den Interquartilsabstand  $\times 1,5$  oder minimale und maximale Werte. Die Punkte markieren die Ausreisser.

Prävalenz von  
osteocondrotischen  
Veränderungen der  
Epiphysenfugen der Ossa  
metatarsalia bei  
Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

## Danksagungen

++ Frau Dr. Dagmar Kemper für die Überweisung der Stiere aus dem Problembestand.

Herrn Martin Schönthal für die grosse Hilfe beim Sammeln und Aufbereiten der Füsse.

Frau Michelle Aimée Oesch und Frau Jeanne Peter für die Gestaltung der Abbildungen, und Frau Claudia di Giovanna für die radiologischen Untersuchungen.

Der Universität Zürich für die finanzielle Unterstützung von Teilen der Untersuchung.

## Prévalence des lésions ostéocondrales de la plaque de croissance métatarsienne chez les taureaux d'engraissement suisses

La prévalence des modifications ostéocondrales des plaques de croissance métatarsiennes des taureaux à l'engraissement a été étudiée. Des radiographies planto-dorsales de la région métatarsienne de 204 membres postérieurs de 102 taureaux d'engraissement abattus ont été réalisées. Les lésions radiographiques des plaques de croissance métatarsiennes ont été confirmées dans des cas sélectionnés par tomodensitométrie (n=14) et histologie (n=6). Les critères radiographiques des lésions du cartilage de conjugaison étaient les déviations de l'axe entre les os métatarsiens et les phalanges, les radiotransparences du cartilage de conjugaison, l'augmentation de la densité osseuse de la métaphyse, les irrégularités du cartilage de conjugaison et les ostéophytes marginaux («lipping»). Les lésions individuelles ont été classées comme présentes/absentes ou 1 = légères, 2 = distinctes et 3 = sévères. Une somme pondérée de ces modifications radiographiques a été générée pour chaque plaque de croissance et pour chaque animal et utilisée pour l'analyse statistique des associations entre les facteurs d'élevage et l'apparition de lésions.

Presque tous les os métatarsiens présentaient des signes de modifications ostéocondrales sur les radiographies des plaques de croissance. Les lésions les plus fréquentes étaient le «lipping» (99,5%), l'augmentation de la densité osseuse au niveau de la métaphyse (66,6%) et les radiotransparences des plaques de croissance (64,1%). La tomodensitométrie et l'histologie ont révélé une hyperplasie des marges de l'épiphyse et de la métaphyse, une augmentation focale des dépôts osseux accompagnée d'une ossification incomplète et des colonnes cartilagineuses irrégulières et élargies sur le cartilage de conjugaison. Il y avait des associations statistiquement significatives entre les changements radiographiques pondérés et le poids d'abattage, le gain de poids quotidien moyen, les pratiques d'élevage et les labels de production.

## Prevalenza di cambiamenti osteocondrotici delle articolazioni epifisarie delle ossa metatarsali nei tori da ingrasso svizzeri

La prevalenza dei cambiamenti osteocondrali nelle articolazioni epifisarie dei tori da ingrasso doveva essere documentata, per questo studio, post-mortem utilizzando le ossa metatarsali. Sono state quindi raccolti ed esaminati radiograficamente 204 piedi posteriori di 102 tori da ingrasso nel percorso fascio plantarodorsale. Le lesioni delle ossa metatarsali sono state confermate in casi selezionati utilizzando la tomografia computerizzata (n=14) e l'istologia (n=6). I criteri radiografici dei risultati delle lesioni erano il gonfiore dei tessuti molli, la deviazioni dell'asse tra il metatarso e il piede, schiarimenti nella zona di crescita, aumento della densità dell'osso adiacente all'articolazione epifisaria, regolarità e larghezza delle linee dell'articolazione epifisaria così come estrazioni ossee («lipping») al bordo dell'articolazione epifisaria. Le singole lesioni sono state classificate come presenti/assenti o 1 = lievi, 2 = evidenti e 3 = gravi. Una somma ponderata di questi cambiamenti radiografici è stata generata per ogni metatarso e per ogni animale, e utilizzata per l'analisi statistica delle associazioni tra i fattori di allevamento e la comparsa delle lesioni.

Tra le 204 ossa metatarsali raccolte, quasi tutte evidenziavano cambiamenti radiografici nel senso di osteocondrosi alle articolazioni epifisarie. Le lesioni più comuni erano il lipping (99,5%), l'aumento della densità ossea vicino alle linee articolari (66,6%) e gli schiarimenti nella zona di crescita (64,1%). La tomografia computerizzata e l'istologia hanno rivelato un'iperplasia dei margini dell'epifisi e della metafisi, e un aumento focale dei depositi ossei accompagnato da un'ossificazione incompleta e colonne cartilaginee irregolari e allargate della placca di crescita. Sono state rilevate associazioni statisticamente significative tra i cambiamenti radiografici ponderati e il peso di macellazione, l'aumento di peso medio giornaliero, le pratiche di allevamento e l'etichetta di produzione.

La prévalence des lésions radiographiques révélatrices d'une ostéochondrose des plaques de croissance métatarsiennes des taureaux d'engraissement abattus dans un abattoir local était élevée. La mesure dans laquelle ces lésions distinctes et sévères sont associées à une production réduite et à une boiterie clinique évidente nécessite une étude plus approfondie.

**Mots clés:** taureaux d'engraissement, plaque de croissance, lésions, os métatarsiens, prise de poids

La prevalenza di lesioni radiografiche indicative di osteochondrosi delle placche di accrescimento metatarsali dei tori da ingrasso macellati in un mattatoio locale era alta. La misura in cui queste lesioni distinte e gravi sono associate a una produzione ridotta e a una zoppia clinica evidente richiede ulteriori studi.

**Parole chiave:** Tori da ingrasso, placca di crescita, lesioni, ossa metatarsali, aumento di peso

Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Maststieren

C. Bernath et al.

## Literaturnachweis

- 1 Andraea U, Dämmrich K: Über die Beeinflussung der Skelettentwicklung durch energetisch unterschiedliche Fütterung bei eineiigen Zwillingsbullern. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1972; 85(14): 261–265.
- 2 Bargai U, Pharr J, Morgan J: *Bovine Radiology*. Iowa State University Press, Iowa, 1989.
- 3 Bernath C: Prävalenz von Veränderungen der Wachstumszonen an den Röhrebeinen von Maststieren – eine postmortale Untersuchung. Masterarbeit, Vetsuisse-Fakultät Zürich, 2017.
- 4 Brentano G, Dämmrich K, Unshelm J: Untersuchungen über Gelenk- und Klauenveränderungen bei auf Latten rosten und auf Stroheinstreu gehaltenen Mastkälbern. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1979; 92(12): 229–233.
- 5 Dämmrich K, Seibel S, Huth FW, Andraea U: Adaptationskrankheiten des Bewegungsapparates bei 12, 15 und 18 Monate alten und unterschiedlich gefütterten Mastbullern: 1 Morphologie, Lokalisation und Vorkommen der Arthropathia deformans. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1976; 89(4): 84–88.
- 6 Dämmrich K, Unshelm J: Die Einflüsse extremer Unterschiede in der Nährstoffversorgung auf die Entwicklung des Skeletts und das Vorkommen von Skelettveränderungen bei Schweinen der deutschen Landrasse. *Zentralbl Veterinärmed A* 1975; 22(1): 1–13.
- 7 De Kesel A, Verschooten F, De Moor A, Steenhaut M, Wouters L: Bacterial osteitis-osteomyelitis of the growth plates in cattle. *Vlaams Diergeneesk Tijdschr* 1982; 51(5): 397–422.
- 8 Dutra F, Carlsten J, Ekman S: Hind limb skeletal lesions in 12-month-old bulls of beef breeds. *Zentralbl Veterinärmed A* 1999; 46(8): 489–508.
- 9 Flint JC, Jensen R: Pathology of necrobacillosis of the bovine foot. *Am J Vet Res* 1951; 12(42): 5–13.
- 10 Funk KA: Über 11 Fälle hämatogen entstandener Osteomyelitis der Röhrenknochen beim Rind. *Berl Münch Tierärztl Wschr* 1978; 91: 276–279.
- 11 Goedegebuure SA, Häni HJ, van der Valk PC, van der Wal PG: Osteochondrosis in six breeds of slaughter pigs. *Vet Quarterly* 1980; 2(1): 28–41.
- 12 Greenough P, McCallum FJ, Weaver AD: Position of the epiphyseal plates. In: Greenough PR, McCallum FJ, Weaver AD (eds.), *Lameness in Cattle*. J.B. Lippincott, Philadelphia and Toronto, 1972: 89–94.
- 13 Hoey SE, Biedrzycki AH, Livesey MJ, Drees R: Radiographic anatomy of juvenile bovine limbs. *Vet Rec* 2016; 179(21): 546.
- 14 Jensen R, Park R, Lauerman L, Braddy P, Horton D, Flack D, Cox M, Einertson N, Miller G, Rehfeld C: Osteochondrosis in Feedlot Cattle. *Vet Pathol* 1981; 18(4): 529–535.
- 15 Julian RJ: Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – A review. *Vet J* 2005; 169(3): 350–369.
- 16 Kofler J, Geissbühler U, Steiner A: Diagnostic imaging in bovine orthopedics. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2014; 30(1): 11–53.
- 17 Küpfer M, Schinz H: Beiträge zur Kenntnis der Skelettbildung bei domestizierten Säugetieren auf Grund röntgenologischer Untersuchungen. Anlage und Entwicklung des Knochenskelettes der Vorder- und Hinterextremität des Hausrindes (*Bos taurus* L.). *Denkschr Schweiz Naturf Ges* 1923; 59: 1–133.
- 18 Levi M, Dittmer KE, Gentile A, Beltrame A, Bolcato M, Morgante M, et al.: Growth Plate Lesions of Fattening Bulls. *Vet Pathol* 2017; 54(3): 437–444.
- 19 Morel I, Oberson J-L, Schlegel P, Chassot A, Lehmann E, Kessler J: Fütterungsempfehlungen für die Grossviehmast. In: *Agroscope, ed. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (Grünes Buch)*. Agroscope; 1725 Posieux, Schweiz; 2017: 2–25.
- 20 Muggli E, Sauter-Louis C, Braun U, Nuss K: Length asymmetry of the bovine digits. *Vet J* 2011; 188(3): 295–300.
- 21 Murphy PA, Weavers ED, Barrett JN: Epiphysitis in beef cattle fattened on slatted floors. *Vet Rec* 1975; 97(23): 445–447.
- 22 Oishi A, Hamada S, Sakamoto H, Kamiya S, Yanagida K, Kubota C, et al.: Radiographical evaluation of bone maturation in Japanese black beef cattle. *J Vet Med Sci* 1996; 58(6): 529–535.
- 23 Reiland S, Strömberg B, Olsson S, Dreimanis I, Olsson I: Osteochondrosis in growing bulls. Pathology, frequency and severity on different feedings. *Acta Rad Suppl* 1978; 358: 179–196.
- 24 Seibel S, Dämmrich K, Andraea U: Überbelastungsschäden an der distalen Epiphysenfugenscheibe des Radius bei Mastbullern aus verschiedenen Aufstallungsformen. *Berl Münch Tierärztl Wochenschr* 1973; 86(23): 441–447.
- 25 Smart ME, Gudmundson J, Christensen DA: Trace mineral deficiencies in cattle: a review. *Can Vet J* 1981; 22(12): 372–376.
- 26 Stanek C: Schultergliedmasse, Beckengliedmasse. In: Budras J, Buda S (eds.), *Atlas der Anatomie des Rindes. Supplement klinisch-funktionelle Anatomie*. Schlütersche Verlagsgesellschaft, Hannover, 2007: 1–6.

- Prävalenz von osteochondrotischen Veränderungen der Epiphysenfugen der Ossa metatarsalia bei Schweizer Masttieren
- C. Bernath et al.
- <sup>27</sup> Steiner A, Geissbuhler U, Stoffel M, Wegmüller M: Bovine Radiology – Digital Diagnostic Atlas. In: Steiner A, Geissbuhler U, Stoffel M, Hrsg. Vetsuisse-Fakultät der Universität Bern; 2010.
- <sup>28</sup> Steiner S, Gelfert CC, Kofler J: Bestandsproblem Epiphysitis bei Mastbullen – Fallbericht. *Klauentierpraxis* 2009: 17.
- <sup>29</sup> Sterba O: Prenatal Development of Metacarpus and Metatarsus of Cattle. *Acta Vet Brno* 2004: 73: 405–412.
- <sup>30</sup> Thompson K: Bones and Joints. In: Grant Maxie M (Hrsg.), Jubb, Kennedy and Palmer's Pathology of Domestic Animals 5ed. Elsevier, London, UK., 2007: 1–184.
- <sup>31</sup> Verschooten F, Vermeiren D, Devriese L: Bone infection in the bovine appendicular skeleton: a clinical, radiographic, and experimental study. *Vet Radiol Ultrasound* 2000: 41(3): 250–260.
- <sup>32</sup> White S, Rowland G, Whitlock R: Radiographic, macroscopic, and microscopic changes in growth plates of calves raised on hard flooring. *Am J Vet Res* 1984: 45(4): 633–639.
- <sup>33</sup> Ytrehus B, Carlson CS, Ekman S: Etiology and pathogenesis of osteochondrosis. *Vet Pathol* 2007: 44(4): 429–448.
- <sup>34</sup> Zietschmann O, Krölling O: Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere. Paul Parey, Berlin und Hamburg. 1955.

## Korrespondenzadresse

Karl Nuss  
Departement für Nutztiere  
Vetsuisse-Fakultät der  
Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 260  
CH-8057 Zürich  
Telefon: +41-44-6359031  
E-Mail: karl.nuss@uzh.ch