

**Zeitschrift:** Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

**Band:** 130 (1988)

**Artikel:** Vergleichende histomorphometrische Untersuchungen an Knochen von gesunden Mastschweinen und solchen mit Osteochondrosis (OC)

**Autor:** Häni, H. / Kaser, T. / Schwörer, D.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-588484>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Schweiz. Arch. Tierheilk. 130, 5–17, 1988

Aus dem Institut für Tierpathologie<sup>1</sup> (Prof. Dr. H. Luginbühl),  
dem Institut für Tieranatomie<sup>2</sup> (Prof. Dr. W. Mosimann)  
der Universität Bern und der Mast- und Schlachtleistungsprüfanstalt, 6204 Sempach<sup>3</sup>  
(Dr. A. Rebsamen)

## Vergleichende histomorphometrische Untersuchungen an Knochen von gesunden Mastschweinen und solchen mit Osteochondrosis (OC)

von H. Häni<sup>1</sup>, Th. Kaser<sup>1</sup>, D. Schwörer<sup>3</sup> und H. Kopf<sup>2</sup>

### Einleitung und Problemstellung

Bei Mast- und jungen Zuchtschweinen gilt Osteochondrosis (OC) als wichtigste Ursache der Beinschwäche (Reiland, 1978 a; Nakano *et al.*, 1981). Der OC liegt eine generalisierte Differenzierungsstörung des wachsenden Knorpels in Gelenken und Epiphysenfugen zugrunde, mit daraus resultierender Hemmung der enchondralen Ossifikation (Olsson und Reiland, 1978). Die häufigsten und schwersten Läsionen finden sich bilateral-symmetrisch in den Epiphysenfugen der distalen Ulna, des proximalen Humerus und Femur, im Gelenkknorpel des medialen Condylus femoris sowie am medialen und lateralen Condylus des Humerus (Goedegebuure, 1976; Reiland, 1978 b). Auch Untersuchungen in der Schweiz, bei Schweinen aus der Mastleistungsprüfung, belegen die starke Verbreitung von OC (Häni *et al.*, 1984). Beim Veredelten Landschwein (VLS) finden sich häufiger und schwerere Veränderungen als beim Edelschwein (ES), ebenfalls bei männlichen Kastraten ( ♂ ), verglichen mit weiblichen Tieren ( ♀ ).

Über die morphologischen Befunde bei OC, insbesondere die semiquantitative Beurteilung des Schweregrades, liegen verschiedene Arbeiten vor (Reiland, 1978 b; Reiland *et al.*, 1978; Goedegebuure *et al.*, 1980; Häni *et al.*, 1983). Über die Ätiologie von OC bestehen keine einheitlichen Ansichten. Pathogenetisch sollen die verschiedensten Faktoren – hohe Wachstumsrate der modernen Fleischschweine, intensive Fütterung, genetische Einflüsse und Exterieur, Versorgung mit Mineralstoffen – eine Rolle spielen (z. B. Grøndalen, 1974 b; Anonymus, 1976; Pointillart und Gueguen, 1978; Nakano *et al.*, 1981). Auch der Einfluss der Haltung auf Verbreitung und Schweregrad von OC wurde in der Schweiz kürzlich ohne eindeutiges Ergebnis untersucht (Häni *et al.*, 1983).

In der Praxis wird häufig eine Unterversorgung mit Calcium für die Entstehung von Beinschwäche verantwortlich gemacht. Verschiedene Fütterungsversuche mit unterschiedlichen Konzentrationen von Ca und P haben aber keinen signifikanten Einfluss auf das Auftreten und den Schweregrad von OC ergeben (z. B. Grøndalen, 1974 a; Reiland, 1978 c; Young und Palmer, 1980; Häni *et al.*, 1983).

Eine suboptimale Calciumversorgung kann daher als Ursache von OC wahrscheinlich ausgeschlossen werden. Neuerdings wird dagegen einer Calciumübersversorgung

<sup>1</sup> Adresse Dr. H. Häni, Postfach 2735, CH-3001 Bern

eine entscheidende Rolle bei der Genese von OC bei Hunden beigemessen (*Hazewinkel*, 1985). Neben verschiedenen Entwicklungsstörungen des Skeletts (persistierender Knorpel in der distalen Metaphyse der Ulna, hypertrophische Osteodystrophie, Wobblersyndrom), führt OC bei grosswüchsigen Hunden (z. B. Deutsche Dogge, Bernhardiner, Neufundländer, Rottweiler, Deutscher Schäfer und Labrador) zu ähnlich häufigen Problemen wie bei schnellwachsenden Schweinen (*Hedhammar et al.*, 1974; *Olsson*, 1977; *Grøndalen und Grøndalen*, 1981; *Schulze Schleithof*, 1982). Wie *Hazewinkel* (1985) zeigen konnte, treten die genannten Krankheiten bei einer Ca-Überfütterung wesentlich häufiger auf als bei Kontrolltieren:

Sechs Deutsche Doggen im Alter von 5–10 Wochen erhielten das Dreifache des Ca-Bedarfs (3,3% Ca in der TS), bei normalem Gehalt des Futters an Phosphor und Vitamin D<sub>3</sub>. Nach 28–179 Tagen wurden die Versuchs- und fünf Kontrolltiere zu verschiedenen Zeitpunkten euthanasiert. Zur histomorphometrischen Untersuchung gelangten die Metaphysen der 9. Rippe (chirurgische Resektion, zwei Wochen vor Euthanasie) sowie Proben von Radius, Ulna und Tibia distal. In der Versuchsgruppe wurden Hypercalcaemie, Hypophosphataemie, stark positive Calcium-Bilanz, gegenüber den Kontrolltieren verminderte Futteraufnahme und Wachstumsverzögerung beobachtet. Radiologisch und pathologisch-anatomisch fielen Abnormitäten in den Cervicalwirbeln mit Rückenmarkskompression, erhöhte Knochendichte, Knorpelpersistenz in der distalen Ulnametaphyse mit den dazugehörigen Knochenverbiegungen, Knorpelunregelmässigkeiten – besonders in Humerus proximal und distal – sowie auch typische Fälle von OC auf. Bei der morphometrischen Untersuchung wiesen Meta- und Epiphysen der Versuchstiere höhere Trabekeldichte und -durchmesser auf. Die Trabekel enthielten bis weit in die Tiefe der Metaphysen breite Knorpelinschlüsse. Ferner fanden sich auch Verminderung der Osteoklastenaktivität und der Osteoklasten-bedeckten Oberfläche, Einengung des Wirbelkanals in den Cervikalwirbeln, verbreiterte Epiphysenfugen sowie eine Verdickung des kortikalen Knochens. Die Parathormonwerte waren entgegen den Erwartungen stark, der basale Calcitoninspiegel dagegen nicht erhöht.

Die erhöhten Parathormonwerte werden durch eine Hypercalcaemie – bedingte Abnahme der glomerulären Filtrationsrate und damit verbundener, verminderter PTH-Ausscheidung erklärt. Hemmung der Osteoklastentätigkeit, erhöhte Knochendichte und die morphologische Zunahme der C-Zellen in der Thyreoidea sprechen für einen Hypercalcitonismus. In einem Vorversuch konnte gezeigt werden, dass das zirkulierende Calcitonin 10 Min. nach oraler Ca-Gabe erhöht war. Daraus wurde abgeleitet, dass die Calcitoninwerte wahrscheinlich nur während kurzer Zeit postprandial erhöht sind. Aus den Versuchen wird geschlossen, dass eine fütterungsbedingte Hypercalcaemie einen relativen Hypercalcitonismus und Hypoparathyreoidismus zur Folge hat. Der relative Hypercalcitonismus verursacht verzögerte Knochen- und Knorpelreifung sowie verminderte Remodellierung. Mit der verzögerten Knorpelreifung ist schliesslich die Entstehung von OC verbunden.

Ein ähnlicher Versuch mit Deutschen Doggen im Wachstum wurde bereits früher von *Hedhammar et al.* (1974) durchgeführt. Im Unterschied zu *Hazewinkel* (1985) wurde hier im Versuchsfutter auch der Gehalt an Energie, Protein, Phosphor und Vit-

amin D erhöht. Dabei konnten ebenfalls stark verzögerte Knorpelreifung und verminderte Knochenresorption beobachtet werden. Morphologisch lagen Anhaltspunkte für einen Hypercalcionismus mit Hypoparathyreoidismus vor. Aus den Versuchen wurde abgeleitet, dass das Knorpelwachstum durch den hohen Protein- und Energiegehalt im Futter stimuliert, die Knorpelreifung durch den Hypercalcionismus dagegen verzögert wird.

Bei mit Protein, Calcium und Phosphor überfütterten Rindern stellten *Rostkowski et al.* (1981) ähnliche Befunde fest. Osteopetrosis infolge verminderter Knochenresorption war die wichtigste Veränderung. Aufgrund der histologisch und elektronenmikroskopisch fassbaren C-Zellhyperplasie wurde ein Hypercalcionismus diagnostiziert. Eine Erhöhung des Calcitoninspiegels konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Bei spontan auftretender OC des Schweines sind unseres Wissens histomorphometrische Untersuchungen des trabekulären Knochens in Epi- und Metaphysen nicht durchgeführt worden. Auch bei identischer Fütterung in der Mastleistungsprüfanstalt bestehen grosse individuelle Unterschiede in der Anfälligkeit für OC (*Häni et al.*, 1984). In der vorliegenden Arbeit sollte deshalb geprüft werden, ob auch bei gleicher Mineralstoffversorgung bei Tieren mit schwerer OC, verglichen mit normalen Schweinen, Unterschiede in der Mikrostruktur des trabekulären Knochens in Epi- und Metaphysen bestehen. Damit sollte auch eine mögliche Beziehung der Knorpelreifungsstörung bei OC zu verminderter Knochenremodellierung aufgezeigt werden.

In einem zweiten Teil der Arbeit werden dann morphometrische Untersuchungen an weniger belasteten Skeletteilen, wie dem Beckenkamm, durchgeführt. Damit soll geprüft werden, ob nur lokale oder generalisierte Unterschiede in der Knochenmikrostruktur zwischen gesunden und an OC erkrankten Tieren bestehen.

### Material und Methoden

Für die Untersuchung stand Material von Schweinen aus der Vollgeschwisterprüfung (VGP) der Jahre 1980 bis 1986 der Mastleistungsprüfanstalt (MLP) Sempach zur Verfügung. Die Prüftiere sind Nachkommen von Herdebuchtieren aus Hochzuchtbetrieben. Eine Prüfgruppe besteht aus 2 ♀ und 2 ♂. Die Tiere werden in Vierergruppen auf Vollspaltenboden gehalten; jedem Tier stehen 1,1 bzw. im Altbau 1,3 m<sup>2</sup> Bodenfläche zur Verfügung. Die Fütterung erfolgt ad libitum am Automaten mit einem pelletierten Futter, bestehend aus 60% (1980–1983), 55,6% (1984–1985) bzw. 53% (1986) Gerste in der Vormast und 64,6% (1980–1983), 56% (1984–1985) bzw. 59% (1986) Gerste in der Ausmast. Das Jagerfutter wird im Abschnitt 20–60 kg bzw. ab 1985 20–50 kg (angestrebte Sollwerte: 19% Rohprotein, 12,6 bzw. ab 1985 13,3 MJ/kg VES) gegeben, das Mastfutter zwischen 60 und 100 kg bzw. ab 1985 zwischen 50 und 100 kg (15% Rohprotein, 12,6 bzw. ab 1985 12,7 MJ/kg VES). Der Ca-Gehalt betrug in den Jahren 1980–1983 0,9%, 1984–1985 1,1% und ab Oktober 1985 0,8% im Vormastfutter, in der Ausmast 1980–1985 0,9%, ab Oktober 1985 0,8%. Der entsprechende P-Gehalt im Vor- resp. Mastfutter lag in den Jahren 1980–1983 bei 0,8 bzw. 0,7%, 1984–1985 bei je 0,7% und wurde ab Oktober 1985 auf 0,6 bzw. 0,5% gesenkt. Genaue Futterzusammensetzung, berechnete und analysierte Nährstoffgehalte gehen aus den Jahresberichten 1980–1986 hervor (*Rebsamen et al.*, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987). Im Prüfabschnitt von 25–103 kg Lebendgewicht werden die Merkmale der Mastleistung (Lebendtages- und Masttageszunahmen, Futtermittelnutzung) erhoben. Beim Prüfende wird eine subjektive Beurteilung des Fundaments anhand der offiziellen Beurteilungskarte der Schweizerischen Schweinezüchterverbände vorgenommen. Die Gesamtbeurteilung mit einer Notenskala von 1 bis 6 (6 = ausgezeichnetes, 1 = ungenügendes Fundament) schliesst Gliedmassen, Stellung und Gang ein. An der warmen und gekühlten linken Schlachthälfte werden verschiedene Merk-

male der Fleischbeschaffenheit bestimmt (Schwörer, 1982). An der gekühlten linken Schlachthälfte erfolgt die subjektive Schinkenbeurteilung, die Messung der Speckdicke und der Körperlänge sowie die Zerlegung in einzelne Teilstücke.

Weitere Einzelheiten zur Durchführung der VGP, zu Haltungsbedingungen und zur Erhebung der verschiedenen Merkmale sind anderswo dargelegt (Rebsamen *et al.*, 1981–1987; Rebsamen, 1982; Schwörer, 1982).

Bei der Zerlegung wurden auch lange Röhrenknochen (Humerus, Radius und Ulna, Femur) sowie für den zweiten Teil der Arbeit bei ausgewählten Tieren das Os ilei der linken Schlachthälfte entnommen. Anschliessend wurden die Veränderungen im Gelenkknorpel und in den Epiphysenfugen der verschiedenen Lokalisationen semiquantitativ beurteilt (Score 1 = normal; Score 4 bzw. 6 = schwere OC). Die Methoden der pathologisch-anatomischen, histologischen und röntgenologischen Untersuchungen sowie die Definition des «lesion-score» sind bei Häni *et al.* (1983) beschrieben.

Die retrospektive Untersuchung im ersten Teil der Arbeit ermöglichte lediglich die Beurteilung der Knochenmikrostruktur an entkalkten, nach der van Gieson-Elastica-Methode gefärbten, grossen Sagittalschnitten der Epiphysen des Condylus medialis femoris und an grossen Frontalschnitten der Metaphysen der distalen Ulna (Häni *et al.*, 1983 und 1984).

*a) Tierausswahl für die Untersuchungen am Condylus medialis femoris:*

9 ES ♂ und 10 VLS ♀ mit schwerer OC (Score 5 oder 6) wurden verglichen mit 10 ES ♂, 12 VLS ♀ und 8 ES ♀ mit normalem Gelenkknorpel oder leichtgradigen Veränderungen (Score 1 oder 2). Diese Tiere wurden aus 149 ES und 147 VLS ausgewählt, die zwischen März 1980 und Februar 1981 die VGP durchlaufen hatten (Häni *et al.*, 1984). Infolge unterschiedlicher Anfälligkeit der Rassen und Geschlechter für OC (Häni *et al.*, 1984) konnten keine genügend grossen Gruppen ES ♀ mit schwerer OC und VLS ♂ mit leichten Veränderungen zusammengestellt werden. Wegen fehlender Vergleichsmöglichkeit wurde auf die Untersuchung von VLS ♂ mit schweren Veränderungen verzichtet.

*b) Tierausswahl für die Untersuchungen an der distalen Ulna:*

Je 10 VLS ♂ und VLS ♀ mit schwerer OC (Score 5 oder 6) wurden verglichen mit je 10 VLS ♂ und VLS ♀ mit normaler oder leichtgradig veränderter Epiphysenfuge (Score 1 oder 2). Diese Tiere gehörten zu einer zwischen Mai 1981 und März 1984 untersuchten Gruppe von 279 VLS aus der VGP.

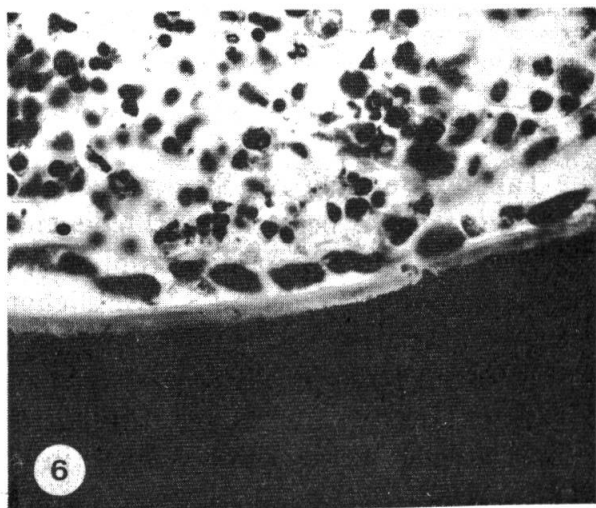
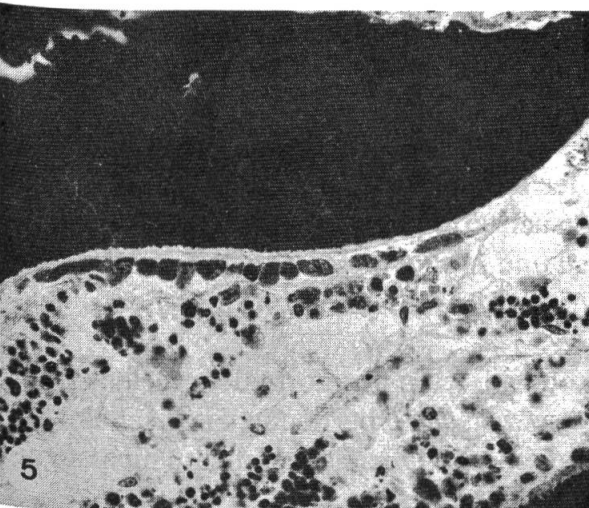
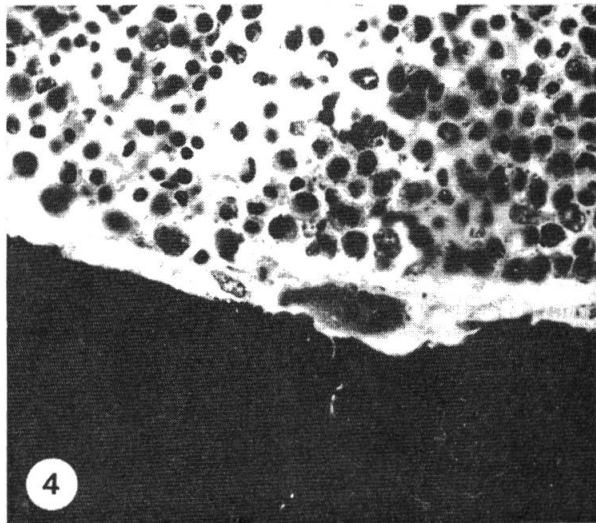
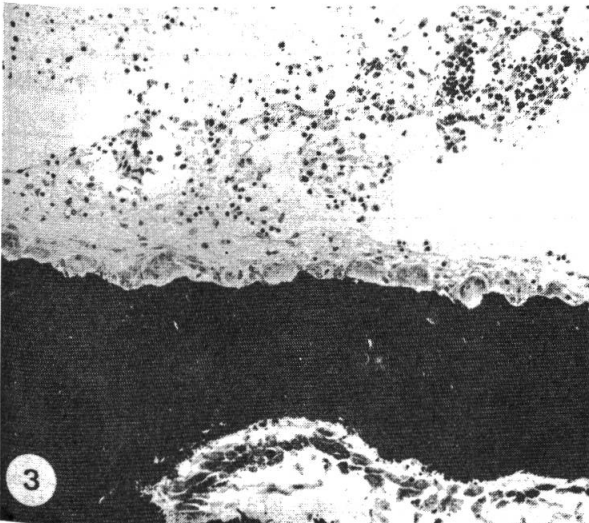
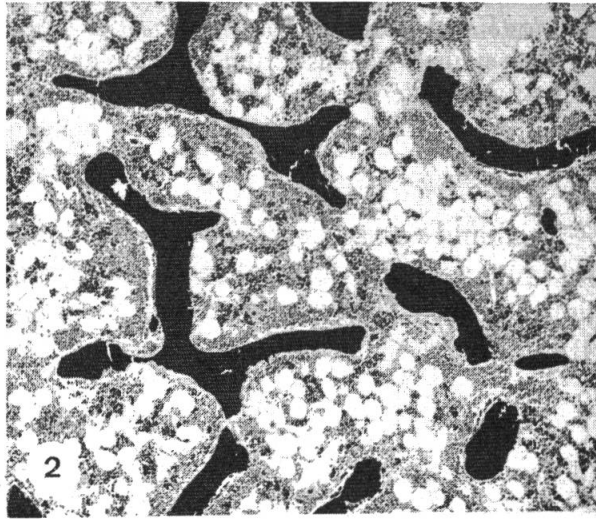
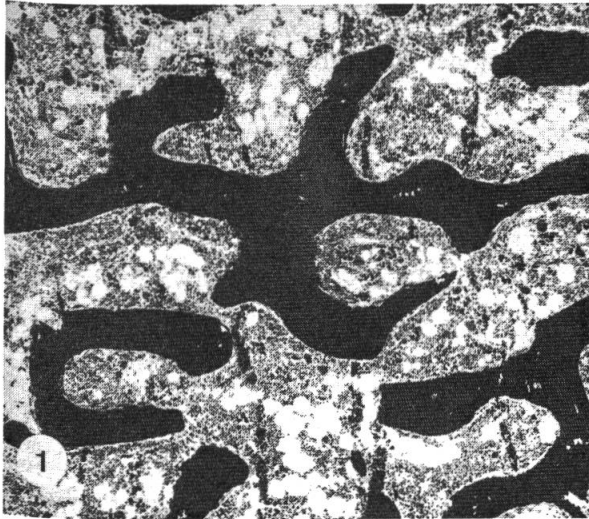
Alle Tiere wurden nach Alter, Gewicht, Herkunft (Vollgeschwistergruppen) und Zeitpunkt der VGP möglichst gleichmässig auf die Versuchsgruppen verteilt.

*c) Tierausswahl zur Beurteilung der Knochenmikrostruktur im Beckenkamm:*

7 ♀ und 10 ♂ beider Rassen mit schwerer OC in Condylus medialis femoris und/oder Epiphysenfuge der distalen Ulna wurden verglichen mit 8 ♀ und 9 ♂ mit leichtgradigen Veränderungen an den entsprechenden Stellen. Diese Tiere stammten aus der VGP zwischen September 1985 und März 1986. Dem Os ilei wurde mit einer Bandsäge ein  $0,5 \times 2,5 \times 1,5$  cm grosses Stück senkrecht zur Ala, parallel zur Linea glutea entnommen, in 40%igem Alkohol fixiert und in Methylmetacrylat eingebettet. Die 6–8 µm dicken Gewebeschnitte wurden nach der Kossamethode mit einer modifizierten Tetrachromgegenfärbung nach MacNeal gefärbt.

- 
- Abb. 1 Os ilei: Volumendichte 27,2%; Oberflächendichte  $6531 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$ ; Spezifische Oberfläche  $23,9 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ ; Mittlerer Trabekeldurchmesser  $106,1 \text{ µm}$ ; Schwache Vergrösserung.  
 Abb. 2 Os ilei: Volumendichte 14,2%; Oberflächendichte  $5039 \text{ mm}^2/\text{cm}^3$ ; Spezifische Oberfläche  $35,6 \text{ mm}^2/\text{mm}^3$ ; Mittlerer Trabekeldurchmesser  $71,6 \text{ µm}$ ; Schwache Vergrösserung.  
 Abb. 3 Os ilei: Osteoklasten-bedeckte Oberfläche; Schwache Vergrösserung.  
 Abb. 4 Os ilei: Osteoklast in Howship'scher Lakune; Mittlere Vergrösserung  
 Abb. 5 Os ilei: Osteoblasten-bedeckte Oberfläche; Mittlere Vergrösserung.  
 Abb. 6 Os ilei: Osteoblasten-bedeckte Oberfläche; Starke Vergrösserung.

Die histomorphometrische Auswertung geschah blind, ohne Kenntnis der Gruppenzugehörigkeit der Versuchstiere, mit einem Zeiss-Mikroskop mit starker Lichtquelle (Halogen 12 Volt, 100 Watt), mittels auf einem Glarexschirm montierten Testnetz nach Merz mit 36 Punkten (*Schenk und*



Olah, 1980). Der Transport der Gewebeschnitte unter dem Mikroskop erfolgte durch einen exakt geführten Kreuztisch. Für die Messungen in Condylus medialis femoris und Ulna distal wurde ein 6,3faches, im Beckenkamm ein 16faches Objektiv verwendet. Im Condylus medialis femoris wurden pro Tier und Präparat 200, in der distalen Ulna 100 Felder ausgezählt. Im Beckenkamm wurden pro Tier je 50 Messfelder in drei, im Abstand von 140  $\mu\text{m}$  aus dem gleichen Metacrylatblock geschnittenen Präparaten ausgewertet.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Überprüfung der Normalverteilung mit dem t-Test nach Student oder dem U-Test nach Wilcoxon-Mann-Whitney.

## Resultate

Anhand von Mikrophotos sind in den Abb. 1–6 die wichtigsten Strukturparameter dokumentiert. Zwischen Abb. 1 und 2 sind deutliche Unterschiede in der Spongiosadichte und im Trabekeldurchmesser erkennbar. Abb. 3 und 4 zeigen Osteoklasten-, Abb. 5 und 6 Osteoblasten-bedeckte Oberfläche.

Tabelle 1 Strukturwerte in der epiphysären Spongiosa des medialen Condylus des Femurs

	OC im Gelenkknorpel (Score 5 oder 6)		Keine oder leichtgradige Veränderungen im Gelenkknorpel (Score 1 oder 2)		
	ES ♂ n = 9	VLS ♀ n = 10	ES ♂ n = 10	VLS ♀ n = 12	ES ♀ n = 8
Volumendichte %	30.11 $\pm$ 4.29	33.05 $\pm$ 4.66	26.89 $\pm$ 2.30	29.06 $\pm$ 4.74	28.00 $\pm$ 4.57
Oberflächendichte $\text{mm}^2/\text{cm}^3$	5288.2 $\pm$ 399.4	5283.6 $\pm$ 345.6	5459.9 $\pm$ 364.0	5386.1 $\pm$ 347.2	5162.7 $\pm$ 401.9
Spezifische Oberfläche $\text{mm}^2/\text{mm}^3$	17.92 $\pm$ 2.77 a <sub>1</sub>	16.27 $\pm$ 2.48 c <sub>1</sub>	20.43 $\pm$ 2.18 b <sub>1</sub>	18.87 $\pm$ 2.53 d <sub>1</sub>	18.82 $\pm$ 3.08
Mittlerer Trabekel- durchmesser $\mu\text{m}$	145.74 $\pm$ 23.03 a <sub>2</sub>	159.68 $\pm$ 23.58 c <sub>2</sub>	125.92 $\pm$ 13.19 b <sub>2</sub>	137.34 $\pm$ 19.55 d <sub>2</sub>	138.49 $\pm$ 22.10

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> vs b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>; c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> vs d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>; p < 0.05

Tabelle 1 enthält die Strukturwerte in der epiphysären Spongiosa des medialen Condylus femoris bei den verschiedenen Versuchsgruppen.

Bei normalen Tieren (der Gruppen Score 1 und 2) sind in der Knochenstruktur weder Rassenunterschiede (VLS ♀ verglichen mit ES ♀) noch Geschlechtsunterschiede (ES ♂ verglichen mit ES ♀) zu erkennen.

Tiere mit schweren Läsionen haben gegenüber Tieren mit normalem Gelenkknorpel signifikant dickere Trabekel und kleinere spezifische Oberfläche, auch scheint die Spongiosa eher dichter (Unterschiede in Volumen- und Oberflächendichte nicht signifikant).

In Tabelle 2 sind die Strukturwerte in der metaphysären Spongiosa der Ulna distal bei den verschiedenen Gruppen dargestellt.

Die Strukturwerte unterscheiden sich signifikant sowohl zwischen ♂ und ♀ als auch zwischen Gruppen mit schweren und solchen mit leichten Veränderungen in der Epiphysenfuge. ♀ weisen gegenüber ♂ höhere Volumendichte und dickere Trabekel

Tabelle 2 Strukturwerte in der metaphysären Spongiosa der distalen Ulna

	OC in Epiphysenfuge (Score 5 oder 6)		Keine oder leichte Veränderungen in Epiphysenfuge (Score 1 oder 2)	
	♂ n = 10	♀ n = 10	♂ n = 10	♀ n = 10
Volumendichte %	44.24 ± 5.85 a <sub>1</sub>	50.20 ± 5.77 c <sub>1</sub>	39.92 ± 4.79 b <sub>1</sub>	44.68 ± 3.41 d <sub>1</sub>
Oberflächendichte mm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>	6692.8 ± 464.9 a <sub>2</sub>	6245.4 ± 339.1 c <sub>2</sub>	7281.7 ± 841.8 b <sub>2</sub>	6986.5 ± 590.6 d <sub>2</sub>
Spezifische Oberfläche mm <sup>2</sup> /mm <sup>3</sup>	15.35 ± 2.24 a <sub>3</sub>	12.76 ± 1.47 c <sub>3</sub>	18.46 ± 3.08 b <sub>3</sub>	15.73 ± 2.00 d <sub>3</sub>
Mittlerer Trabekel-durchmesser µm	168.95 ± 25.33 a <sub>4</sub>	202.21 ± 25.63 c <sub>4</sub>	141.36 ± 23.69 b <sub>4</sub>	164.00 ± 19.37 d <sub>4</sub>

a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> vs c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>; b<sub>1</sub> vs d<sub>1</sub>; b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub> vs d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>; p<0.05

a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> vs c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub>; p<0.01

a<sub>3</sub>, a<sub>4</sub> vs b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>; p<0.05

c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>, c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub> vs d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>; p<0.01

Tabelle 3 Struktur- und Umbauparameter im Beckenkamm

	OC in Ulna dist. und/oder Cond. med. femoris (Score 5 oder 6)		Keine oder leichte Veränderungen Ulna dist./Condylus med. femoris (Score 1 oder 2)	
	♂ n = 10	♀ n = 7	♂ n = 9	♀ n = 8
Volumendichte %	23.44 ± 4.22 a <sub>1</sub>	18.87 ± 2.94 c <sub>1</sub>	22.32 ± 4.99	20.04 ± 4.63
Oberflächendichte mm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup>	6200.56 ± 782.27 a <sub>2</sub>	5581.79 ± 672.34 c <sub>2</sub>	6259.11 ± 669.61 b <sub>2</sub>	5684.26 ± 1057.68 d <sub>2</sub>
Neutrale Oberfläche %	79.63 ± 5.45 a <sub>3</sub>	75.61 ± 9.67	73.33 ± 8.07 b <sub>3</sub>	72.43 ± 6.89
Osteoblasten-bedeckte Oberfläche %	15.23 ± 4.12 a <sub>4</sub>	19.31 ± 9.33	20.87 ± 5.91 b <sub>4</sub>	22.06 ± 7.88
Osteoklasten-bedeckte Oberfläche %	4.84 ± 2.03	5.08 ± 2.58	5.80 ± 2.66	5.51 ± 2.32
Spezifische Oberfläche mm <sup>2</sup> /mm <sup>3</sup>	26.68 ± 2.17 a <sub>5</sub>	29.83 ± 2.96 c <sub>5</sub>	28.73 ± 3.70 b <sub>5</sub>	28.80 ± 3.22
Mittlerer Trabekel-durchmesser µm	96.01 ± 7.46 a <sub>6</sub>	86.02 ± 7.86 c <sub>6</sub>	90.18 ± 13.73	89.40 ± 10.17

b<sub>2</sub> vs d<sub>2</sub>; p<0.05; a<sub>2</sub> vs c<sub>2</sub>; p<0.01

a<sub>1</sub> vs c<sub>1</sub>; a<sub>5</sub>, a<sub>6</sub> vs c<sub>5</sub>, c<sub>6</sub>; p<0.001

a<sub>3</sub> vs b<sub>3</sub>; p<0.01; a<sub>4</sub>, a<sub>5</sub> vs b<sub>4</sub>, b<sub>5</sub>; p<0.001



auf, aber geringere Oberflächendichte und spezifische Oberfläche. Lediglich in der Oberflächendichte bei den Gruppen mit leichten Veränderungen in der Epiphysenfuge ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern nicht signifikant. Auch die Tiere mit schwerer OC haben, verglichen mit solchen mit normalen Epiphysenfugen, höhere Volumendichte und dickere Trabekel, aber geringere Oberflächendichte und spezifische Oberfläche. Nur die Unterschiede in Volumen- und Oberflächendichte bei ♂ sind nicht signifikant.

In Tabelle 3 sind die Struktur- und Umbauparameter im Beckenkamm für die verschiedenen Gruppen aufgelistet.

Signifikante Geschlechtsunterschiede finden sich besonders in den Gruppen mit schwerer OC. ♂ haben im Beckenkamm höhere Volumen- und Oberflächendichte sowie dickere Trabekel, aber geringere spezifische Oberfläche als ♀. Ferner weisen ♂ auch in den Gruppen mit normalem Gelenk- und Epiphysenfugenknorpel signifikant höhere Oberflächendichte auf als die ♀.

Minimale Unterschiede in den Struktur- und Umbauparametern sind zwischen Gruppen mit schweren und leichten Veränderungen von OC feststellbar. Bei ♂ mit OC ist die relative Osteoblasten-bedeckte Oberfläche und die spezifische Oberfläche kleiner, die neutrale Oberfläche grösser als bei ♂ ohne OC.

### Diskussion

Der Knochenmorphometrie kommt bei der Diagnostik generalisierter Skeletterkrankungen des Menschen eine wesentliche Bedeutung zu (*Melsen et al.*, 1978; *Delling*, 1980; *Schenk und Olah*, 1980). Zur Beurteilung der Knochenstruktur werden routinemässig unentkalkt verarbeitete Beckenkambbiopsien herangezogen. Sie widerspiegeln mit hinreichender Genauigkeit die Vorgänge des Umbaus, welche an anderen Lokalisationen im Skelett ablaufen (*Krempien et al.*, 1978). Die histomorphometrischen Parameter des inneren Knochenumbaus sind zwar an den einzelnen Skelettorten unterschiedlich, bei Patienten mit Knochenerkrankungen ändern sie sich aber in allen Lokalisationen gleichsinnig. Die statische Struktur der Spongiosa wird charakterisiert durch Volumendichte und Oberflächendichte sowie durch spezifische Oberfläche und mittleren Trabekeldurchmesser (*Melsen et al.*, 1978; *Schenk und Olah*, 1980). Die Volumendichte gibt Auskunft über das Verhältnis von Spongiosa zum freien Markraum. Grösse und Form der Trabekel sind damit noch nicht charakterisiert, denn wenige dicke oder viele schlanke Trabekel können eine gleiche Volumendichte ergeben. Die Oberflächendichte ist das Mass für die Grenzfläche zwischen Knochen trabekeln und Knochenmark pro Volumeneinheit. Bei gleichbleibender Volumendichte weisen dünne Trabekel eine höhere Oberflächendichte auf als dicke Trabekel, somit ist auch die Fläche für mögliche Umbauvorgänge grösser. Ein kleiner Wert für die Oberflächendichte bedeutet eine geringe Anzahl Trabekel und eine grosse Maschenweite des Trabekelgerüsts. Die spezifische Oberfläche gibt das Verhältnis der Trabekeloberfläche zu Trabekelvolumen wieder, sie verhält sich umgekehrt proportional zum Trabekeldurchmesser. An den Umbauparametern (z.B. Volumendichte des Osteoids, relative Osteoblasten- und

Osteoklasten-bedeckte Oberfläche) kann die Dynamik des Knochenumbaus abgelesen werden.

Bei Haustieren sind knochenmorphometrische Untersuchungen bisher kaum durchgeführt worden, deshalb fehlen auch weitgehend Normwerte für die verschiedenen Tierarten. Lediglich von Beagle-Hunden, die häufig als Versuchstiere verwendet werden, liegen Resultate vor (z. B. *Anderson und Danylchuk, 1978; Jorch und Anderson, 1980; Snow et al., 1986*).

Ziel der vorliegenden Arbeit war, mögliche Veränderungen in der Spongiosastruktur der Metaphyse der distalen Ulna, der Epiphyse des Condylus medialis femoris und des Beckenkamms bei Tieren mit schwerer OC zu charakterisieren und mit normalen Schweinen zu vergleichen. Dabei wurde auch von den Befunden von *Hazewinkel (1985)* ausgegangen, der bei Ca-überfütterten Hunden gleichzeitig verzögerte Knorpelreifung mit OC und herabgesetzte Knochenremodellierung nachweisen konnte, verbunden mit erhöhter Volumendichte und Verdickung der Trabekel.

Rassenunterschiede der Knochenmikrostruktur in der Epiphyse des Condylus medialis femoris und der Metaphyse der distalen Ulna waren nicht zu erwarten. Allerdings standen für diesen Vergleich nur zwei Tiergruppen zur Verfügung (VLS ♀ und ES ♀ ohne Veränderungen). Bei Schweinen wären wahrscheinlich eher Unterschiede zwischen modernen und primitiven Rassen oder Wildschweinen denkbar. Bei Göttinger Miniaturschweinen, Mangalica, Piétrain, Weideschweinen und der Deutschen Landrasse unterscheiden sich nach *Dämmrich (1972)* zwar die Makrostruktur des Femurs (Femurlänge, Diaphysendurchmesser und Corticalisdicke als Merkmale des Skelettwachstums), die Merkmale der Skelettdifferenzierung hingegen nicht (Struktur der Corticalis, Beschaffenheit des Gelenkknorpels und der Epiphysenfuge, Aufbau der Metaphyse). Beim Menschen haben Weiße weniger dicke Knochen als Schwarze (*Bullough, 1983*).

Die an den verschiedenen untersuchten Lokalisationen nachgewiesenen Geschlechtsunterschiede der Knochenstrukturwerte sind schwer erklärbar. ♀ weisen in der distalen Ulnametaphyse höhere Volumendichte, dickere Trabekel sowie tiefere Oberflächendichte und spezifische Oberfläche auf (eine geringere Zahl von plumpen Trabekeln in weitem Maschenwerk). In der Epiphyse des Condylus medialis femoris sind vergleichbare Unterschiede angedeutet. Im Beckenkamm dagegen haben die ♂ höhere Volumen- und Oberflächendichte sowie dickere Trabekel und herabgesetzte spezifische Oberfläche (viele dicke, engmaschige Trabekel).

Die postmenopausale Osteoporose, die bei etwa 30% aller Frauen im Klimakterium auftritt, ist ein bekanntes Krankheitsbild (*Pliess, 1974*). Weibliche Individuen haben in der Jugend, verglichen mit Männern, höhere Knochendichte, die aber mit steigendem Alter viel stärker abnimmt (*Melsen et al., 1978*). Die Hintergründe dieser postmenopausalen Osteoporose sind nicht genügend geklärt. Experimentell konnte auch bei Beagle-Hunden vier Monate nach Ovariohysterektomie Abnahme der Volumendichte und der Trabekeldicke nachgewiesen werden (*Malluche, 1986*).

Ziemlich klare Tendenzen kommen beim Vergleich der Knochenstrukturwerte in der Epiphyse des Condylus medialis femoris und in der Metaphyse der distalen Ulna bei an OC erkrankten und gesunden Tieren zum Ausdruck. Einheitliche Befunde bei

erkrankten Tieren sind erhöhte Volumendichte und Verbreiterung der Trabekel mit erniedrigter Oberflächendichte und spezifischer Oberfläche (weitmaschige, plumpe Trabekelstruktur). Im Os ilei können diese Befunde jedoch nicht bestätigt werden. In den statischen Strukturparametern sind keine eindeutigen Unterschiede vorhanden, zwar scheinen die Trabekel bei erkrankten ♂ eher dicker, und somit ist auch die spezifische Oberfläche signifikant kleiner. Deshalb sind auch die Unterschiede in den dynamischen Strukturparametern schwer zu interpretieren. Die grössere neutrale und die kleinere relative Osteoblasten-bedeckte Oberfläche bei ♂ mit OC lässt eine verminderte Anbautätigkeit vermuten. Wichtiges Kriterium zur Beurteilung des Knochenbaus ist jedoch die Ausdehnung der von Osteoidsäumen bedeckten Trabekeloberfläche. Die Osteoidsäume konnten aber nicht in die Messungen einbezogen werden. Sie waren äusserst schmal, was auf sehr raschen Anbau und rasche Mineralisierung beim Schwein hinweist.

Daraus kann abgeleitet werden, dass mit der Entwicklung von OC im Gelenk- und Epiphysenfugenknorpel eine Verdichtung der epi- und metaphysären Spongiosa mit Verdickung der Trabekel verbunden ist. Da die Knochenstruktur im Os ilei bei Tieren mit OC nicht verändert ist, können kaum systemische Einflüsse für die Veränderungen in der epi- und metaphysären Spongiosa verantwortlich sein. Als wichtigster lokaler Faktor, der mit der Spongiosaverdichtung verbunden sein könnte, kommt die statische Belastung des Gelenk- und Epiphysenfugenknorpels in Frage.

Der mechanischen Belastung wird allgemein auch bei der Genese der OC eine grosse Bedeutung beigemessen (z. B. *Anonymus*, 1976; *Sabec*, 1985). Durch Überbelastung der Ulna konnte die Entwicklung von OC der distalen Epiphysenfuge beschleunigt werden (*Jussila und Paatsama*, 1972; *Grøndalen und Grøndalen*, 1974). Das Os ilei ist nicht einer statischen Belastung ausgesetzt, beim aufrechten Gang des Menschen wirken vor allem von den Bauchmuskeln ausgehende Scherkräfte (*Krempien et al.*, 1978), beim Tier zusätzlich auch Zugkräfte in Verbindung mit dem Bauchinhalt. Aus technischen Gründen waren die Messungen in Epi- und Metaphysen sowie im Os ilei nicht bei den gleichen Tieren durchführbar. Unsere Befunde sollten deshalb durch gleichzeitige morphometrische Untersuchungen im Beckenkamm und in den Epi- und Metaphysen überprüft werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass beim Schwein mit OC, auch bei normalem Angebot von Calcium und Phosphor, eine Verdichtung der epi- und metaphysären Spongiosa vorhanden ist. Solche mit OC verbundenen Spongiosaverdichtungen wurden in den Versuchen von *Hazewinkel* (1985) als Folge eines Hypercalcaemie-induzierten Hypercalcitonismus gedeutet.

### Zusammenfassung

Bei Schweinen mit schwerer OC in der Epiphyse des Condylus medialis femoris (9 ES ♂ und 10 VLS ♀) bzw. in der Metaphyse der distalen Ulna (10 VLS ♂ und 10 VLS ♀) und bei Schweinen mit normalem Gelenkknorpel im medialen distalen Femur (10 ES ♂, 12 VLS ♀, 8 ES ♀) bzw. Epiphysenfugenknorpel der distalen Ulna (10 VLS ♂ und 10 VLS ♀) wurden histomorphometrische Knochenbefunde erhoben und statistisch geprüft.

Tiere mit schwerer OC und ♀ hatten, verglichen mit Gruppen ohne Veränderungen und ♂, teils signifikant höhere Volumendichte und breitere Trabekel. Beim Vergleich der Strukturparameter im

Os ilei bei Tieren mit schwerer OC in der distalen Epiphysenfuge der Ulna und/oder im Condylus medialis femoris (10 ♂, 7 ♀) und bei knorpelgesunden Tieren (9 ♂, 8 ♀), konnten diese Befunde nicht bestätigt werden. Hier wiesen ♂ höhere Volumendichte sowie dickere Trabekel auf als ♀. Zwischen Gruppen mit schwerer OC und solchen ohne Veränderungen fanden sich minimale Unterschiede: bei ♂ mit OC war die relative Osteoblasten-bedeckte Oberfläche kleiner als bei ♂ ohne OC.

Daraus wird abgeleitet, dass mit der Entwicklung von OC in Gelenk- und Epiphysenfugenknorpel, wahrscheinlich durch lokale mechanische Einflüsse bedingt, eine Verdichtung der epi- und metaphysären Spongiosa mit Verdickung der Trabekel einhergeht.

### Résumé

Des paramètres histomorphométriques ont été déterminés sur le condyle interne du fémur chez des porcs atteints d'une grave ostéochondrose (OC) (9 grands porcs blancs (GPB) ♂ et 10 porcs améliorés (PA) ♀) et comparés à des mesures effectuées chez des porcs sains (10 GPB ♂, 12 PA ♀, 8 GPB ♀). En outre, des valeurs morphométriques ont été établies pour la métaphyse distale du cubitus chez des porcs atteints d'OC (10 PA ♂ et 10 PA ♀) et comparées aux valeurs d'un groupe de contrôle (10 PA ♂ et 10 PA ♀). Les résultats de ces mesures ont été testés statistiquement. Les animaux avec une grave OC ou ♀ ont montrés, en comparaison avec les sujets sains ou ♂, une augmentation partiellement significative de la densité volumétrique et de l'épaisseur des trabécules. Par contre ces résultats n'ont pas été trouvés lors de la comparaison des paramètres structuraux de l'os iliaque d'animaux atteints d'une grave OC du cartilage épiphysaire du cubitus distal et/ou du condyle interne du fémur (10 ♂, 7 ♀) avec les mêmes paramètres d'animaux sains (9 ♂, 8 ♀). Les ♂ ont montré des trabécules plus épais et une densité volumétrique plus élevée que les ♀. Certaines différences se sont avérées minimales entre les animaux atteints gravement d'OC et les animaux sains: la surface relative couverte d'ostéoblastes était plus faible chez les ♂ atteints que chez les ♂ sains.

En conclusion, le développement d'une OC des cartilages articulaires et épiphysaires entraîne une augmentation de la densité de la partie spongieuse épi- et métaphysaire avec un épaissement des trabécules. Ces modifications sont probablement provoquées par des influences mécaniques locales.

### Riassunto

In maiali con grave OC nell'epifisi del condilo mediale del femore (9 ES ♂ e 10 VLS ♀), rispettivamente nella metafisi della parte distale dell'ulna (10 VLS ♂ e 10 VLS ♀) ed in maiali con cartilagine articolare normale nella parte mediale e distale del femore (10 ES ♂, 12 VLS ♀ e 8 ES ♀), rispettivamente cartilagine delle suture delle epifisi della parte distale dell'ulna (10 VLS ♂, 10 VLS ♀), vennero attuate ricerche istomorfometriche e raffrontate statisticamente.

Animali con grave OC e ♀ avevano, rispetto a gruppi senza lesioni e ♂, significativamente più alti spessori volumetrici e più larghe trabecole. Nel raffronto dei parametri strutturali dell'osso ileo negli animali con grave OC nella sutura distale dell'epifisi dell'ulna e/o nel condilo mediano del femore (10 ♂, 7 ♀) ed in animali dalla cartilagine sana (9 ♂, 8 ♀) questi reperti non poterono esser confermati.

Qui nei ♂ erano presenti più alti spessori volumetrici e più spesse trabecole che nelle ♀. Fra gruppi con grave OC e gruppi senza alterazioni furono trovate lievi differenze: nei maschi con OC la superficie relativamente coperta da osteoplasti era più piccola che nei maschi senza OC.

Ne deriva che con lo sviluppo di OC nella cartilagine epifisaria e articolare, probabilmente a causa di un locale influsso meccanico si produce un ispessimento della spongiosa epi- e metafisaria con ispessimento delle trabecole.

### Summary

Histomorphometric parameters were determined in medial femoral condyles of pigs with severe OC (9 Swiss Large White (SLW) ♂ and 10 Swiss Landrace (SLR) ♀) and compared to swine having mild lesions (10 SLW ♂, 12 SLR ♀, 8 SLW ♀). Furthermore morphometric values were established

in the metaphysis of the distal ulna in groups of 10 SLR ♂ and 10 SLR ♀ each with severe OC or mild lesions respectively. Animals affected with severe OC and gilts compared to normal animals and barrows, respectively, had a higher bone density with thickening of trabeculae. However, in sections of the iliac crest there were no comparable differences in bone structure between healthy pigs (9 ♂, 8 ♀) and animals affected by OC in medial femoral condyles and/or growth plate of distal ulna (10 ♂, 7 ♀). Barrows with severe OC had higher osteoblast-covered surface when compared to barrows with mild lesions and barrows with advanced OC had higher volume density and thicker trabeculae than gilts with advanced OC.

These findings show that changes in bone structure in animals with advanced cartilage lesions could be restricted to the predilection sites of OC which are characterized by rapid growth and a high weight bearing.

### Literatur

- Anderson C. and Danylchuk K. D.*: Bone-remodeling rates of the Beagle: A comparison between different sites on the same rib. *Am. J. Vet. Res.*, 39, 1763–1765 (1978). – *Anonymus*: Stoornissen van het locomotie-apparaat, in het bijzonder de leg weakness, bij varkens. IVO Rapport B 126 (1976). – *Bullough P. G.*: Non-neoplastic diseases of bones and joints. In principles and practice of surgical pathology, Volume 1, Ed. by Silverberg St. G.; John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore; pp. 377–403 (1983). – *Dämmrich K. und Unshelm J.*: Entwicklung und entwicklungsabhängige Veränderungen des Os femoris bei 205 Tage alten Schweinen unterschiedlicher Nutzungsrichtung und Grösse. *Zbl. Vet. Med. A* 19, 445–476 (1972). – *Delling G.*: Diagnostik generalisierter Osteopathien – Methodische Voraussetzungen und Aussagemöglichkeiten. *Pathologie* 1, 86–92 (1980). – *Goedegebuure S. A.*: Macroscopical and microscopical features of osteochondrosis in swine. Proc. 3rd. Int. Conf. on Production Disease in Farm Animals, Wageningen, 13–16 Sept., 219–220 (1976). – *Goedegebuure S. A., Häni H., van der Valk P. C. and van der Wal P. G.*: Osteochondrosis in six breeds of slaughter pigs. I. A morphological investigation of the status of osteochondrosis in relation to breed and level of feeding. *Vet. Quart.* 2, 28–41 (1980). – *Grøndalen J. and Grøndalen T.*: Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation. *Nord. Vet. Med.* 33, 1–16 (1981). – *Grøndalen T.*: Osteochondrosis and arthrosis in pigs. VI. Relationship to feed level and calcium, phosphorus and protein levels in the ration. *Acta Vet. Scand.* 15, 147–169 (1974 a). – *Grøndalen T.*: Osteochondrosis, arthrosis and leg weakness in pigs. *Nord. Vet. Med.* 26, 534–537 (1974 b). – *Grøndalen T. and Grøndalen J.*: Osteochondrosis and arthrosis in pigs. IV. Effect of overloading on the distal epiphyseal plate of the ulna. *Acta Vet. Scand.* 15, 53–60 (1974). – *Häni H., Troxler J. und Würsten B.*: Untersuchungen zum Einfluss der Haltung auf Verbreitung und Schweregrad von Osteochondrosis (OC) bei Mastschweinen: Vergleich der Haltung im Offenfront-Tiefstreuall (OF) und auf Teilspaltenboden (TS). *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 125, 453–475 (1983). – *Häni H., Kessler J. und Stoll P.*: Einfluss der Versorgung mit Calcium und Phosphor auf Osteochondrosis (OC) bei Mastschweinen. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 125, 537–544 (1983). – *Häni H., Schwörer D. and Blum J. K.*: Osteochondrosis (OC) in performance-tested pigs: Incidence in Swiss Landrace (SLR) and Swiss Large White breeds (SLW), relationships to carcass characteristics, performance traits and leg weakness. Proc. 8th Congr. Int. Pig Vet. Soc., Ghent, August 27–31, 266 (1984). – *Hazewinkel H. A. W.*: Influences of different calcium intakes on calcium metabolism and skeletal development in young great Danes. Thesis, Faculty of Veterinary Medicine, University of Utrecht (1985). – *Hedhammar A., Wu F.-M., Krook L., Schryver H. F., De Lahunta A., Whalen J. P., Kallfelz F. A., Nunez E. A., Hintz H. F., Sheffy B. E. and Ryan G. D.*: Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing great Dane dogs. *Cornell Vet.* 64, Suppl. 5, 1–160 (1974). – *Jorch U. M. and Anderson C.*: Haversian bone-remodeling measurements in young Beagles. *Am. J. Vet. Res.* 41, 1512–1515 (1980). – *Jussila J. and Paatsama S.*: Radiological changes in the distal epiphysis, epiphyseal cartilage and metaphysis of the radius and ulna in pigs. A preliminary report of a study with special reference to the leg weakness syndrome. *Acta Radiol., Suppl.* 319, 121–126 (1972). – *Krempien B., Lemminger F.-M., Ritz E. and Weber E.*: The reaction of different skeletal sites to metabolic bone disease – A micromorphometric study. *Klin. Wschr.* 56, 755–759 (1978). – *Malluche H. H., Faugere M.-C., Rush M. and Friedler R.*: Osteoblastic insufficiency is responsible for maintenance of osteopenia after loss of ovarian

function in experimental Beagle dogs. *Endocrinology* 119, 2649–2654 (1986). – *Melsen F., Melsen B., Mosekilde L. and Bergmann S.*: Histomorphometric analysis of normal bone from the iliac crest. *Acta path. microbiol. scand. A* 86, 70–81 (1978). – *Nakano T., Aherne F. X. and Thompson J. R.*: Leg weakness and osteochondrosis in pigs. *Pig News and Information* 2, 29–34 (1981). – *Olsson St.-E.*: Osteochondrosis in the dog. In *Current Veterinary Therapy, VI Small Animal Practice*, Kirk R. W. Ed.; W. B. Saunders Comp., Philadelphia, London, Toronto. pp. 880–886 (1977). – *Olsson St.-E. and Reiland S.*: The nature of osteochondrosis in animals. Summary and conclusions with comparative aspects on osteochondritis dissecans in man. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 299–306 (1978). – *Pliess G.*: Bewegungsapparat. In *Organpathologie, Band III*, herausgegeben von W. Doerr; Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1974). – *Pointillart A. et Gueguen L.*: Ostéochondrose et faiblesse des pattes chez le porc. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 18, 201–210 (1978). – *Rebsamen A.*: Erläuterungen zu den Mast- und Schlachtleistungsprüfungen. *Kleinviehzüchter* 30, 1018–1033 (1982). – *Rebsamen A., Blum J. und Schwörer D.*: Vierzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1980. *Kleinviehzüchter* 29, 283–317 (1981). – *Rebsamen A., Schwörer D. und Blum J.*: Fünfzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1981. *Kleinviehzüchter* 30, 381–415 (1982). – *Rebsamen A., Blum J. und Schwörer D.*: Sechzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1982. *Kleinviehzüchter* 31, 353–387 (1983). – *Rebsamen A., Blum J. und Schwörer D.*: Siebzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1983. *Kleinviehzüchter* 32, 389–424 (1984). – *Rebsamen A., Blum J. und Schwörer D.*: Achtzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1984. *Kleinviehzüchter* 33, 273–302 (1985). – *Rebsamen A. und Schwörer D.*: Neunzehnter Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1985. *Kleinviehzüchter* 34, 327–363 (1986). – *Rebsamen A., Schwörer D. und Morel P.*: Zwanzigster Tätigkeitsbericht des Schweizerischen Verbandes für Mast- und Schlachtleistungsprüfungen beim Schwein 1986. *Kleinviehzüchter* 35, 285–318 (1987). – *Reiland S.*: Pathology of so-called leg weakness in the pig. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 23–44 (1978 a). – *Reiland S.*: Morphology of osteochondrosis and sequelae in pigs. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 45–90 (1978 b). – *Reiland S.*: Effects of Vitamin D and A, calcium, phosphorus and protein on frequency and severity of osteochondrosis in pigs. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 91–105 (1978 c). – *Reiland S., Ordell N., Lundeheim N. and Olsson St.-E.*: Heredity of osteochondrosis, body constitution and leg weakness in the pig. *Acta Radiol. Suppl.* 358, 123–137 (1978). – *Riser W. H.*: The dog. His varied biological make-up and its relationship to orthopaedic diseases. *Am. An. Hosp. Ass. monograph* (1985). – *Rostkowski Ch. M., Wilson T. D., Allan G. S., Defetos L. J., Benson K. W., Kallfelz F. A., Minor R. R. and Krook L.*: Hypercalcitoninism without Hypercalcitoninemia. *Cornell Vet.* 71, 188–213 (1981). – *Sabec D.*: Konstitutionsbedingte Knochenkrankheiten (KKK) beim Schwein. *Arch. f. Tierärztl. Fortbildung, Band 8; Orthopädie bei Huf- und Klauenleiden*; Herausgeber Knezevic P. F.; Int. Tagung Orthopädie bei Huf- und Klauenleiden, Wien, 5.–7. Oktober 1983; Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei; pp. 199–207 (1985). – *Schenk R. K. und Olah A. J.*: Histomorphometrie. Im *Handbuch der inneren Medizin VI/1A Knochen, Gelenke, Muskeln*. Kuhlencordt F. und Bartelheimer H. Herausgeber; Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York; pp. 437–494 (1980). – *Schulze-Schleithoff B.*: Untersuchungen über die Häufigkeit des Vorkommens von Skelettveränderungen bei Hunden bis zum Alter von zwei Jahren. *Vet. med. Diss., Freie Univ. Berlin* (1982). – *Schwörer D.*: Untersuchungen der Fleischbeschaffenheit und Stressresistenz beim Schwein anhand des Tiermaterials der MLP – Sempach. *Diss. Nr. 6978, ETH Zürich* (1982). – *Snow G. R., Karambolova K. K. and Anderson C.*: Bone remodeling in the lumbar vertebrae of young adult Beagles. *Am. J. Vet. Res.* 47, 1275–1277 (1986). – *Young L. G. and Palmer N. C.*: Influence of calcium and phosphorus levels in the diet of rapidly growing boars on performance and locomotion. *Univ. Guelph Swine Research Report* 4, 23–32 (1980).

Manuskripteingang: 25. September 1987