

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der histologischen Untersuchung

Um die Dissekte miteinander vergleichbar zu machen wurden durch die histologischen Untersuchungen einiger ausgewählter Dissekte die verschiedenen Schattendichten der Fein-Fokus-Röntgenbilder differenziert und verifiziert. Es ergab sich eine Unterscheidungsmöglichkeit von unverkalktem und verkalktem Knorpel, Spongiosa und Sklerosierung.

Der als Weichteilschatten beschriebenen Struktur im Fein-Fokus-Röntgenbild konnten durch die histologische Untersuchung eine unverkalkte Knorpelmatrix zugeordnet werden. Der sich häufig daran anschließende, von mir als Kalkknorpelschicht beschriebene, strukturlose Schatten, wurde histologisch als verkalkte Knorpelschicht beschrieben. Beide Knorpelzonen sind histologisch durch einen etwas gewellt verlaufenden, gut verkalkten und oft kräftig basophilen Grenzstreifen voneinander getrennt und bilden zusammen den hyalinen Gelenkknorpel.

Eines der histologisch untersuchten Dissekte zeigt im Fein-Fokus-Bild einen breiten Weichteilschatten, der histologisch als unverkalkter Knorpel identifiziert wurde. Die sich daran anschließende, im Fein-Fokus-Bild als spongiös beschriebene Struktur, wurde auch histologisch als solche beschrieben (Abb. 3).

Bei den sklerosierten Dissekten mit Porosierung und Kanalzeichnung handelt es sich um weitestgehend solides, kompaktes Knochengewebe mit einer Mischung aus Haversschen Kanälen mit zirkulärer Osteonstruktur und lamellärem Knochengewebe. Eine spongiöse Struktur ist nicht mehr zu erkennen. Die als Porosierung beschriebenen Areale, die sich auch im Lichtmikroskop als bläschenförmige Erweiterungen darstellen, stellen Markräume mit Resten von Fettzellen dar, die evtl. untereinander in Verbindung stehen. Bei dieser Porosierung der sklerosierten Dissekte handelt es sich also um Reste von Spongiosaräumen. Die als Kanalisierung beschriebenen Aufhellungen im Fein-Fokus-Röntgenbild konnten bei der histologischen Untersuchung nicht sicher identifiziert werden. Vermutlich handelt es sich um Gefäßkanäle, die von jungem Osteoid umgeben sind. Um diese Vermutung zu bestätigen, wurden weitere, tiefere Schnitte des sklerosierten Dissekats, welches Porosierung sowie Kanalisierung zeigte, durchgeführt. Auch das sklerosierte Dissekat zeigt im Randbereich eine strukturlose Kalkknorpelschicht, die durch die histologische Untersuchung als mineralisierter Knorpel identifiziert wurde, der in der Peripherie von unverkalktem Knorpel umgeben ist, welcher im Fein-Fokus-Röntgenbild einen Weichteilschatten wirft. Dieser Aufbau entspricht dem typischen Aufbau eines Gelenkknorpels (Abb. 4).

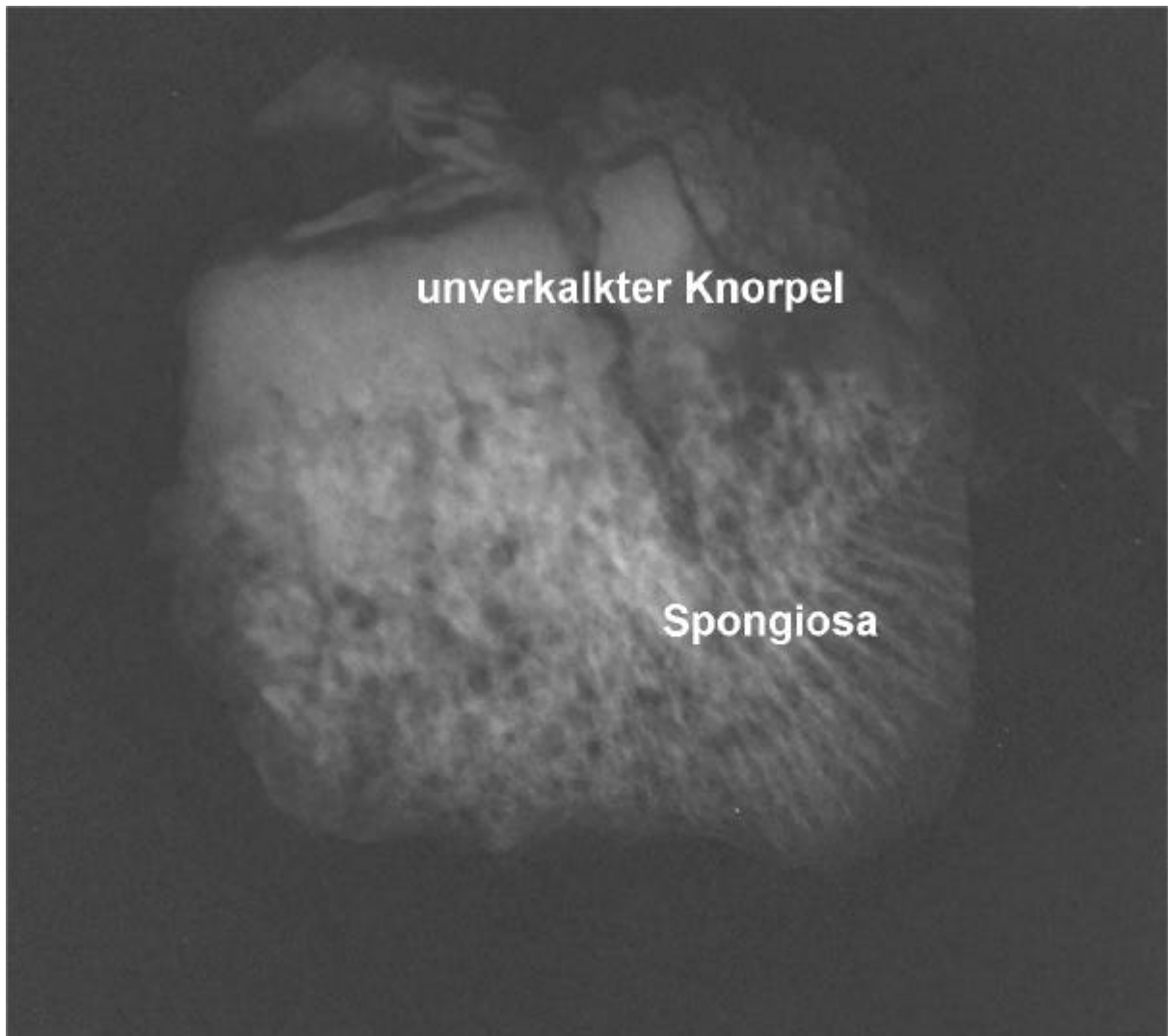


Abbildung 3: Fein-Fokus-Röntgenbild eines spongiösen Dissekats mit unverkalktem Knorpel.

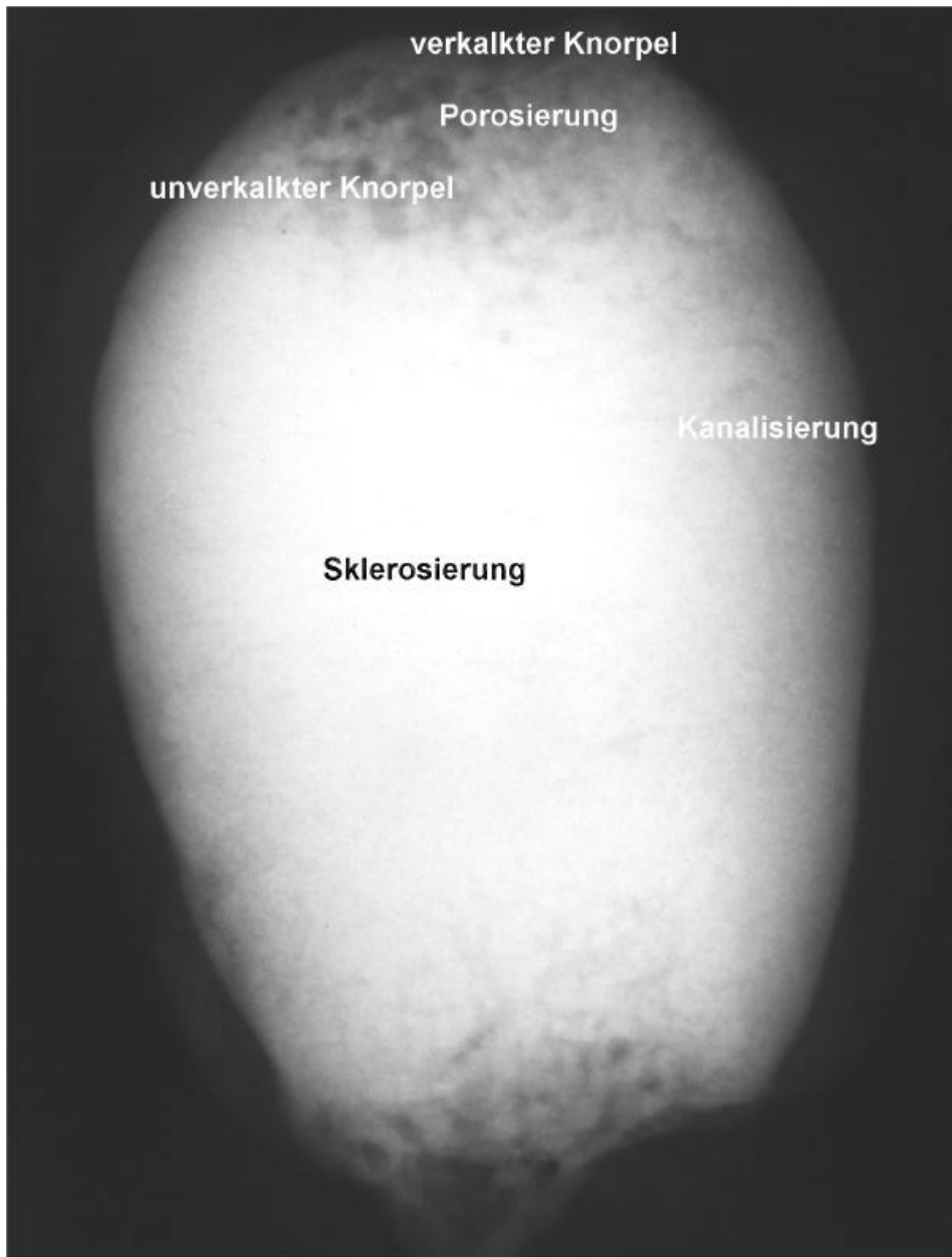


Abbildung 4: Fein-Fokus-Röntgenbild eines sklerosierten Dissekats.

Ein als strukturlose Verkalkung beschriebenes Dissekat stellt sich in der histologischen Untersuchung als Dissekat mit unterschiedlicher Gewebestruktur dar. Es handelt sich dabei um zellreiche Areale, die einem lamellären Knochengewebe entsprechen sowie um solide, zellarme Strukturen, die als Geflechtknochen identifiziert werden konnten. Im polarisierten Licht konnten die unterschiedlichen Verlaufsrichtungen der Fasern dargestellt werden, die teilweise miteinander verflochten sind (ohne Abb.).

4.2. Verteilung der Dissekate auf Fessel- und Sprunggelenke

Es kamen die Dissekate aus 95 Gelenken zur Untersuchung, davon 41 Fessel- und 54 Sprunggelenke.

Aus einigen Gelenken wurden mehrere Dissekate bzw. eines in mehreren Teilstücken entnommen, so dass insgesamt 251 Exstirpate untersucht wurden.

Die Stücke aus je einem Gelenk wurden zusammengefasst, d. h. die Flächen und Gewichte der einzelnen Teilstücke wurden addiert und dann als ein Dissekat bezeichnet und untersucht. Daraus ergibt sich, dass in den folgenden Kapiteln die Zahl der Dissekate der Anzahl der Gelenke entspricht, die unten stehenden Ergebnisse beziehen sich, falls nicht anders angegeben, auf eben diese Dissekate.

Auf die unterschiedlichen Strukturen der einzelnen Exstirpate aus einem Gelenk, wird in Kapitel 4.8. eingegangen.

Aus 20 der 41 Fesselgelenke und 20 der 54 Sprunggelenke wurden je nur ein Dissekat entnommen, die weitere Anzahl der Dissekate ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Anzahl der Gelenke mit unterschiedlicher Anzahl an Dissekaten.

Anzahl der Dissekate	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13
Fesselgelenke	20	11	5	1	2	1	1	0	0	0	0
Sprunggelenke	20	10	6	8	2	1	3	1	1	1	1

4.3. Dissekate aus dem Fesselgelenk

Die Dissekate der 41 Fesselgelenke gliedern sich folgendermaßen unter den Gliedmaßen auf: 19 Dissekate stammen aus einem Fesselgelenk einer Vordergliedmaße, 22 mal ist ein Fesselgelenk einer Hintergliedmaße betroffen.

Von den 41 Fesselgelenkdissekaten stammen 32 Dissekate (78 %; n = 41) von Warmblutpferden. 4 Dissekate wurden aus Fesselgelenken von Vollblutpferden (9,8 %; n = 41) exstirpiert, 3 Dissekate (7,3 %; n = 41) stammen von Trabern und 2 (4,9 %; n = 41) von Pferden anderer Rassen (Abb. 5).

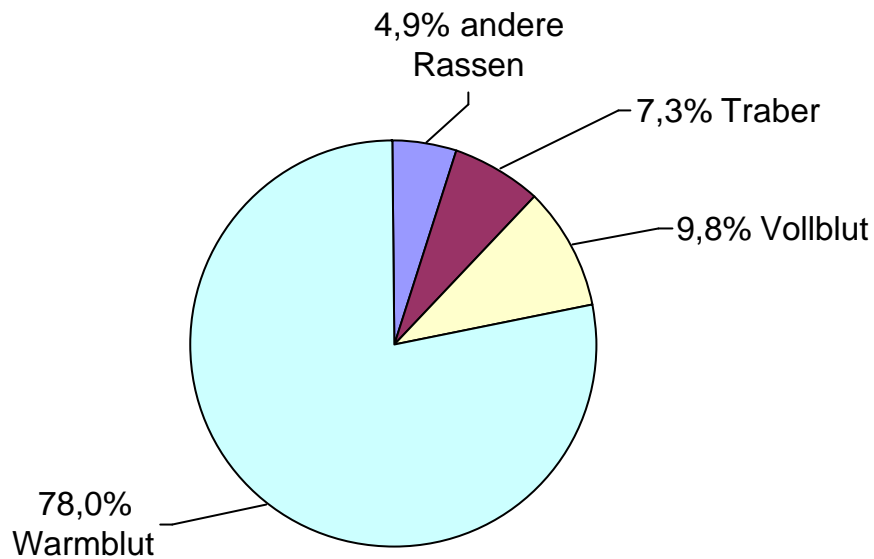


Abbildung 5: Verteilung der Dissekte aus Fesselgelenken auf die verschiedenen Pferderassen

Die Verteilung der 41 Fesselgelenke auf die Geschlechter ergibt, dass 13 Hengste (31,7 %), 16 Wallache (39,0 %) und 12 Stuten (29,3 %) operiert wurden.

Im Alter von 3 Jahren wurden 8 Pferde (19,5 %) operiert. 5 Tiere (12,2 %) kamen im Alter von 4 Jahren zur Operation und je 4 Pferde (9,8 %) waren zum Zeitpunkt der Operation 2, 7 und 9 Jahre alt.

Die Aufschlüsselung nach den vier Lokalisationen im Fesselgelenk ergibt, dass 23 Dissekte (56,1 %; n = 41) von der dorsalen Fesselbeinkante stammen. 12 Dissekte (29,3 %; n = 41) stammen vom Sagittalkamm, 4 Dissekte (9,8 %; n = 41) wurden von der Gleichbeinbasis und 2 von der Gleichbein Spitze (4,9 %; n = 41) entfernt (Abb. 6).

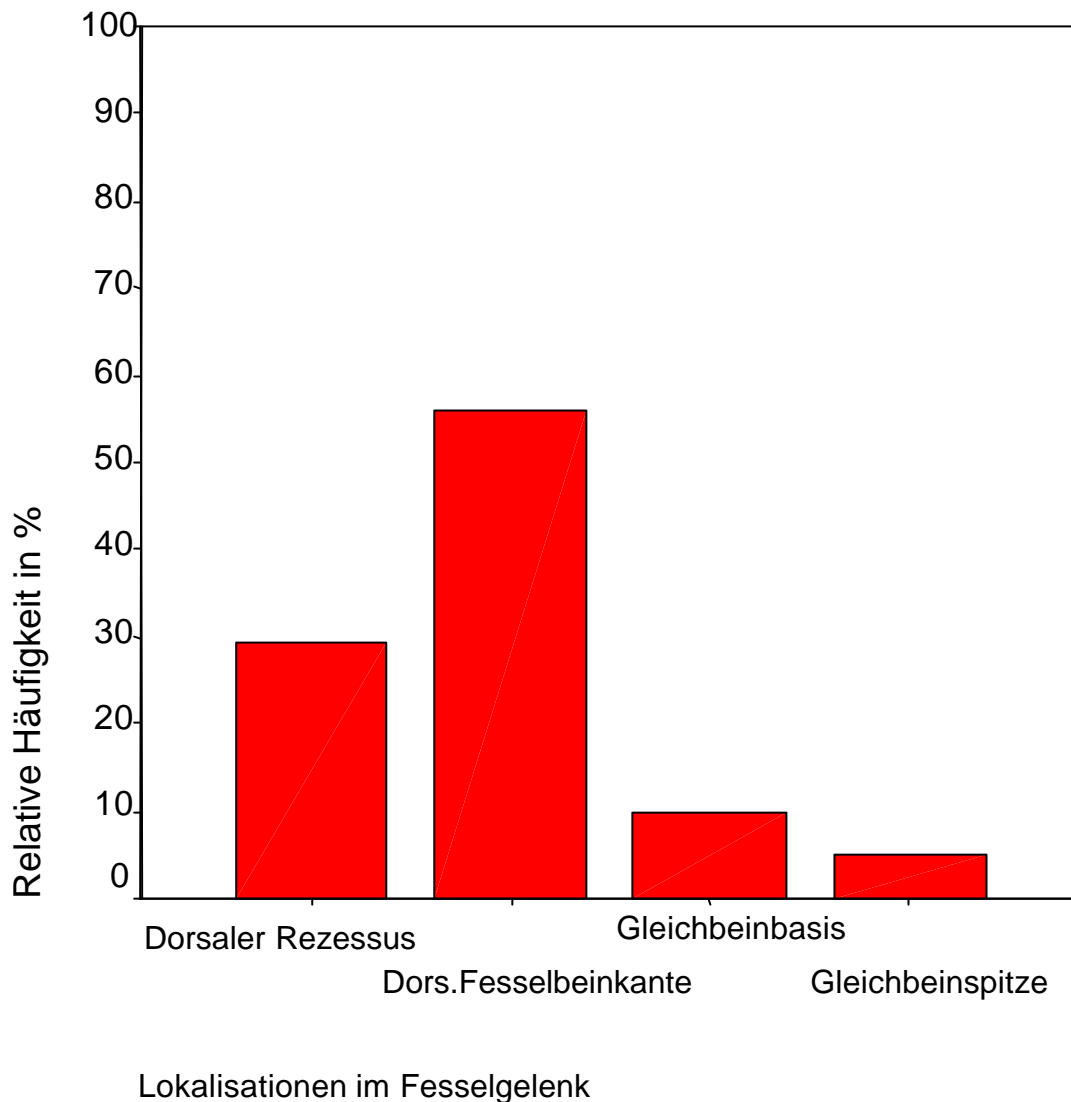


Abbildung 6: Häufigkeit der Dissekte in Relation zur Lokalisation im Fesselgelenk.

Von den 23 Dissekten der dorsalen Fesselbeinkante stammen 18 Dissekte (78 %; n = 28) von Warmblutpferden, von anderen Rassen wurden 5 Dissekte (21,7 %) extirpiert.

Eine Differenzierung zwischen der medialen und lateralen Gelenkfläche war, laut Operationsbericht, in 14 der 23 Fälle mit Dissekten an der dorsalen Fesselbeinkante möglich. Es sind 11 (78,6 %) Dissekte von der medialen, 3 (21,4 %) von der lateralen Gelenkfläche extirpiert worden.

Die Strukturen der Fesselgelenkdissekte verteilten sich folgendermaßen: 31 Dissekte (75,6 %; n = 41) haben eine spongiöse Struktur, 6 Dissekte (14,6 %; n = 41) zeigen eine Sklerosierung mit Porosierung und Kanalzeichnung, bei jeweils 2 Dissekten (4,9 %; n = 41) zeigen sich auf den Fein-Fokus-Aufnahmen strukturlose Verkalkungen bzw. Weichteilschatten (Abb. 7).

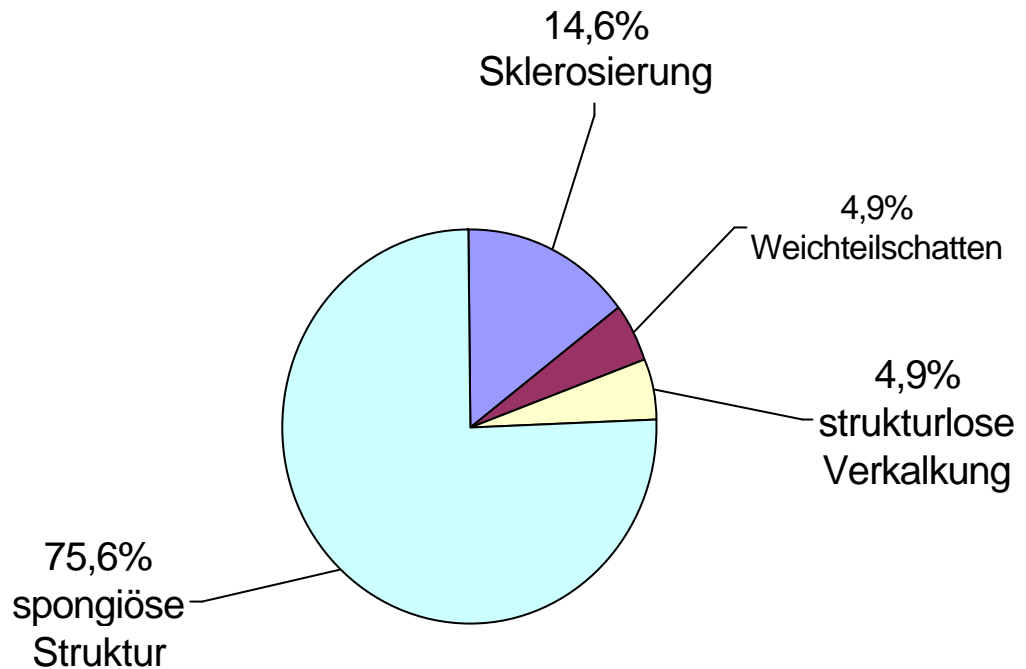


Abbildung 7: Strukturverteilung der Dissekte aus Fesselgelenken (n = 41).

4.3.1. Spongiöse Dissekte aus den Fesselgelenken

Von den 31 spongiösen Dissekatoren aus den Fesselgelenken stammen 11 aus Fesselgelenken der Vordergliedmaßen, 20 spongiöse Dissekte wurden aus Fesselgelenken der Hintergliedmaßen entnommen.

In dieser Gruppe mit den 31 spongiösen Dissekatoren sind 25 Warmblutpferde, 1 Vollblut, 3 Traber und 2 sonstige Rassen vorhanden. Die Verteilung der spongiösen Dissekte auf das Geschlecht zeigt, dass 8 Hengste, 13 Wallache und 10 Stuten spongiöse Dissekte in den Fesselgelenken aufweisen.

Das Alter der Pferde mit spongiösen Dissekatoren im Fesselgelenk ist folgendermaßen verteilt: Die meisten Pferde (5 Tiere, 16,1 %, n = 31), aus denen ein spongiöses Dissekat aus dem Fesselgelenk exstirpiert wurde, waren zum Zeitpunkt der Operation 4 Jahre alt. Je 4 Pferde (12,9%, n = 31) waren 3, 7 und 9 Jahre alt. Je 2 Pferde wurden im Alter von 2, 6, 8 oder 10 Jahren in der Klinik operiert. Je einem 5, 14 und 17-jährigen Pferd wurde ein Dissekat entnommen.

Die Verteilung der 31 spongiösen Dissekte auf die vier Lokalisationen im Fesselgelenk ergibt, dass 8 spongiöse Dissekte (25,8 %) vom Sagittalkamm bzw. aus dem dorsalen Rezessus stammen. 19 spongiöse Dissekte (61,3 %) wurden an der dorsalen

Ergebnisse

Fesselbeinkante gefunden, 3 Dissekte (9,7 %) waren an der Gleichbeinbasis, einer (3,2 %) an der Gleichbeinspitze lokalisiert.

Tabelle 2: Verteilung der spongiösen Dissekte aus Fesselgelenken auf die vier Lokalisationen im Fesselgelenk.

Lokalisation	dorsaler Rezessus	Fesselbeinkante	Gleichbeinbasis	Gleichbeinspitze
spongiöse Struktur (in %); n=31	8 (25,8%)	19 (61,3%)	3 (9,7%)	1 (3,2%)

Die Gesamtfläche der spongiösen Dissekte variiert von 26,21 mm² bis zu einer Größe von 387,15 mm². Die verkalkte Fläche reicht vom Minimum mit 16,43 mm² bis 295,68 mm². Die Weichteilfläche hat das Minimum bei 2,24 mm², der Maximalwert beträgt 92,95 mm², der Median beziffert sich auf 15,72 mm², der Mittelwert auf 30,74 mm².

In den Abbildungen 8, 9 und 10 sind die Flächen der spongiösen Fesselgelenkdissekte nach verschiedenen Aspekten angeordnet.

Abbildung 8 zeigt die absoluten Flächen der Dissekte mit steigendem Alter der Pferde, die Ordinate gibt die Flächen der Dissekte in mm² wieder, auf der Abszisse ist das Alter der Pferde in Jahren angegeben. Weichteilfläche und verkalkte Fläche zusammen geben die Größe des einzelnen Dissekates wieder.

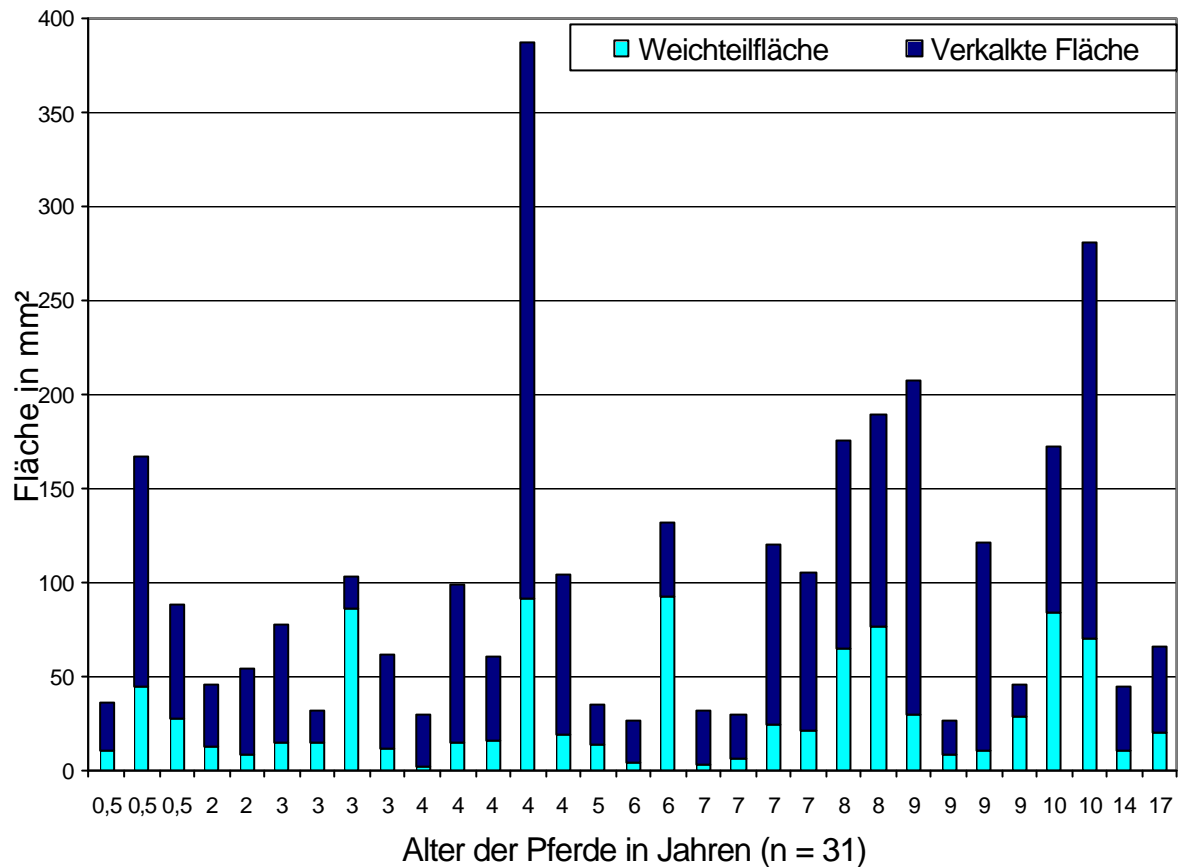


Abbildung 8: Flächenzusammensetzung der spongiösen Dissekte aus Fesselgelenken, angeordnet nach dem Alter der Pferde in Jahren.

In Abbildung 9 sind die Dissekte nach ihrer Lokalisation im Gelenk angeordnet. Die Ordinate stellt die Flächen in mm² dar, auf der Abszisse ist die Lokalisation des Dissekates im Fesselgelenk wiedergegeben.

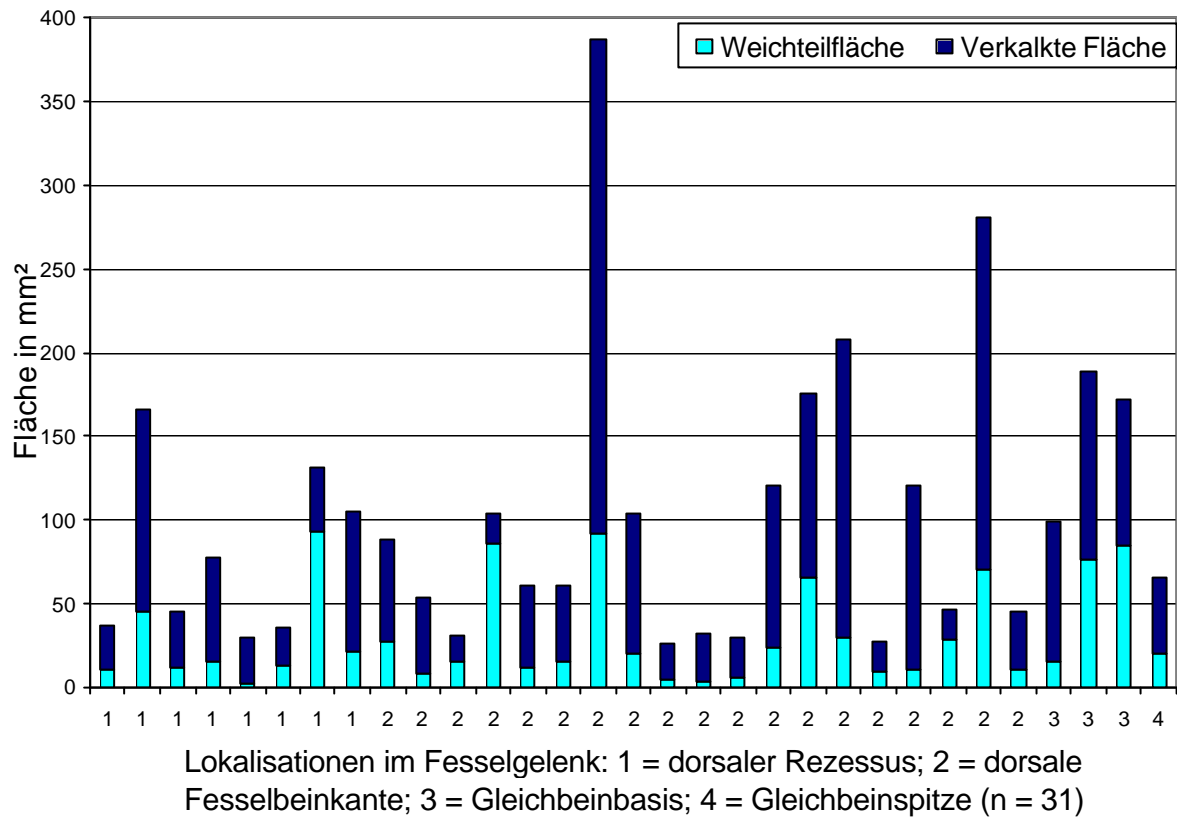


Abbildung 9: Flächenzusammensetzung der spongiösen Dissekate aus Fesselgelenken, angeordnet nach der Lokalisation der Dissekate im Fesselgelenk.

Abbildung 10 stellt die prozentualen Flächenverteilungen dar. In dieser Abbildung sind die Dissekte von links nach rechts mit steigender Gesamtfläche angeordnet. Die Ordinate gibt die relativen Flächenanteile in % wieder, auf der Abszisse ist zum Teil das Alter der Pferde in Jahren angegeben.

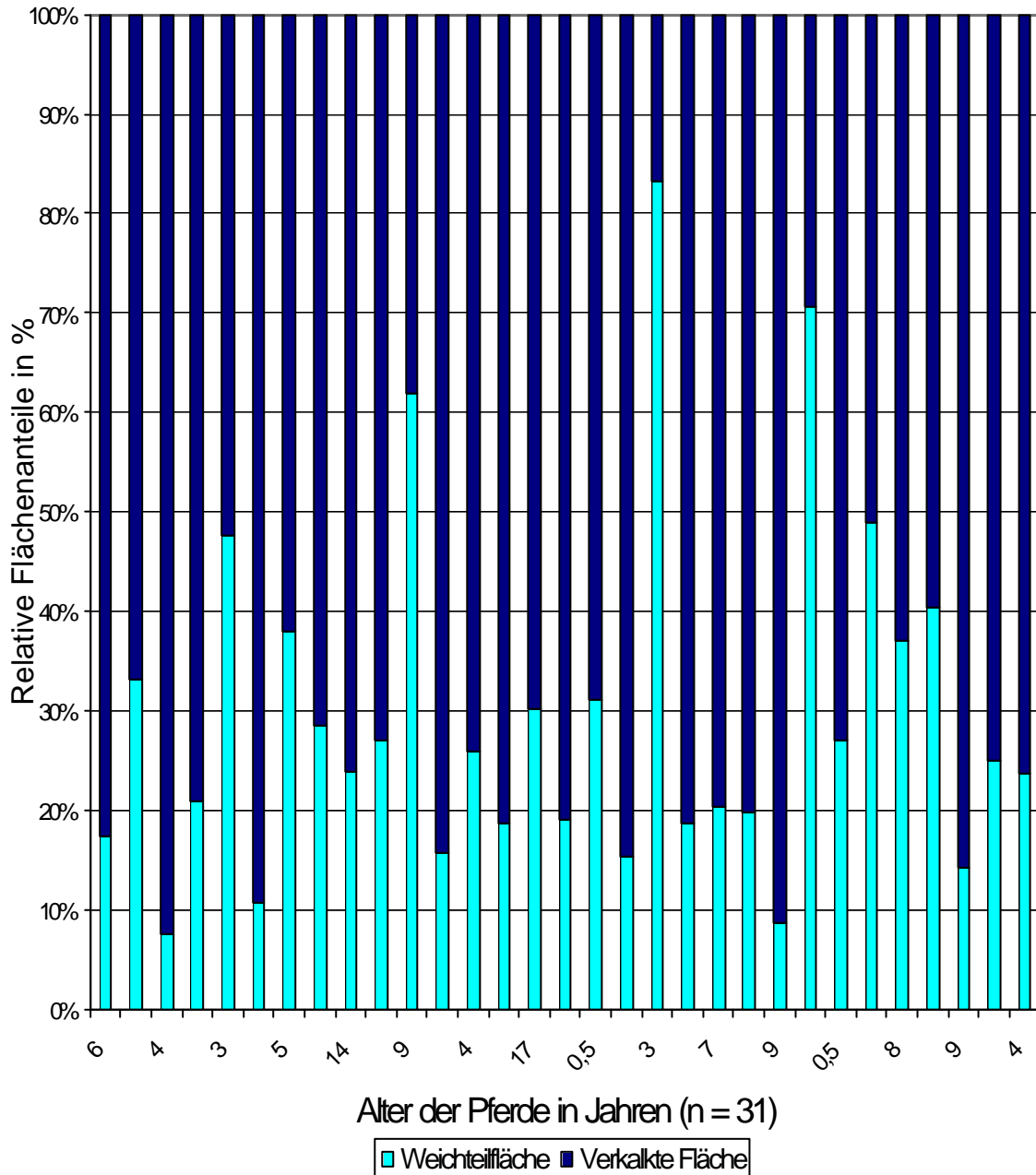


Abbildung 10: Relative Flächenanteile der spongiösen Dissekte aus Fesselgelenken, von links nach rechts angeordnet nach steigender Gesamtfläche, Altersangabe der Pferde in Jahren auf der Abszisse

Die spongiösen Dissekte haben einen Knochenanteil von 17 bis 92 %. Der Median beträgt 70,65 %, der Mittelwert liegt bei 74,95 %. Die Weichteilfläche variiert von 8 bis 83 %, hier kann der Median mit 25,05 %, der Mittelwert mit 28,35 % beziffert werden.

In Abbildung 11 sind die Boxplots¹ der spongiösen Dissekate aus Fesselgelenken wiedergegeben. Sie spiegeln die o. g. Werte und Zahlen wieder.

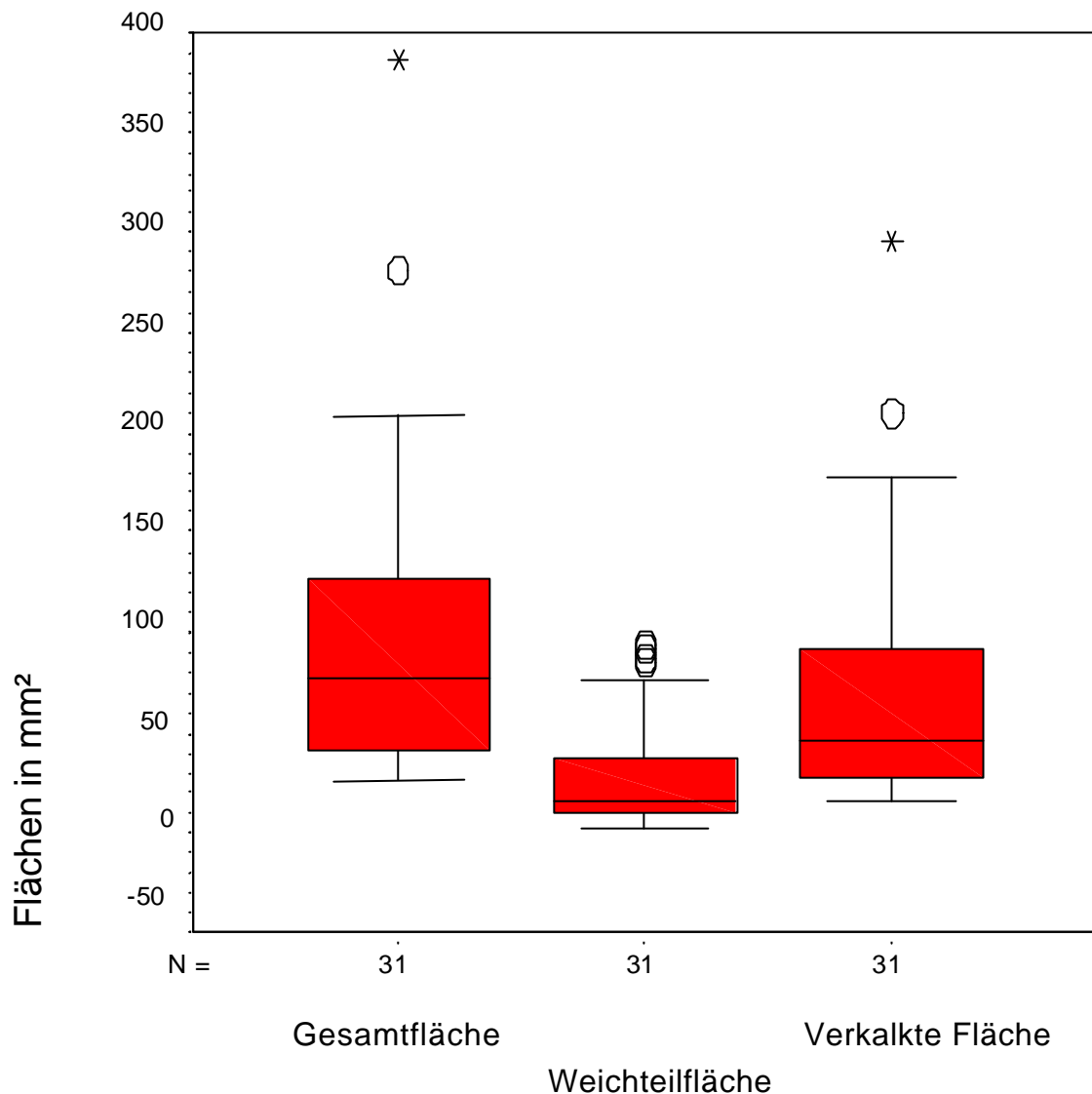


Abbildung 11: Boxplots¹ der Flächen der spongiösen Dissekate. (0= Ausreißer; * = Extremwerte).

¹ Der Boxplot besteht aus einer Box, die vom ersten und dritten Quartil (25. bzw. 75. Perzentil) begrenzt wird und deren innere Linie den Median repräsentiert. Ferner werden der kleinste und größte Wert markiert, sofern sie keine Ausreißer (s.u.) sind. Werte, die um mehr als drei Kastenlängen außerhalb liegen (Extremwerte), werden im Boxplot mit einem Stern (*) markiert. Werte, die um mehr als anderthalb Kastenlängen außerhalb liegen werden mit einem Kreis (0) markiert.

Die spongiösen Dissekate wurden in drei Spongiosagrößen unterteilt. Die Spongiosa wurde als fein, mittel oder grob eingestuft (Abb. 12), es wurde eine gerichtete von einer ungerichteten Struktur unterschieden und beurteilt, ob sich die Spongiosa scharf oder verwaschen darstellt.

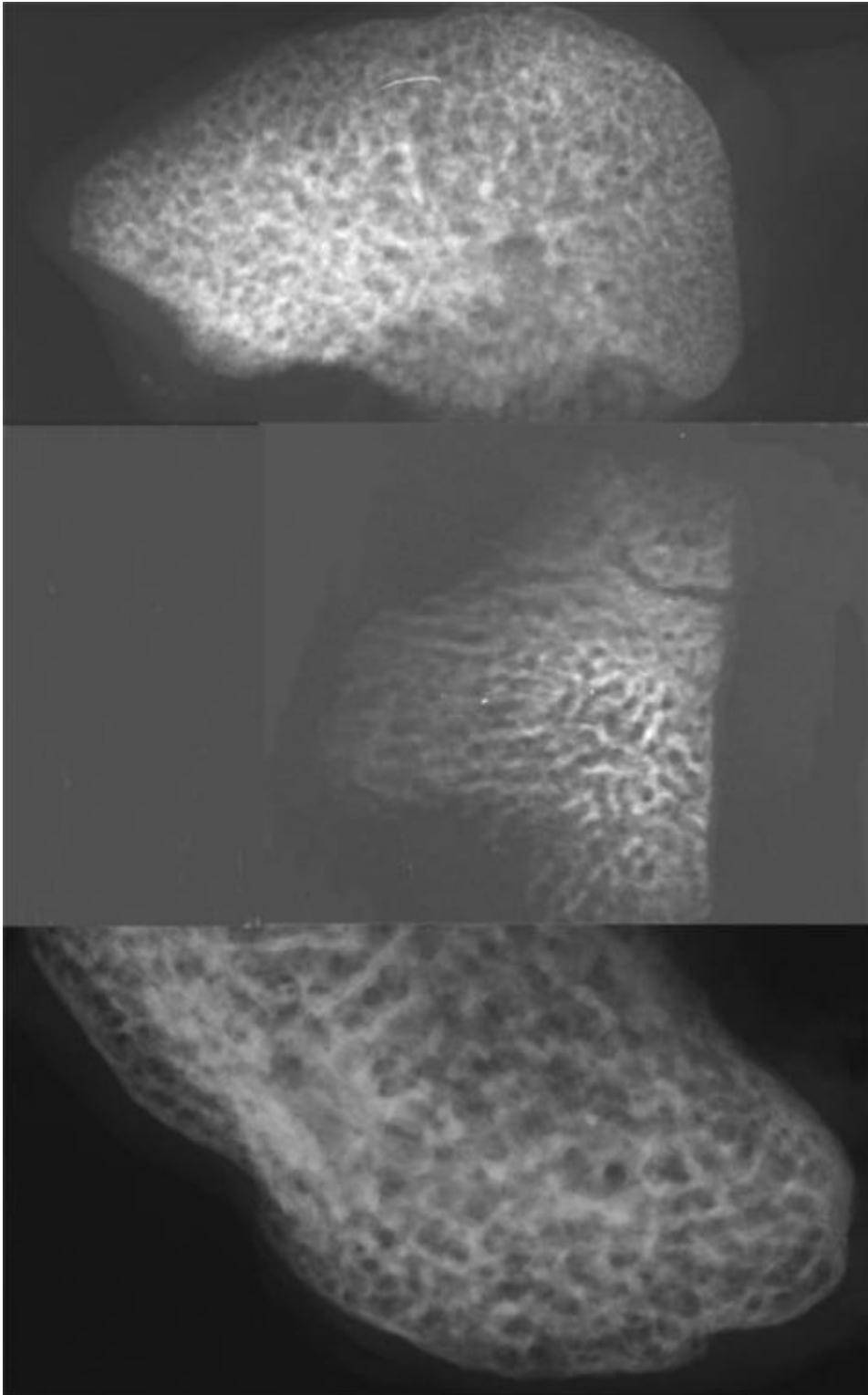


Abbildung 12: Bildbeispiele für feine, mittlere und grobe Spongiosa (von oben nach unten)

Von den 31 spongiösen Dissekaten aus den Fesselgelenken wurden 6 Dissekate (19,4 %) als fein, 13 (41,9 %) als mittel und 12 (38,7 %) als grob eingestuft. Mit der Vermessung von je drei Spongiosabalken und –höhlräumen mit dem Kontron-Computeranalyseprogramm konnte diese Einteilung nicht verfolgt werden

Von den sechs Fesselgelenkdissekaten mit feiner Spongiosa wurden 5 als ungerichtete/blasige Spongiosastruktur beurteilt, nur ein Dissekat weist eine gerichtete Spongiosastruktur auf. Je drei der sechs Dissekate mit feiner Struktur zeigen eine scharfe und verwaschene Spongiosadarstellung.

Von den 13 Fesselgelenkdissekaten mit mittlerer Spongiosagröße zeigen 12 eine ungerichtete Spongiosastruktur, bei einem Dissekat stellt sich die Spongiosa gerichtet dar.

Alle 12 Dissekate aus den Fesselgelenken mit grober Spongiosa zeigen gerichtete Strukturen (Tab. 3).

Tabelle 3: Spongiosadarstellung spongiöser Dissekate aus Fesselgelenken.

	Spongiosa gerichtet (scharfe/verwaschene Darstellung)	Spongiosa ungerichtet/blasig (scharfe/verwaschene Darstellung)
Feine Spongiosa	1 (1/0)	5 (2/3)
Mittlere Spongiosa	1 (0/1)	12 (4/8)
Grobe Spongiosa	12 (3/9)	0

4.3.2. Sklerosierte Dissekate aus den Fesselgelenken

Aus den Fesselgelenken wurden insgesamt 6 sklerosierte Dissekate entnommen. 2 dieser 6 sklerosierten Dissekate stammen aus Fesselgelenken der Hintergliedmaßen, 4 sklerosierte Dissekate wurden aus den Fesselgelenken der Vordergliedmaßen entnommen. Alle 6 Pferde mit sklerosierten Fesselgelenkdissekaten sind Warmblutpferde, die Geschlechterverteilung auf Hengste, Wallache und Stuten ist gleichmäßig, es sind je 2 Tiere pro Geschlecht vertreten.

Die Pferde mit den sklerosierten Dissekaten aus den Hintergliedmaßen waren zum Operationszeitpunkt 10 und 16 Jahre alt, die Tiere mit den Dissekaten aus den Vordergliedmaßen 3 (3 Pferde) und 5 Jahre alt.

Von den 6 sklerosierten Dissekaten stammen 4 (66,7 %) vom Sagittalkamm/dorsaler Rezessus, einer (16,7 %) von der Fesselbeinkante, ein sklerosiertes Fesselgelenkdissekat (16,7 %) stammt von der Gleichbeinsspitze.

Tabelle 4: Verteilung der sklerosierten Dissekate aus Fesselgelenken auf die vier Lokalisationen im Fesselgelenk.

Lokalisation	dorsaler Re- zessus	Fesselbein- kante	Gleichbeinbasis	Gleichbeinspitze
sklerosierte Struktur	4	1	0	1
sklerosierte Struktur in % (n=6)	66,7 %	16,7 %	0 %	16,7 %

Die Gesamtfläche der sklerosierten Dissekate reicht von 25,93 mm² bis zu einer Größe von 105,85 mm². Der Sklerosierungsanteil beträgt im Minimum 16,36 % bis maximal 81,23 %.

In Abbildung 13 sind die 6 sklerosierten Dissekate nach dem Alter der Pferde angeordnet. Die Ordinate gibt die Flächen der Dissekate in mm² wieder, auf der Abszisse ist das Alter der Pferde angegeben.

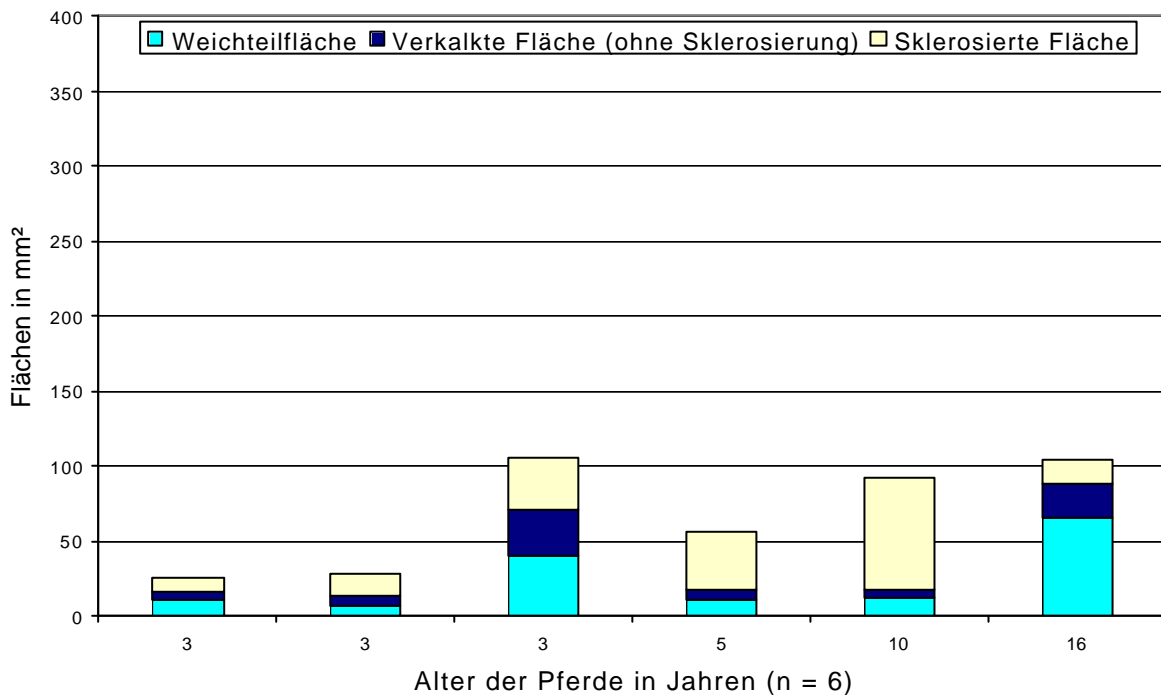


Abbildung 13: Flächenzusammensetzung der sklerosierten Fesselgelenkdissekate in Relation zum Alter der Pferde.

In Abbildung 14 sind die relativen Flächenanteile dieser 6 sklerosierten Dissekte wiedergegeben. Auch hier ist auf der Abszisse das Alter der Pferde in Jahren angegeben, die Ordinate bildet die relativen Flächenanteile der Dissekte in % ab.

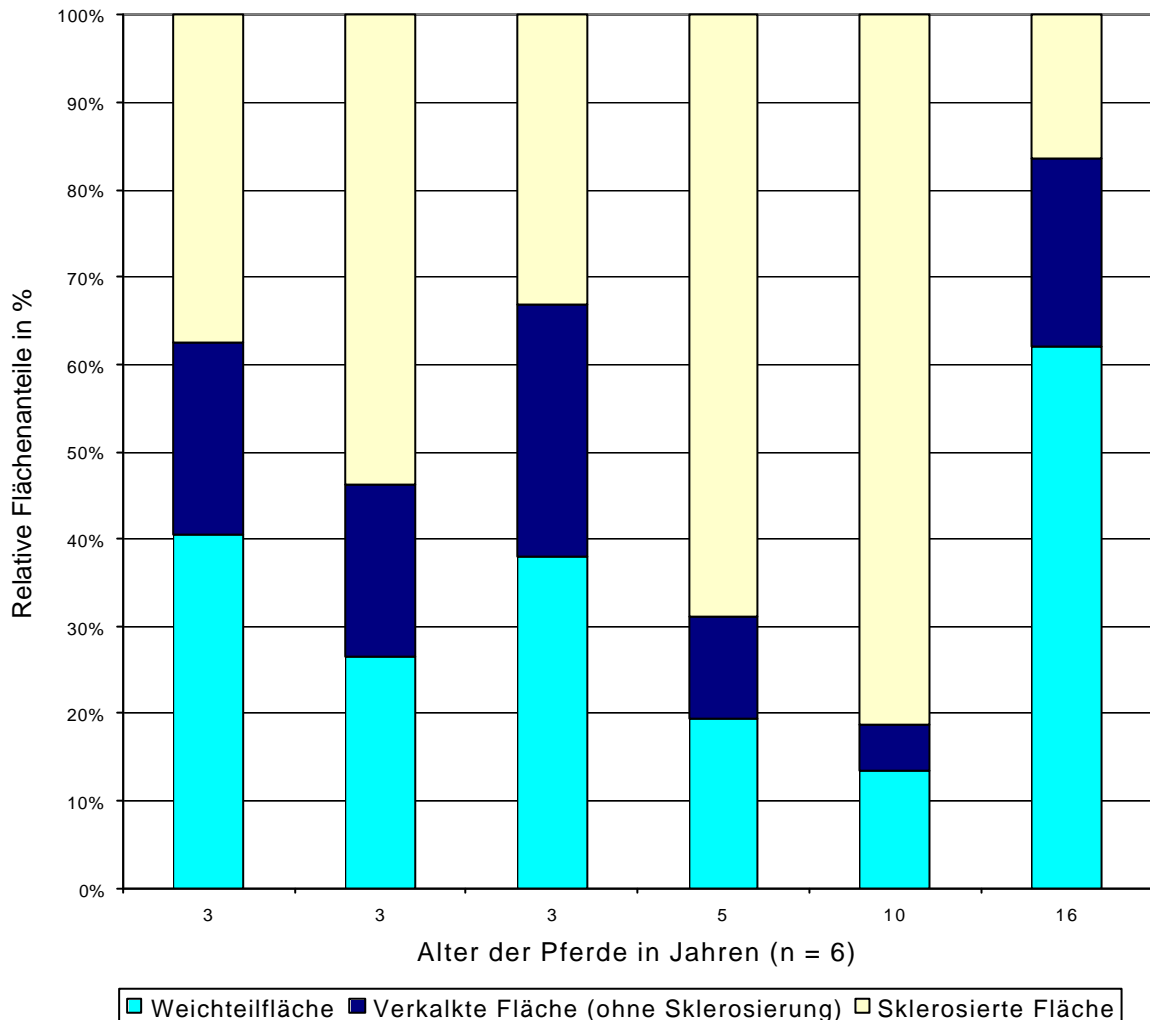


Abbildung 14: Relative Flächenanteile der sklerosierten Dissekte aus Fesselgelenken in Relation zum Alter der Pferde.

Die sklerosierten Dissekte haben eine durchschnittliche Gesamtfläche von 68,91 mm² im Mittelwert, der Median wird mit 74,18 mm² beziffert, die verkalkte Fläche hat im Mittelwert eine Größe von 44,47 mm², hier wird der Median mit 42,29 mm² angegeben. Die sklerosierte Fläche ist im Mittel 31,8 mm² groß. Es ergibt sich eine nicht sklerosierete Verkalkungsfläche von im Mittel 12,66 mm². Die sklerosierten Dissekte haben einen Knochenanteil von 18,2 % im Mittelwert, der Minimalwert beträgt 5 %, der Maximalwert kann mit 29 % angegeben werden. Der Median liegt bei 20,53 %. Diese Zahlen sind in Abbildung 17 dargestellt.

Die mittlere Weichteilfläche der sklerosierten Dissekate beträgt 24,44 mm², das sind 33,3 %. Der Minimalwert von 7,52 mm² entspricht 13 %, der Maximalwert von 65,27 mm² entspricht 62 %. Im Median beträgt die Weichteilfläche 11,63 mm², das sind 32,22 %.

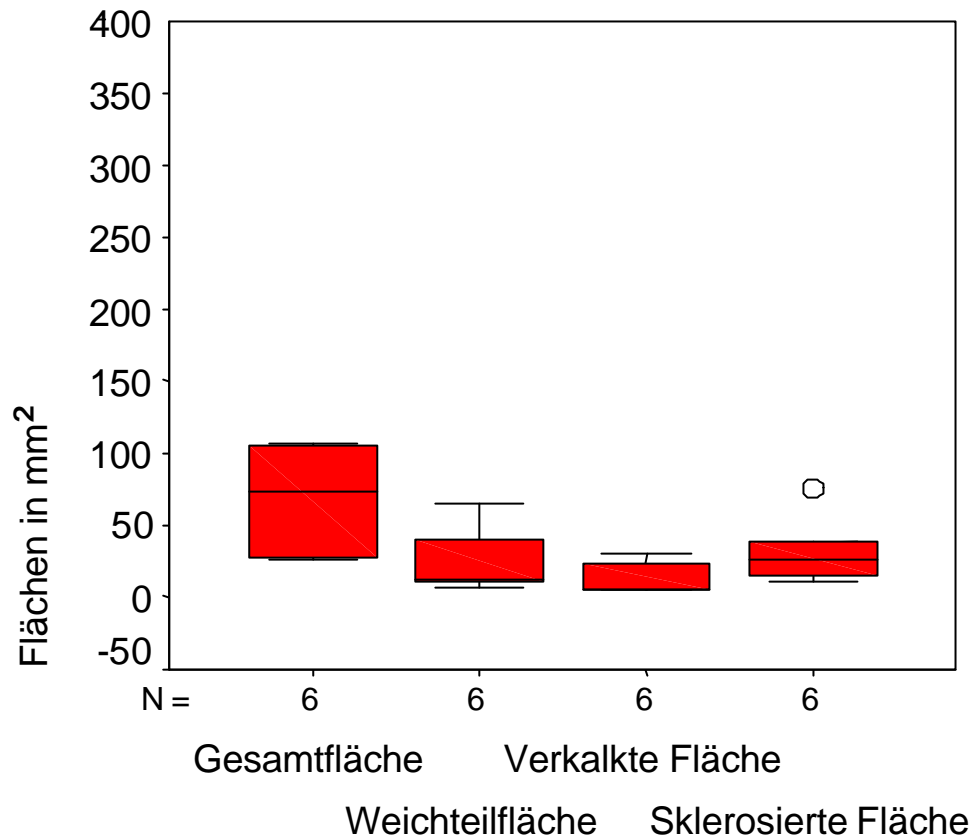


Abbildung 15: Boxplot der Flächen sklerosierter Dissekate aus Fesselgelenken (0 = Ausreißer)