



**HÄUFIGKEIT UND GENETIK EINER „BESENSTIEL-
ARTIGEN“ FEMURKOPF - HALS - FORMATION
BEIM DEUTSCHEN SCHÄFERHUND IM VERGLEICH
ZU ANDEREN RASSEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG
DES EINFLUSSES AUF DEN GRAD DER DYSPLASIE
MESSUNGEN ZUR GRÖÖE VON FEMURKOPF
UND ACETABULUM BEI VERSCHIEDENEN
RÖNTGENTECHNIKEN**

ANTJE WIGGER

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung des Autors oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2006

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Author or the Publishers.

1st Edition 2006

© 2006 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



VVB LAUFERSWEILER VERLAG
édition scientifique

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Aus der Klinik für Kleintiere
- Chirurgie -
der Justus-Liebig-Universität Giessen
Betreuer: Prof. Dr. M. Kramer

Häufigkeit und Genetik einer „besenstielartigen“ Femurkopf - Hals -
Formation beim Deutschen Schäferhund im Vergleich zu anderen Rassen
unter Berücksichtigung des Einflusses auf den Grad der Dysplasie

Messungen zur Größe von Femurkopf und Acetabulum
bei verschiedenen Röntgentechniken

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
beim Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

eingereicht von

ANTJE WIGGER

Tierärztin aus Bonn

Gießen 2006

Mit Genehmigung des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan: Prof. Dr. M. Reinacher

1. Berichterstatter: Prof. Dr. M. Kramer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Erhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 25.07.2006

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis.....	I
Verzeichnis der Abbildungen.....	V
Verzeichnis der Tabellen.....	VII
Verzeichnis der Abkürzungen.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Postnatale Entwicklung und Anatomie des Hüftgelenkes.....	3
2.2 Definition, Ätiologie und Pathogenese der Hüftgelenksdysplasie.....	9
2.2.1 Definition.....	9
2.2.2 Ätiologie.....	9
2.2.2.1 Heritabilität.....	10
2.2.2.2 Umwelteinflüsse.....	11
2.2.3 Pathogenese.....	11
2.3 Diagnostik der Hüftgelenksdysplasie.....	15
2.3.1 Klinische Diagnose.....	15
2.3.2 Röntgen.....	17
2.3.2.1 Lagerung des Hundes.....	17
2.3.2.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen.....	22
2.3.2.2.1 Winkelmessung nach NORBERG.....	22
2.3.2.2.2 Auswertung nach den Richtlinien der FCI.....	23
2.4 Stressröntgenuntersuchung.....	28
2.4.1 Die Wedge-Technik.....	28

2.4.2	Keiltechnik.....	29
2.4.3	Stressröntgentechnik nach SMITH	29
2.4.4	Stressröntgentechnik nach Flückiger.....	32
2.5	Der Antetorsionswinkel.....	33
2.5.1	Berechnungsgrundlagen.....	34
2.5.1.1	Das „faux profil“	34
2.5.1.2	Konstruktion der Schaftachse D.....	35
2.5.2	Die Bestimmung des Antetorsionswinkels.....	35
3	Eigene Untersuchungen.....	38
3.1	Material und Methoden.....	38
3.1.1	Gerätebeschreibung.....	38
3.1.2	Untersuchte Tiere.....	39
3.1.3	Gruppeneinteilung.....	40
3.1.4	Röntgenbildmaterial.....	42
3.1.5	Röntgenuntersuchungen.....	43
3.1.5.1	Anästhesie.....	43
3.1.5.2	Röntgenaufnahmen.....	43
3.3	Hauptuntersuchung.....	45
3.3.1	Auswertung der Röntgenbilder.....	45
3.3.2	Statistische Auswertung.....	45
3.3.3	Größe des Femurkopfes und des Acetabulums.....	46
3.3.4	Der Antetorsionswinkel α	48
3.3.5	Der Distraktionsindex.....	49
3.3.6	Die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form.....	50
3.3.7	Überprüfung des Einflusses von Lagerungsmängeln.....	52
3.3.8	Heritabilität.....	52
3.3.9	Überprüfung auf Wiederholbarkeit.....	53

4	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen.....	54
4.1	Häufigkeit der besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form.....	54
4.2	Die Femurkopfgröße.....	55
4.2.1	Die Femurkopfgröße in Position I.....	55
4.2.2	Die Femurkopfgröße in Position II.....	56
4.3	Die Acetabulumgröße.....	58
4.3.1	Die Acetabulumgröße in Position I.....	58
4.3.2	Die Acetabulumgröße in Position II.....	59
4.4	Vergleich der Messergebnisse von Femurkopf- und Acetabulumgröße	62
4.4.1	Vergleich der Messungen zwischen Hunden mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form und „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen.....	62
4.4.2	Verhältnisse von Femurkopf- zu Acetabulumgröße.....	62
4.5	Der Distraktionsindex.....	63
4.6	Der Antetorsionswinkel.....	64
4.7	Ergebnisse der HD-Beurteilung.....	65
4.8	Heritabilität.....	66
4.9	Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung.....	67
5	Diskussion.....	68

6	Zusammenfassung.....	78
7	Summary	81
8	Literaturverzeichnis.....	83

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Abbildung 1: Schematische Darstellung der Lage der Darstellung des Os acetabuli (grau) und des Os coxae quartum (schwarz).....	3
Abbildung 2: Acetabulum des Hundes (Nickel et al., 1992).....	5
Abbildung 3: Hüftgelenk eines Schäferhundes; nach Eröffnung des Oberschenkelbeines, lateral herausgezogen. Ventrolaterale Ansicht (Baum und Zietschmann, 1936).....	5
Abbildung 4: Craniale Begrenzung des rechten Acetabulums. Ventrolaterale Ansicht (Richter und Loeffler, 1976).....	8
Abbildung 5: Proximale Abschnitte des Oberschenkelknochens. Caudalansicht (Richter und Loeffler, 1976).....	8
Abbildung 6: Druckverteilung im normalen (a) und subluxierten (b) Gelenk (nach Prieur, 1980).....	14
Abbildung 7: Zeichnung nach einer ventrodorsalen Röntgenaufnahme des Hüftgelenks eines Hundes mit schwerer Coxarthrose infolge HD (modifiziert nach Quinlan, 1975).....	14
Abbildung 8: Ortolani Test: a, b in Seitenlage (nach Fox et al., 1987) c, d in Rückenlage (nach Chalman und Butler, 1985).....	16
Abbildung 9: Korrekt gelagerte HD Röntgenaufnahme eines DSH in gestreckter Position (Position I).....	19
Abbildung 10: Korrekt gelagerte HD Röntgenaufnahme eines DSH in gebeugter Position (Position II).....	21
Abbildung 11: Schematische Darstellung der Winkelmessung nach Norberg.....	23
Abbildung 12: Kein Hinweis auf HD (A). Röntgenbild eines HD-freien Deutschen Schäferhundes.....	24
Abbildung 13: Röntgenbild eines Hundes mit leichter HD (C) rechts.....	25
Abbildung 14: Röntgenbild eines Hundes mit mittlerer HD.....	26
Abbildung 15: Schematische Darstellung zur Berechnung des Distaktionsindex.....	30
Abbildung 16: Röntgenbild eines Deutschen Schäferhundes mit einem DI von 0,57.....	31
Abbildung 17: Skizze zur Darstellung des Antetorsionswinkels (AT). Aufsicht auf einen Oberschenkelknochen.....	33

Abbildung 18: Schematische Darstellung der „faux profil“ – Röntgenlagerung (nach Schawalder und Sterchi, 1981).....	34
Abbildung 19: „Faux profil“ - Röntgenaufnahme mit eingezeichneter Schaftachse D.....	36
Abbildung 20: Geschlechterverteilung der Hunde.....	39
Abbildung 21: Lagerung für die Stressröntgenaufnahme.....	44
Abbildung 22: Schema einer Schablone zur Bestimmung des Norbergwinkels.....	47
Abbildung 23a: Messung 1 zur Bestimmung des Antetorsionswinkels.....	48
Abbildung 23b: Messung 2 zur Bestimmung des Antetorsionswinkels.....	48
Abbildung 24: Darstellung der Messtrecken zur Berechnung des Distraktionsindex.....	49
Abbildung 25a: Besenstielartige Femurkopf-Hals-Form.....	51
Abbildung 25b: „Normale“ Femurkopf-Hals-Form.....	51
Abbildung 26: Verteilung der Hunde mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form.....	54
Abbildung 27: Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Femurkopfgröße in Position I.....	55
Abbildung 28: Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Femurkopfgröße in Position II.....	56
Abbildung 29: Durchschnittliche Femurkopfgröße in Position I mit Standardabweichung.....	57
Abbildung 30: Durchschnittlicher Unterschied der Femurkopfgröße zwischen Position I und II in cm^2 mit Angabe der Standardabweichung ($p = 0,0$).....	57
Abbildung 31: Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Acetabulumgröße in Position I.....	58
Abbildung 32: Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Acetabulumgröße in Position II.....	59
Abbildung 33: Durchschnittliche Acetabulumgröße in Position I und II mit Standardabweichung.....	61
Abbildung 34: Durchschnittlicher Unterschied der Acetabulumgröße zwischen Position I und Position II in cm^2 mit Angabe der Standardabweichung.....	61

Verzeichnis der Tabellen

	Seite
Tabelle 1: Überblick über die im Rahmen dieser Studie untersuchten Rassen mit Angabe ihrer Häufigkeit unterteilt nach Geschlecht.....	41
Tabelle 2: Verteilung der fehlenden Röntgenaufnahmen.....	42
Tabelle 3: Übersicht über die Verhältnisse von Femurkopfgröße zu Acetabulumgröße in den einzelnen Gruppen.....	62
Tabelle 4: Übersicht über den durchschnittlichen Distraktionsindex der Gruppen mit Standardabweichung.....	63
Tabelle 5: Übersicht über den durchschnittlichen Antetorsionswinkel der Gruppen mit Standardabweichung.....	64
Tabelle 6: Verteilung der HD-Grade in den einzelnen Gruppen als absolute Tieranzahl und in Prozent.....	65
Tabelle 7: Heritabilitäten für bestimmte Geburtsjahrgänge.....	66
Tabelle 8: Wiederholbarkeit der einzelnen Parameter.....	67

Verzeichnis der Abkürzungen

Abb.	Abbildung
ap	anterior-posterior
AT	Antetorsionswinkel
belg.	belgischer
BSH	Berner Sennenhund
bzw.	beziehungsweise
C	Schenkelhalsachse
ca.	circa
CC'D-Winkel	Centrum-Collum-Diaphysenwinkel
CE	Condylenebene
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratcentimeter
D	Schaftachse
d	Abstand zwischen Femurkopf- und Acetabulumzentrum
DDH	Deutsch Drahthaar
d.h.	das heißt
DI	Distraktionsindex
DSH	Deutscher Schäferhund
FCI	Fédération Cynologique Internationale
ggf.	gegebenenfalls
ggr.	geringgradig
h ²	Heritabilität
HD	Hüftgelenksdysplasie
Inc.	Incisura
i.v.	intravenös
insg.	insgesamt
kg	Kilogramm
KM	Kontrastmittel
kp	Kilopascal
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus

m	Männlich
mg	Milligramm
O.F.A.	Orthopedic Foundation for Animals
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PennHIP®	Pennsylvania Hip Improvement Program
r	Radius
resp.	respektive
restl.	restliche
s	Standardabweichung
SI	Subluxationsindex
sog.	so genannte
SV	Verein für deutsche Schäferhunde
SV – HG	Hauptgeschäftsstelle des Vereins für deutsche Schäferhunde
Tab.	Tabelle
Tg	Tangens
u.a.	unter anderem
v. a.	vor allem
Vgl.	Vergleich
w	weiblich
x	Abstand zwischen Femurkopfzentrum und Schaftachse auf der „faux profil“-Aufnahme im Rahmen der Berechnung des AT
y	Abstand zwischen Femurkopfzentrum und Schaftachse auf der ap-Aufnahme im Rahmen der Berechnung des AT
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Erstmals 1935 von SCHNELLE beschrieben stellt die Hüftgelenksdysplasie (HD) nach wie vor ein großes Problem in der Hundezucht dar. Es handelt sich um eine der häufigsten, bekanntesten und best-erforschtesten Erkrankungen des Bewegungsapparates des Hundes. Die HD stellt eine genetisch bedingte Erkrankung dar, bei der aber neben den genetischen Faktoren auch Umwelteinflüsse den Grad der Ausprägung der Veranlagung mit beeinflussen (LOEFFLER, 1990; FLÜCKIGER, 1996).

Trotz intensiver Selektion zeigt sich bei nahezu allen Rassen nicht der gewünschte Zuchterfolg (FLÜCKIGER et al., 1995; WILLIS, 1997).

Die Beurteilung des HD-Grad eines Tieres beruht auf der Auswertung von Röntgenbildern, wobei der Norbergwinkel nach wie vor das einzige quantitative Merkmal im Rahmen der Auswertung darstellt. Es wurden verschiedene Methoden entwickelt, die bestimmte Strecken oder Winkel im Bereich des Hüftgelenkes messen, von denen sich aber keine im Rahmen der HD-Beurteilung durchgesetzt hat.

Anlass für diese Arbeit gaben die Ergebnisse einer Hüftgelenksdysplasie – Verlaufsstudie, in der bei 30% der 450 untersuchten deutschen Schäferhunde eine sog. besenstielartige Femurkopf-Hals-Form auf den Aufnahmen mit gestrecktem Oberschenkel gefunden wurde, während auf den Aufnahmen mit gebeugten Oberschenkeln die Femurköpfe „normal“ ausgebildet erschienen.

Dies führte zu einem zu der Frage, ob es sich tatsächlich um zu kleine Köpfe handelt, oder ob die Köpfe projektionsbedingt nur zu klein aussehen. Zum anderen stellte sich die Frage, ob diese Kopf-/Halsform eine Normvariante, oder bereits eine Form der Dysplasie darstellt.

Ziel dieser Arbeit ist es diese besondere Femurkopf-Hals-Form auf ihre Häufigkeit, mögliche Ursachen und ihre Auswirkungen auf die HD- Beurteilung zu untersuchen. Wir wollen untersuchen, ob Schäferhunde mit der beschriebenen Femurkopf-Hals-Form besser in der HD-Einteilung beurteilt werden, da ihre Femurköpfe tiefer in der Gelenkpfanne sitzen. Gleichzeitig soll geklärt werden, ob sich Hüftgelenke mit dieser besonderen Form bei der Stressröntgenuntersuchung lockerer als „normale“ Femurköpfe verhalten. Würden sich diese Hüftgelenke als lockerer erweisen, wirft

ein solcher Befund die Frage auf, ob diese sog. besenstielartige Femurkopf-Hals-Form bereits eine Stufe der Hüftgelenksdysplasie darstellt.

Durch Ermittlung von Referenzwerten im Hinblick auf die Femurkopfgröße beim Schäferhund, könnten die Ergebnisse dieser Dissertation ein weiteres quantitatives Merkmal für die HD-Beurteilung liefern.

2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Postnatale Entwicklung und Anatomie des Hüftgelenkes

Die Beckenpfanne (Acetabulum) wird aus Anteilen der drei Beckenknochen gebildet, dem craniodorsal liegenden Os ilium, cranioventral dem Os pubis und dem caudoventral befindlichen Os ischii (NICKEL et al., 1992). Die Trennung in Einzelknochen ist dabei nur bei Jungtieren erkennbar, mit ca. 6 Monaten sind alle Knochen vollständig miteinander verschmolzen.

Die Angaben über den Zeitpunkt des Knorpelschlusses beim Hund schwanken (LINNMANN, 1998). SCHRAN (1973) gibt an, dass es bereits mit 4 Monaten zum Schluss der Wachstumsfugen kommt, WIDMER (1978) hingegen gibt hierfür ein Alter von 5 bis 6 Monaten an, nach SMITH (1964) erfolgt der Schluss zwischen dem 4. und dem 7. Lebensmonat. Die Ursache für diese unterschiedlichen Angaben liegt zum Teil in den durch Rasseunterschiede bedingten Schwankungen in der Wachstumsgeschwindigkeit (KÖPPEL, 1986).

Beim Fleischfresser lässt sich neben diesen drei Hauptknochen am Grund der Hüftgelenkspfanne, im Zentrum zwischen den anderen Knochen, noch ein zusätzlicher Knochen, das Os acetabuli erkennen (Abb. 1) (RISER, 1975; MAYRHOFER, 1980; OLSSON, 1980; KÖPPEL, 1986; NICKEL et al., 1992). Es handelt sich hierbei um einen sehr kleinen Knochen, welcher sehr früh in der Entwicklung mit den übrigen Knochen verschmilzt (KÖPPEL, 1986; BUDRAS, 1987). Allerdings schwanken auch hier die Angaben zum Zeitpunkt des Auftretens des Verknöcherungskerns und seiner Verschmelzung mit den übrigen Knochen des Beckens erheblich (LINNMANN, 1998). Je nach Autor soll es zwischen der 7. und 11. (HARE, 1961) bzw. der 8. und

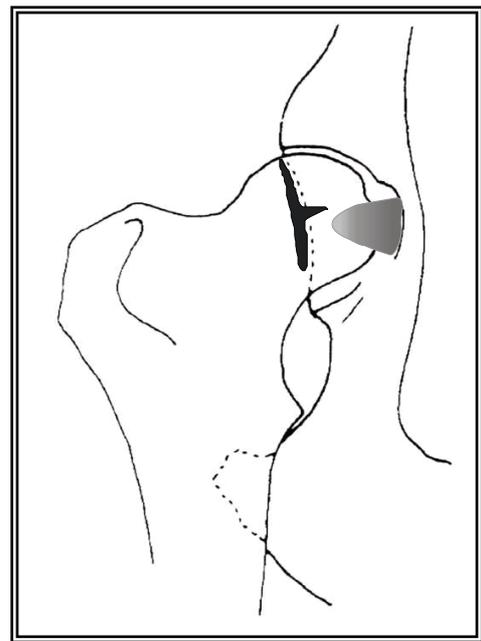


Abbildung 1:
Schematische Darstellung der Lage des Os acetabuli (grau) und des Os coxae quartum (schwarz).

12. Lebenswoche (KÖPPEL, 1986) röntgenologisch sichtbar werden und nach ungefähr weiteren 8 -12 Wochen soll es vollständig mit den übrigen Beckenknochen verschmolzen sein (KÖPPEL, 1986). Dabei soll es nach KÖPPEL (1986) wichtig für die korrekte Ausformung des Beckenbodens sein. Den übrigen Tierarten fehlt dieser Knochen (NICKEL et al., 1992).

SCHRAN (1973) beschrieb einen weiteren Knochen - das Os coxae quartum (Abb. 1). Dieser lässt sich zwischen der 11. und der 16. Lebenswoche (SCHRAN, 1973: 13. Lebenswoche; MAYRHOFER, 1980: 4 bis 4 ½ Lebensmonaten; KÖPPEL, 1989: 12. - 14. Lebenswoche) radiologisch an der dorsalen Pfannendachkontur abgrenzen, weswegen er im deutschsprachigen Raum als Pfannendachkern bezeichnet wird. Bis zur 20. Lebenswoche ist er mit den übrigen Beckenknochen verschmolzen (KÖPPEL, 1989). Nach KÖPPEL (1989) bestimmt er die Breite der Facies lunata und die Tiefe des Acetabulums.

Zusammen mit den Bandstrukturen und den knorpeligen Anteilen entsteht eine Höhlung, die einen artikulierenden und einen nicht an der Artikulation beteiligten Anteil besitzt. Die peripher gelegene, überknorpelte Facies lunata sitzt am Rand des Acetabulums und führt zu einer Verbreiterung des dorsalen Pfannenrandes, wodurch die Gelenkpfanne eine Vertiefung erfährt (NICKEL et al., 1992). Im Bereich der Fossa acetabuli wird für den Durchtritt des Lig. capitis ossis femoris ein Ausschnitt ausgespart, die sog. Inc. acetabuli (Abb. 2) (NICKEL et al., 1992).

Die Bedeutung der Facies lunata liegt in der Artikulation mit dem Femur, wohingegen die zentrale Vertiefung, Fossa acetabuli, als Bandgrube dient (NICKEL et al., 1992). In ihr entspringt das Lig. capitis ossis femoris, auch Lig. teres genannt, welches das Acetabulum mit dem Femur verbindet. Es ist je nach Größe des Hundes zwischen 1 und 1,5 cm lang (KÖPPEL, 1991; NICKEL et al., 1992). Zwischen den Enden der mondsichel- oder hufeisenförmigen Facies lunata ist das Lig. transversum acetabuli aufgespannt (Abb. 3). Es verhindert eine Lageveränderung des Lig. teres (NICKEL et al., 1992). Die Gelenkkapsel bildet nach außen hin den Abschluss des Gelenkes. Sie zieht vom Rand der Gelenkpfanne und inseriert distal der Gelenkfläche am Femur (NICKEL et al., 1992).

Uneinigkeit herrscht bei der Frage, ob es sich bei dem Hüftgelenk mit allen beteiligten Strukturen um ein einfaches Kugelgelenk handelt (HENSCHEL, 1983), oder aber um ein spezialisiertes Kugelgelenk, respektive ein Nussgelenk (NICKEL et al., 1992; LINNMANN, 1998).

Eine nicht unerhebliche Bedeutung für die Stabilität des Hüftgelenkes haben die Muskeln.

Der M. gluteus superficialis geht aus der Fascia glutea hervor und entspringt somit an der Spina iliaca dorsalis sowie an der Schwanzfaszie. Ein weiterer Anteil des M. gluteus superficialis zieht von der Pars lateralis des Kreuzbeines, sowie vom Querfortsatz des ersten Schwanzwirbels und Anteilen des Lig. sacrotuberale sehnig über den Trochanter major hinweg und inseriert proximal an der lateralen Fläche des Femurs. Bei fixierter Schwanzwirbelsäule ist er für die Auswärts- und Rückwärtsführung der Gliedmaße wichtig, zudem dient er als Hilfsstrecker des

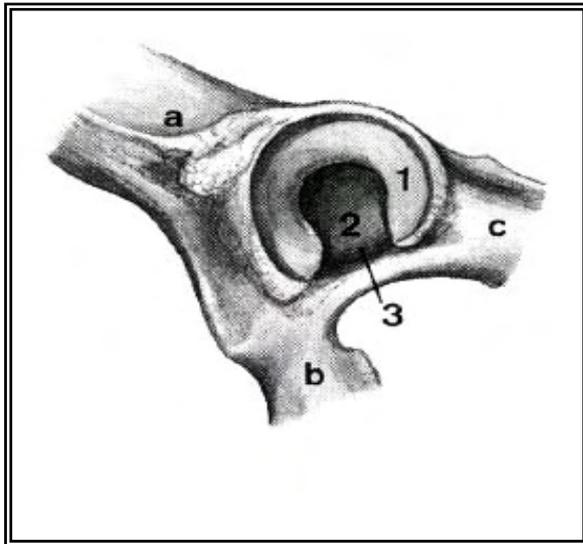


Abbildung 2:
Acetabulum des Hundes
(Nickel et al., 1992).

- a: Os ilium
- b: Os pubis
- c: Os ischii
- 1: Facies lunata
- 2: Fossa acetabuli
- 3: Inc. acetabuli

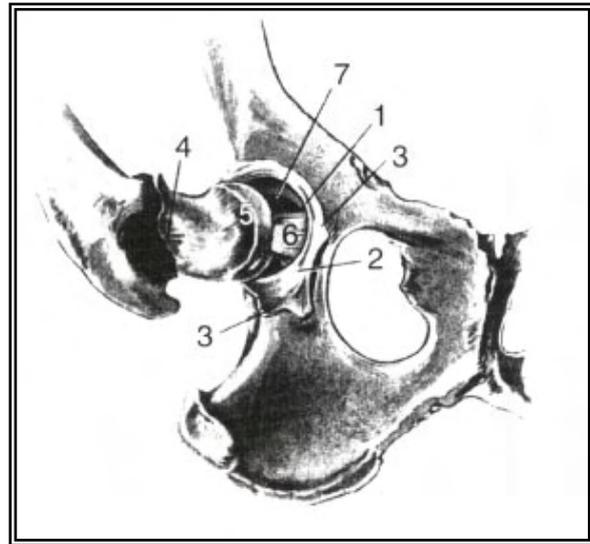


Abbildung 3:
Hüftgelenk eines Schäferhundes; nach Eröffnung
des Oberschenkelbeines, lateral herausgezogen.
Ventrolaterale Ansicht (Baum und Zietschmann,
1936)

- 1: Labrum acetabulare
- 2: Lig. transversum
- 3: Capsula articularis
- 4: Capsula articularis
- 5: Caput femoris
- 6: Lig. teres
- 7: Fossa acetabuli

Hüftgelenkes. Ist die Gliedmaße fixiert, wirkt er als Seitwärtszieher der Rute (NICKEL et al., 1992).

Der M. gluteus medius entspringt zwischen Crista iliaca und der tiefsten Linea glutea und zieht von hier, dem Darmbeinflügel aufliegend, zum Trochanter major. Der M. gluteus medius ist der stärkste Strecker des Hüftgelenkes, außerdem fungiert er als Auswärts- und Rückwärtsführung der Gliedmaße (NICKEL et al., 1992).

Der M. piriformis verbindet den Querfortsatz des letzten Kreuzbeinwirbels und das Lig. sacrotuberale mit dem Trochanter major des Femur. Er unterstützt den M. gluteus medius in seiner Funktion (NICKEL et al., 1992).

Bei dem M. gluteus profundus handelt es sich um eine dreieckige Muskelpyramide, welche von der lateralen Fläche der Darmbeinsäule und der Spina ischiadica laterodistal das Hüftgelenk überzieht und unterhalb des M. gluteus medius cranial am Trochanter major ansetzt. Er wirkt als Abduktor der Gliedmaße und unterstützt so ebenfalls den M. gluteus medius (NICKEL et al., 1992).

Der M. tensor fasciae latae entspringt lateral an der Spina iliaca ventralis cranialis sowie der Aponeurose des M. gluteus medialis und strahlt fächerförmig in die Fascia lata ein, in welche er in der Mitte des Oberschenkels übergeht. Er dient v.a. der Beugung und damit dem Vorführen der Gliedmaße. Er ist aber auch an der Streckung des Kniegelenkes beteiligt (NICKEL et al., 1992).

Der kräftigste zu der *Gruppe der Hinterbackenmuskulatur* gehörende Muskel ist der M. biceps femoris. Er entspringt am distalen Ende des Lig. sacrotuberale und mit einem sehnigen Anteil am lateralen Winkel des Sitzbeinhöckers. Sein tiefer gelegener Nebenkopf entspringt am lateralen Winkel des Tuber ischiadicum. Aus dem Hauptkopf entwickelt sich die craniale Bizepsportion, die lateral nach distal zieht und an der Patella, der Tuberositas tibiae und am Margo cranialis tibiae inseriert. Der Nebenkopf bildet die caudale Bizepsportion und verschmilzt letztlich mit der Fascia lata und der Fascia cruris. Die craniale Portion des M. biceps femoris streckt das Hüftgelenk und das Kniegelenk, die caudale Portion führt zu einer Beugung im Bereich des Kniegelenkes (NICKEL et al., 1992).

Die Gruppe der *medialen Oberschenkelmuskulatur* wird durch den M. sartorius, den M. gracilis, den M. pectineus, sowie die Adduktorenmuskulatur gebildet. Sie ziehen von der Symphysis pelvis bzw. der Crista iliaca und der Spina iliaca ventralis und

verschmelzen z. T. mit der Fascia cruris oder inserieren craniolateral im Bereich der Facies poplitea ossis femoris am Oberschenkel. Sie alle dienen als Adduktoren der Gliedmaße. Der M. sartorius, sowie der M. pectineus sorgen zudem für eine Beugung im Hüftgelenk (NICKEL et al., 1992).

Von der *tiefen Hüftgelenksmuskulatur* hat nur der M. obturatorius externus eine Bedeutung für die Stabilität des Hüftgelenkes. Er entspringt fächerartig ventral neben der Symphysis pelvis sowie ventrolateral am Sitzbein und endet als kräftige Sehne die caudal des Femurkopfes in der Fossa trochanterica ansetzt. Er wirkt als Adduktor der Gliedmaße, als Supinator des Femurs und zieht den Rumpf auf die seitwärtsgestellte Gliedmaße herüber (NICKEL et al., 1992).

Das Acetabulum und das Caput ossis femoris mit seinem Bandapparat sind in ihren Formen aufeinander abgestimmt. Form und Biomechanik des Acetabulum variieren sowohl zwischen den einzelnen Tierarten, als auch innerhalb einer Tierart stark (Abb. 4).

So haben Boxer und Labrador Retriever ein flaches Acetabulum, der Deutsche Schäferhund, sowie der Rottweiler ein mäßig tiefes Acetabulum und Bernhardiner und Berner Sennenhund ein tiefes Acetabulum (SCARTAZZINI, 1970). SCHNELLE (1937, 1954) spricht hingegen von einem sehr flachen Acetabulum beim Bernhardiner.

Allerdings fallen nicht nur in der Tiefe, sondern auch in der Form erhebliche Unterschiede auf. So weist der Basset ein eher elliptisches Acetabulum auf (WHITTINGTON et al., 1961; LINNMANN, 1998), wohingegen das Acetabulum von Boxer, Pudel und Deutschem Schäferhund eine fast kreisrunde äußere Kontur hat (RICHTER und LOEFFLER, 1976; RICHTER, 1977). Der craniale Acetabulumrand ist beim Dackel hoch und stark gewölbt (SCHREINERT, 1962). Zudem wird er beim Dackel laut RICHTER (1977) von der Spina iliaca ventralis caudalis begrenzt, wobei die Spina den cranialen Acetabulumrand lateral überragt. Ähnliche Verhältnisse finden sich beim Boxer; auch hier ist die craniale Begrenzung kantig abgesetzt, ragt allerdings lateral nicht über die Gelenkfläche hinaus. Beim Schäferhund, sowie beim Pudel finden wir hier nur einen flachen Bogen.

Angepasst an die Form der Gelenkpfanne variiert die Form des Femurkopfes gleichermaßen stark (Abb. 5). Beim Dackel hat der Femurkopf, der gegen den Hals

sehr deutlich abgesetzt ist, eine längsovale Form. In diesem Zusammenhang spricht man auch von einem kappenförmigen Femurkopf. Neben dem Dackel lässt sich diese Form teilweise auch bei Cocker Spaniels und Bracken finden (SCHNEIDER-HAISS und LOEFFLER, 1987; LOEFFLER, 1990a). Der Beagle soll nach SCHNEIDER-HAISS und LOEFFLER (1987), sowie LOEFFLER (1990a) ebenfalls zumindest teilweise eine kappenförmige Femurkopfform aufweisen; NOLL (1998) konnte dies jedoch in eigenen Studien nicht bestätigen.

Schäferhund und Pudel besitzen einen nahezu halbkugelförmigen Femurkopf, welcher durch einen deutlich ausgebildeten Hals vom Femurschaft abgesetzt ist (RICHTER, 1977; LINNMANN, 1998; NOLL, 1998).

Auch die Form des Femurhalses unterliegt starken Schwankungen (KÜRSTEINER, 1990). Kleine und leichte Rassen weisen einen ausgeprägt taillierten Hals auf. Große und schwere Rassen hingegen zeigen keine oder nur eine geringe Einziehung im Bereich des Femurhalses. Diese knöcherne Verdickung verleiht dem Femurhals ein walzenförmiges Aussehen (KÜRSTEINER, 1990).

Bereits 1990 beschreibt LOEFFLER eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form beim Deutschen Schäferhund, bei der der Femurkopf ohne erkennbaren Übergang aus dem Femurhals hervorgeht.

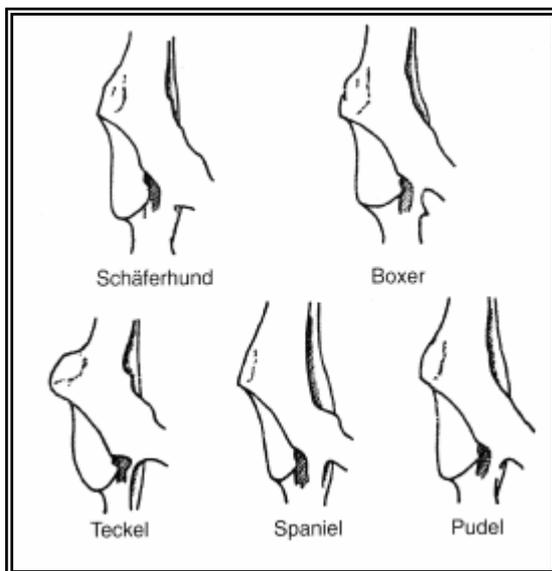


Abbildung 4:
Craniale Begrenzung des rechten
Acetabulums.
Ventrolaterale Ansicht
(Richter und Loeffler, 1976)

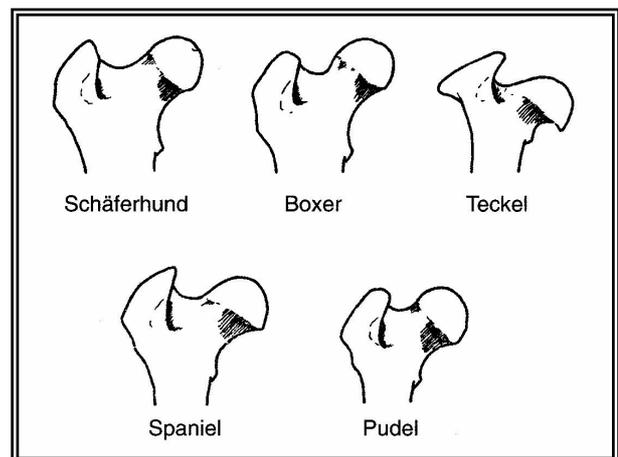


Abbildung 5:
Proximale Abschnitte des
Oberschenkelknochens.
Caudalansicht
(Richter und Loeffler, 1976)

2.2 Definition, Ätiologie und Pathogenese der Hüftgelenkdysplasie

2.2.1 Definition

Der Begriff der Hüftgelenkdysplasie leitet sich aus dem Griechischen *dys* = schlecht, übel und *plasis* = Form, Bildung ab.

Erstmals beschrieben wurde sie 1935 von SCHNELLE, der über Fälle von Hüftgelenkdysplasie beim Deutschen Schäferhund in den USA berichtete.

LOEFFLER (1990) definierte sie als eine erblich bedingte Fehlbildung des Hüftgelenkes, bei welcher das Acetabulum und der Femurkopf in ihrer Form nicht aufeinander abgestimmt sind. BRASS (1989) zufolge ist eine lose, schlecht passende Artikulation Ausgangspunkt für die Entwicklung einer Hüftgelenkdysplasie. FLÜCKIGER (1996) definiert die Hüftgelenkdysplasie als eine Fehlbildung des Hüftgelenkes, bei welcher sowohl genetische, als auch umweltbedingte Faktoren eine Rolle spielen. Diese Fehlbildung führt zu einer abnormen Gelenklockerheit, aber auch zu Formveränderungen von Acetabulum und Femurkopf.

2.2.2 Ätiologie

Weitgehend anerkannt ist heutzutage die Theorie, dass es sich bei der HD um eine genetisch bedingte Erkrankung handelt, d.h. die Veranlagung zu Ihrer Entstehung ist bereits bei der Geburt vorhanden (LOEFFLER, 1990; FLÜCKIGER, 1996).

Bereits sehr früh konnte nachgewiesen werden, dass ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von dysplastischen Hüftgelenken bei Eltern und Nachkommen besteht (RISER, 1964; HENRICSON et al., 1966; KAMAN und GOSSLING, 1967; MARX, 1975; BÖHME, 1976)

Offensichtlich sind mehrere Gene an der Ausbildung der Hüftgelenkdysplasie beteiligt; man spricht von einem polygenen oder auch multifaktoriellen Merkmal. Die Wirkung der einzelnen Gene ist dabei allerdings zu gering, um sie phänotypisch klar erfassen zu können (WILLIS, 1977; MORGAN und STEPHENS, 1985; RISER et al.,

1985; LOEFFLER, 1990; DÄMMRICH und BRASS, 1993; FLÜCKIGER et al., 1995). STUR (1990) geht davon aus, dass mehrere sog. Defektgene vorliegen. Erst die Summation der Wirkung mehrerer dieser Defektgene führen zur Entstehung der HD. Die Autorin spricht von einem sog. „Schwellenwert an Schadwirkung“, der überschritten werden muss, um klinisch zu dem Bild der Hüftgelenksdysplasie zu führen. LEIGHTON (1997) hingegen geht davon aus, dass ein sog. „major gen“ existiert, das zu ca. 1/3 für die Entwicklung einer Hüftgelenksdysplasie verantwortlich ist. Neuere Untersuchungen von JANUTTA (2005) an knapp 9000 Schäferhunden belegen die Existenz eines solchen Hauptgens.

2.2.2.1 Heritabilität

Die Heritabilität (h^2) gibt das Verhältnis zwischen der genetischen und der phänotypischen Streuung an (JANUTTA, 2005). Die Angaben über die Heritabilität (h^2), d.h. den Erblichkeitsgrad, schwanken sehr stark, sie liegen in der Literatur zwischen 0 und 0,7 (HENRICSON et al., 1966; LEIGHTON et al., 1977; WILLIS, 1991). Dies liegt daran, dass die errechneten Heritabilitäten von der Population, in der sie untersucht wurden, sowie von der Untersuchungsmethode abhängen (BRASS, 1989; STUR, 1990; JANUTTA, 2005).

Dabei darf nicht vergessen werden, dass die errechnete Heritabilität nur für die Population, in der sie berechnet wurde, zutrifft und sie auch zeitlich nur eine Momentaufnahme darstellt (STUR, 1990). Wie groß beim Einzeltier der genetische Einfluss an der Hüftgelenksausbildung ist und in wieweit Umweltfaktoren eine Rolle an der Ausbildung gespielt haben, lässt sich anhand der Heritabilität nicht sagen. Bei der Heritabilität handelt es sich um einen rein statistischen Wert, der die Verhältnisse in der gesamten untersuchten Population widerspiegelt. Dies bedeutet, dass bei einer Heritabilität von 0,5 die radiologisch sichtbaren Symptome der Hüftgelenksdysplasie zu 50% genetisch bedingt sind, betrachtet man alle Tiere der untersuchten Population; dies kann bei einem Einzeltier bedeuten, dass der genetische Einfluss bei 70% lag und bei einem Anderen bei 30%. LANTING (1981) gibt für den Deutschen Schäferhund eine Heritabilität von 0,2 – 0,3 an. Neuere

Studien berechneten eine Heritabilität für die HD beim DSH von 0,31 bis 0,35 (LEPPÄNEN et al., 2000) bzw. $h^2 = 0,24$ und $h^2 = 0,26$ (HAMANN et al., 2003)

2.2.2.2 Umwelteinflüsse

Neben den genetischen Faktoren beeinflussen während der Wachstumsphase des Skeletts Umwelteinflüsse den Grad der Ausprägung der erblichen Veranlagung (LOEFFLER, 1990).

Einen nachweislich negativen Effekt hat eine zu energie- und eiweißreiche Fütterung (HEDHAMMAR et al., 1974; KASSTRÖM, 1975; LOEFFLER, 1990).

Auch ein falsches Verhältnis von Kalzium und Phosphor, sowie anderen Mineralstoffen in der Nahrung, soll dysplasiefördernd wirken (RISER et al., 1964; KEALY et al., 1992). Ebenso kann übermäßige Belastung zur Verstärkung der dysplastischen, respektive degenerativen, Veränderungen führen (RISER, 1975).

Demgegenüber steht die Tatsache, dass durch gleichmäßige Bewegung eine kräftige Kruppen- und Oberschenkelmuskulatur gebildet wird, welche sich günstig auf den Gelenkschluss auswirkt. Eine schlaffe, atrophische Bemuskulung hingegen macht sich ungünstig bemerkbar (LOEFFLER, 1990).

2.2.3 Pathogenese

Um die Entwicklung der Hüftgelenkdysplasie zu verstehen ist es wichtig, dass man sich vor Augen führt, dass das Skelett des neugeborenen Welpen noch nicht in allen Teilen knöchern ausgebildet ist. Es besteht in wichtigen Bereichen noch aus Knorpel, der erst bis zum Abschluss des Wachstums abgebaut und durch Knochen ersetzt wird (LOEFFLER, 1990). Das knorpelige Skelett unterliegt noch starken formativen Reizen, die, wenn sie falsch erfolgen, zu einer Fehlentwicklung führen können.

Dies erklärt auch, warum Hunde mit der genetischen Veranlagung zur Hüftgelenkdysplasie in der Regel im Welpenalter keine sichtbaren Anzeichen zeigen. Nur bei sehr starker Veranlagung können klinische Anzeichen, wie z.B. Nachhandschwächen, bereits mit weniger als 6 Monaten auftreten (LOEFFLER, 1990).

Ausgangspunkt für die Entwicklung eines dysplastischen Hüftgelenkes ist meist eine Instabilität oder Lockerheit der Gelenkanteile. Dabei sind sich die Experten nicht einig, ob es sich um eine primäre Instabilität handelt (RISER et al., 1985; BRASS, 1989; BLOOMBERG, 1990), oder ob es zu einer sekundären Instabilität als Folge eines zu flachen Acetabulums (HARTUNG, 1966) bzw. eines zu kleinen Femurkopfes kommt (SPRINKLE und KROKK, 1969).

PAATSAMA et al. (1966), GUSTAFSSON et al. (1972) und SCHIMKE und PAATSAMA (1993) gehen davon aus, dass eine mangelhafte Entwicklung von Acetabulum und Femurkopf sekundär zu einer Gelenkinstabilität führen.

KÖPPEL (1991) unterscheidet sogar zwischen zwei Dysplasieformen, der „Defektform“ und der „Subluxationsform“. Bei der Defektform des Hüftgelenkes führe seiner Meinung nach das Fehlen oder die unvollständige Verknöcherung des Os coxae quartum zur unvollständigen Ausbildung des Acetabulums. Es kommt zur Hüftgelenksdysplasie, die v.a. durch ein flaches Acetabulum gekennzeichnet ist. In der zu flachen Gelenkpfanne findet der Femurkopf nur ungenügend Halt.

Die Subluxationsform entstehe durch Fehler in der Anlage, der Ausbildung oder der Qualität des Lig. capitis ossis femoris, welches einen Stabilitätsverlust im Bereich des Hüftgelenks nach sich zieht. Die dadurch bedingte Instabilität könne sekundär zu Störungen der Verknöcherung des Pfannendaches und somit zur Entstehung einer flachen Gelenkpfanne führen (KÖPPEL, 1991).

Bei einem gesunden Hüftgelenk übt der Femurkopf einen plastischen Reiz auf das Acetabulum aus, so dass sich die Gelenkpfanne korrekt ausbildet. Dieser plastische Reiz fehlt in einem dysplastischen Gelenk, unabhängig davon ob eine primäre oder sekundäre Instabilität vorliegt (LOEFFLER, 1979). Die Hüftgelenkspfanne von Hunden mit HD ist bei deutlicher Ausprägung des Merkmals häufig auffallend flach (LOEFFLER, 1990).

Eine dysplastische, flache Pfanne bietet dem Oberschenkelkopf nur ungenügenden Halt (LOEFFLER, 1990). Der Oberschenkelkopf kann deshalb seine Lage im Acetabulum verändern. Durch das Gewicht des Tieres und die Muskelkräfte wird er vermehrt gegen den craniolateralen Pfannenrand gedrückt. Die Pfanne bleibt an

dieser Stelle im Wachstum zurück und flacht weiter ab (LOEFFLER, 1979; OLSSON, 1980).

Zu einer vergleichbaren Wirkung kommt es, wenn die Gelenkpfanne zwar korrekt ausgebildet ist, der Oberschenkelkopf aber entweder zu klein oder nicht rund ist (LOEFFLER, 1990).

Aufgrund der geschilderten Missverhältnisse kommt es zu einer veränderten Belastung aller beteiligten Strukturen; der Gelenkknorpel der Pfanne und des Kopfes wird nicht gleichmäßig belastet, wodurch es zu einer lokalen Überbelastung mit Druckspitzen kommt (Abb. 6) (PRIEUR, 1980; LOEFFLER, 1990).

Im Bereich der Druckspitzen kommt es zur Überbeanspruchung und damit zur Zerstörung des Knorpels. Die Oberfläche wird aufgeraut und beginnt aufzufasern, bis der Knorpel bis auf den subchondralen Knochen hinunter abgerieben ist (DEBRUNNER, 1985).

Die Degeneration des Gelenkknorpels ist mit Umbauvorgängen im Bereich des Knochens verbunden. Im Bereich der Druckspitzen wird verdichteter und härterer Knochen gebildet, röntgenologisch sichtbar als verbreiterte subchondrale Pfannensklerose (Abb. 7) (Zilch (1989) zitiert nach LINNMANN, 1998).

An den nicht oder nur wenig belasteten Randzonen versucht der Körper durch Bildung von knöchernen Auflagerungen, sog. Osteophyten oder Exostosen, die Kontaktfläche mit dem Femurkopf zu vergrößern und damit die Belastung besser zu verteilen (Abb. 7) (MORGAN und STEPHENS, 1985; ZILCH (1989) zitiert nach LINNMANN, 1998). Dort, wo das Periost in die Fibrosa der Gelenkkapsel übergeht, reagiert es mit Knochenwucherungen, die als Exostosen oder Osteophyten bzw. Randwülste bezeichnet werden (Morganlinie) (LOEFFLER, 1990). Gleichfalls bilden sich knöcherne Auflagerungen am Übergang von Femurkopf zu Femurhals, an der Stelle, an der der Knorpel in das Periost übergeht (Kragenlinie) (Abb. 7) (LOEFFLER, 1980).

Dabei stellen diese arthrotischen Veränderungen immer eine sekundäre Folge der Dysplasie dar.

Die Degeneration des Gelenkknorpels geht aber nicht nur mit Veränderungen im Bereich des Knochens einher; durch die bei der Knorpelzerstörung freiwerdenden Abbauprodukte treten reaktive Veränderungen an der Gelenkkapsel wie

Kapselentzündung und -verdickung auf. Diese werden durch den vermehrten Zug an der Gelenkkapsel verstärkt (LOEFFLER, 1990; DÄMMRICH und BRASS, 1993).

Damit wird deutlich, dass sich die Hüftgelenksdysplasie auf unterschiedliche Arten entwickeln kann, wobei die einzelnen Faktoren untereinander verstärkend aufeinander einwirken.

Letztendlich kommt es zu Schmerzen bei Bewegungen des Hüftgelenkes und somit zu Lahmheiten. Die ersten Knorpelveränderungen werden zunächst nicht als schmerzhaft empfunden, da der Gelenkknorpel keine Schmerzrezeptoren enthält. Erst bei starkem Zug an der Gelenkkapsel oder bei Veränderungen am Periost werden die Veränderungen als schmerzhaft wahrgenommen (LOEFFLER, 1990).

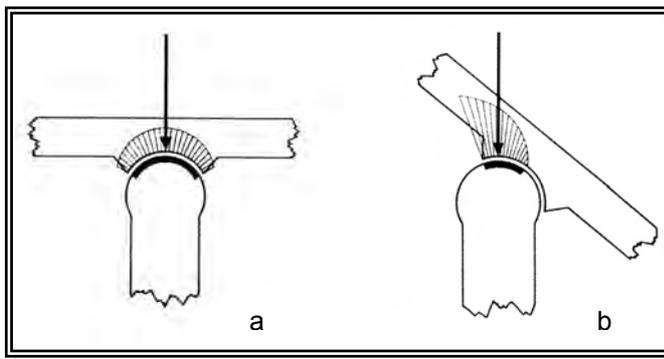


Abbildung 6:
Druckverteilung im normalen (a) und subluxierten (b) Gelenk.
(nach Prieur, 1980)

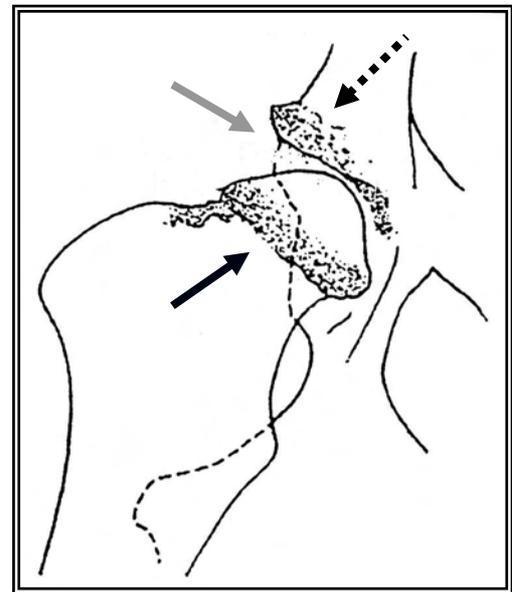


Abbildung 7:
Zeichnung nach einer ventrodorsalen Röntgenaufnahme des Hüftgelenks eines Hundes mit schwerer Coxarthrose infolge HD (modifiziert nach Quinlan, 1975).
Schwarzer Pfeil: osteophytäre Zubildungen am Kopf-Hals-Übergang (Kragenlinie)
Grauer Pfeil: facettenartiger Abschleiß des craniolateralen Pfannenrandes
Gestrichelter Pfeil: vermehrte Sklerosierung des subchondralen Knochens

2.3 Diagnostik der Hüftgelenksdysplasie

2.3.1 Klinische Diagnostik

Eine sichere Diagnose der HD lässt sich anhand der klinisch-orthopädischen Untersuchung des Hüftgelenkes nicht stellen. Tiere, die eine Lahmheit oder Schwäche in der Nachhand zeigen, müssen nicht zwangsweise an einer HD leiden und Hunde mit deutlichen dysplastischen Veränderungen am Hüftgelenk können durchaus einen vollkommen normalen Bewegungsablauf zeigen (FICUS, 1990).

Die Bandbreite der möglichen klinischen Symptome der HD ist groß, wobei die Beschwerden ein- oder beiderseitig sein können. Bereits bei der Adspektion des Hundes im Stand und in der Bewegung können Veränderungen auffallen. Am häufigsten zu beobachten sind dabei eine allgemeine Bewegungsunlust, Schwierigkeiten beim Aufstehen, ein steifer Gang in der Hinterhand, Lahmheiten in der Hinterhand, v. a. nach Belastung, erschwertes Springen, Unterstellen der Hinterhand unter den Körper und eine gering- bis hochgradige Atrophie von Becken- und Oberschenkelmuskulatur (BERGE, 1957; HENRICSON und OLSSON, 1959; WAMBERG, 1961; LOEFFLER, 1964; HENRICSON et al., 1965; SCHLAAF, 1968; SCHIMKE und PAATSAMA, 1993).

Bei der klinisch-orthopädischen Untersuchung fällt v. a. eine Einschränkung der Beweglichkeit des Hüftgelenkes bei Rotation, Extension, Abduktion und Adduktion auf; diese ist meist mit Schmerzen verbunden, auch eine Pseudokrepitation kann spürbar sein. Die Probleme resultieren hauptsächlich aus schmerzhaften und fortschreitenden Sekundärarthrosen (Coxarthrose).

Die Laxizität des Hüftgelenkes wird mit dem Ortolani-Test überprüft (ORTOLONI, 1976), aus Gründen der Entspannung der Muskulatur sollte die Untersuchung in Narkose erfolgen, zumal sie sehr schmerzhaft sein kann (CHALMAN und BUTLER, 1985). Die Untersuchung ist sowohl in Seitenlage, als auch in Rückenlage des Tieres möglich. Bei dem in Seitenlage befindlichen Tier fixiert die eine Hand des Untersuchers das Becken, während die andere Hand das Kniegelenk umfasst. Das oberliegende Femur wird soweit angehoben, dass es parallel zum Tisch liegt und senkrecht zum Becken steht. Das Femur wird nun gegen das Acetabulum gedrückt, dabei subluxiert/luxiert bei einem instabilen Hüftgelenk der Femurkopf über den Rand des Acetabulums. Abduziert man nun die Gliedmaße, gleitet der Femurkopf wieder in

die Pfanne zurück und ein Schnappen wird fühlbar (Abb. 8).

Bei einer Untersuchung in Rückenlage erfasst man beide nahe zueinander gebrachten Kniegelenke und drückt die Oberschenkel gegen das Becken. Bei vorhandener Lockerung gleitet der Femurkopf auf oder über den Acetabulumrand. Beim Nachlassen des Druckes gleitet der Femurkopf wieder in das Acetabulum zurück. Beim Zurückgleiten des Femurkopfes in das Acetabulum hört und/oder fühlt man ein „Klicken“, den sogenannten Ortolani-Klick oder das Ortolani-Zeichen (ORTOLONI, 1976; CHALMAN und BUTLER, 1985; SCHIMKE und PAATSAMA, 1993).

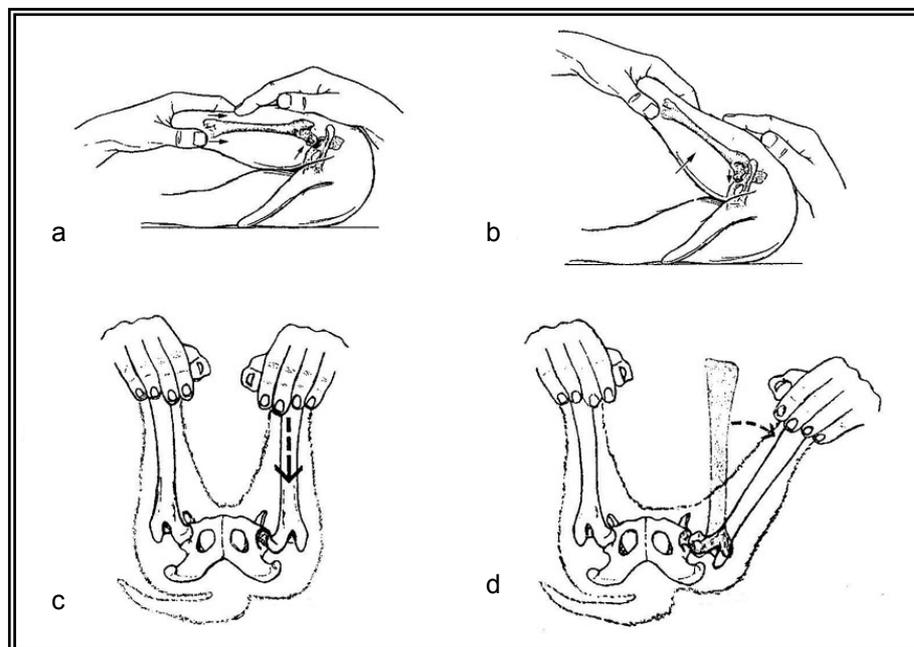


Abbildung 8:

Ortolani Test:

a, b in Seitenlage
(nach Fox et al., 1987)

c, d in Rückenlage
(nach Chalman und Butler, 1985)

Abbildungen entnommen aus Linmann, 1998

2.3.2. Röntgen

Die endgültige Diagnose der HD beim Hund erfolgt röntgenologisch, da eine Vielzahl anderer Erkrankungen zu vergleichbaren klinischen Symptomen führen (SCHIMKE und PAATSAMA, 1993).

Standardisierte Aufnahmen werden in Deutschland für Reihenuntersuchungen im Rahmen der Zuchtselektion gegen HD seit 1965 nach einheitlichen (modifizierten) Richtlinien ausgewertet, die von der wissenschaftlichen Kommission der Fédération Cynologique Internationale (FCI) aufgestellt wurden.

Da eine korrekte Beurteilung erst nach Abschluss des Wachstums möglich ist, (MÜLLER und SAAR, 1966) gibt die FCI für nahezu alle Rassen ein Mindestalter vor, ab dem eine röntgenologische Untersuchung für die offizielle HD-Beurteilung erlaubt ist. Das Mindestalter für den Deutschen Schäferhund, wie für die meisten anderen Rassen auch, liegt bei 12 Monaten (BURK und ACKERMANN, 1991; KEALY, 1991). Um eine ausreichende Muskelrelaxation zu erreichen müssen alle Hunde nach den Richtlinien der FCI für die Röntgenuntersuchung sediert oder narkotisiert sein (BURK und ACKERMANN, 1991; KEALY, 1991; FLÜCKIGER, 1993).

2.3.2.1 Lagerung des Hundes

Zwei Lagerungen sind bei der Röntgenuntersuchung für die HD-Beurteilung von Bedeutung. Zum einen die Lagerung in gestreckter Haltung, sog. Position I und zum anderen die mit gebeugten Hintergliedmaßen, sog. Position II (MÜLLER und SAAR, 1966). Für beide Positionen wird der Hund in Rückenlage gebracht, so dass die Aufnahmen in ventrodorsalem Strahlengang erstellt werden.

In **Position I** sollten die Hinterextremitäten parallel zueinander, sowie parallel zur Röntgentischebene gehalten werden (Abb. 9). Die Hintergliedmaßen sollten dabei nach innen gedreht und maximal nach caudal gestreckt werden, so dass die Kniescheiben mittig in der Trochlea ossis femoris liegen. Da Abweichungen von der optimalen Lagerung zu einer veränderten Darstellung der Hüftgelenk führen, sollten Darmbeinflügel als auch Kniegelenke bei dieser Aufnahme mit abgebildet werden, um Lagerungsabweichungen bei der Beurteilung berücksichtigen zu können (LOEFFLER, 1980; MORGAN und STEPHENS, 1985; KÖPPEL, 1990).

Das Becken des Hundes sollte nach Möglichkeit symmetrisch dargestellt sein, die beiden Darmbeinflügel stellen sich dann von gleicher Breite und die beiden Foramina

obturatoria von gleicher Größe dar. Eine asymmetrische Lagerung des Beckens (**Verkantung** = Rotationsbewegung um die Längsachse) führt dazu, dass das Hüftgelenk auf der Seite mit dem größeren Foramen obturatum und dem schmaleren Darmbeinflügel sich insgesamt besser darstellt, als dies in Wirklichkeit der Fall ist. Das Acetabulum erscheint tiefer und der Femurkopf scheint weiter überdacht zu sein. Im Gegensatz dazu kommt das Hüftgelenk auf der Seite mit dem kleineren Foramen obturatum und dem breiteren Darmbeinflügel meist schlechter bei der Beurteilung davon. Das Acetabulum wirkt flacher und die Überdachung des Kopfes geringer (RHODES, 1961; HENRY, 1992). Auch wirkt auf der projektionsbedingt benachteiligten Seite der craniolaterale Pfannenrand abgeflacht (KÜRSTEINER, 1990). Des Weiteren kann eine Divergenz des Gelenkspaltes vorgetäuscht oder vergrößert wiedergegeben werden und der Norberg-Winkel kann kleiner als tatsächlich sein (TELLHELM und BRASS, 1989).

Neben einer Rotation des Beckens um die Längsachse kann eine fehlerhafte Lagerung auch durch Rotationsbewegung um die Querachse (**Verkipfung**) entstehen. Im Hinblick auf die HD-Diagnose kann dies ebenfalls zu Fehlbeurteilungen der Hüftgelenke führen, da z.B. bei einer Verkipfung nach dorsal der craniolaterale Pfannenrand abgeflacht erscheint, dabei sind in diesem Fall beide Hüftgelenke betroffen (HENNINGER und KÖPPEL, 1994).

Erschwert bis zuweilen unmöglich wird eine symmetrische Lagerung durch Missbildungen der Wirbel im Lendenwirbelsäulen-Kreuzbeinbereich (sog. lumbosakraler Übergangswirbel) (WINKLER und LOEFFLER, 1986). Durch eine kompensatorische Schräghaltung kann allerdings bei bekannter Fehlbildung die geforderte symmetrische Abbildung des Beckens erreicht werden (TELLHELM und BRASS, 1994). Neben einer symmetrischen Lagerung des Beckens ist auch eine korrekte Lagerung der Femora wichtig. Die Hintergliedmaßen sollen parallel zueinander gelagert und maximal nach caudal gestreckt werden. Bei einer korrekten Lagerung der Femura projizieren sich die Sitzbeinhöcker auf beiden Seiten gleichweit in die mediale Femurkontur und die Kniescheiben liegen auf Höhe der vesalischen Sesambeine (TELLHELM und BRASS, 1989).



Abbildung 9:
Korrekt gelagerte HD Röntgenaufnahme eines DSH in gestreckter Position (Position I).

Eine unzureichende Streckung hat eine veränderte Projektion des Femurhalses mit einem scheinbar verkleinerten Schenkelhals-Schaft-Winkel (*Coxa vara*) zur Folge (MORGAN und STEPHENS, 1985). Zudem lässt sich bei einer solch fehlerhaften Positionierung eine vorhandene Lockerheit des Hüftgelenks aufgrund eines vermeintlich besseren Gelenkschlusses häufig nicht feststellen (TOLHUYSEN, 1997). Des Weiteren sollen die Hintergliedmaßen soweit nach innen gedreht werden, dass sich die Kniescheiben auf dem Röntgenbild mittig zwischen die beiden vesalischen Sesambeine projizieren. Anderenfalls lässt sich der Femurhals nur unzulänglich darstellen (LOEFFLER, 1980; MORGAN und STEPHENS, 1985; KEALY, 1991). Bei einer Außenrotation projizieren sich die Kniescheiben über den lateralen Condylus nach außen, was dazu führt, dass der Femurhals auf der Röntgenaufnahme verkürzt aussieht. Dies kann als Verdickung des Femurhalses fehlgedeutet werden. Andererseits können geringgradige arthrotische Veränderungen am Femurhals übersehen werden, da sich diese nicht frei von anderen Knochenschatten projizieren. Zudem führt auch die Außenrotation — wie es auch bei der Abduktion der Fall ist — zu einem vermeintlich besseren Gelenkschluss, da ein lose sitzender Femurkopf tiefer in das Acetabulum gedrückt wird (MORGAN und STEPHENS, 1985). Auch vergrößert sich bei der Außenrotation scheinbar der Schenkelhals-Schaft-Winkel. Bei zu starker Eindrehung der Hinterextremität nach innen ist die Kniescheibe über dem medialen Condylus abgebildet. Dies kann zu einem scheinbar geringfügig verringerten Schenkelhals-Schaft-Winkel führen, soll aber nach MORGAN und STEPHENS (1985) die röntgenologische Bewertung des Hüftgelenks ansonsten nicht beeinflussen. SMITH et al. (1990) beobachteten hingegen bereits im Rahmen der normalen Eindrehung der Hinterextremität an freipräparierten Hüftgelenken toter Hunde eine spiralförmige Aufdrehung der Gelenkkapsel die zu einer Verminderung der Gelenklockerheit und damit einer Verbesserung des Norberg-Winkels führte, im Vergleich zur ermittelten Gelenklockerheit in neutraler Position, die der Situation beim stehenden Hund entspricht.

In **Position II** (bekannt als „frog-leg Position“ oder Froschstellung) werden im Gegensatz zur Aufnahme in Position I die Hinterextremitäten gebeugt. Auch hier ist auf eine symmetrische Lagerung des Beckens zu achten.

Früher wurden die Hintergliedmaßen soweit gebeugt, dass die Oberschenkelknochen in einem Winkel von etwa 45° nach cranial wiesen (MORGAN und STEPHENS,

1985; SCHNEIDER-HAIS und LOEFFLER, 1987; TELLHELM und BRASS, 1989; FICUS, 1990; LOEFFLER, 1990a und 1996). Ziel war es etwaige Osteophyten in der Fossa trochanterica, an dem Trochanter major, sowie eine Lippenbildung am Femurkopf gut sichtbar darzustellen (LOEFFLER, 1990a und 1996).

Bei der gebräuchlichen Lagerung modifiziert nach FLÜCKIGER (1993) werden die Hintergliedmaßen soweit gebeugt, dass der craniomediale Rand des Femurkopfes außerhalb des Acetabulums liegt, dazu müssen die Oberschenkel in einem Winkel von etwa 90° zum Becken stehen (FLÜCKIGER, 1993). Die Sprunggelenke sollten bei der Aufnahme nicht dem Röntgentisch aufliegen, sondern deutlich davon abgehoben sein (FLÜCKIGER, 1993). Dies soll den Vorteil haben, dass sich erste Randwülste am Übergang vom Femurkopf zum -hals deutlich erkennen lassen, da der Trochanter major nach caudal projiziert wird und es somit nur zu ggr. Überlagerung mit dem Femurhals kommt (FLÜCKIGER, 1993).



Abbildung 10:
Korrekt gelagerte HD Röntgenaufnahme eines DSH in gebeugter Position (Position II).

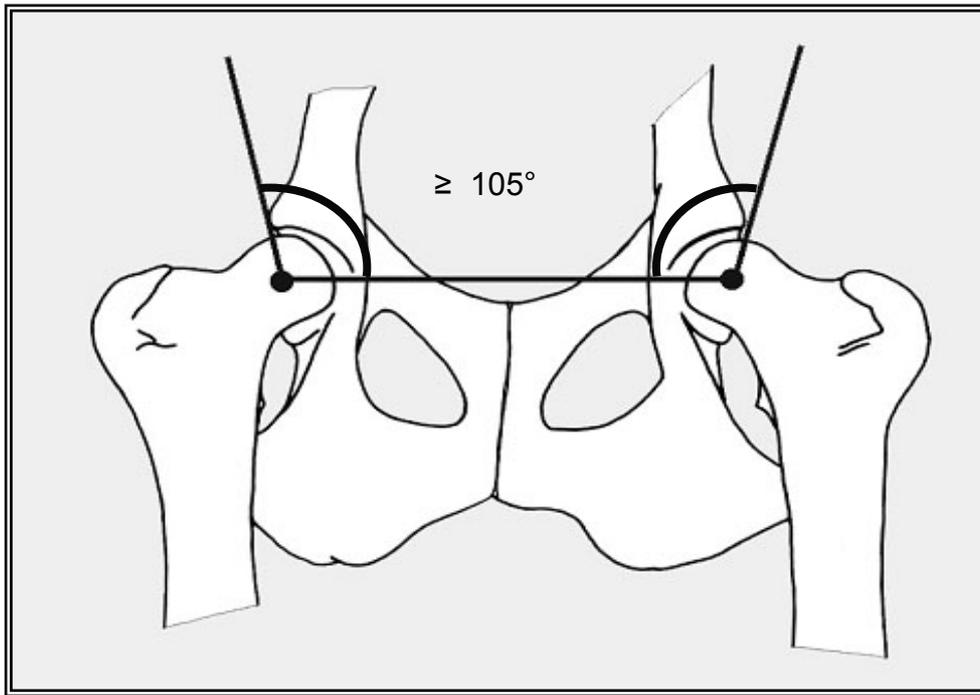
Die meisten deutschen HD-Auswertungszentralen fordern lediglich die Röntgenaufnahme in Position I. Von der Hohenheimer Auswertungszentrale und für Obergutachten wird zusätzlich die Aufnahme in Position II verlangt, ebenso von den schweizerischen und niederländischen HD-Zentralen.

2.3.2.2 Beurteilung der Röntgenaufnahmen

Zahlreiche Methoden wurden in den letzten Jahren entwickelt um HD-Röntgenaufnahmen zu beurteilen. Die Beurteilung erfolgt in Deutschland nach den Richtlinien der FCI, sie schließt die Messung des Norbergwinkels ein.

2.3.2.2.1 Winkelmessung nach NORBERG

Bei der Winkelmessung nach NORBERG (1964) wird der Sitz des Femurkopfes in Relation zum Acetabulum bestimmt. Hierzu werden mit einer speziellen Schablone die Mittelpunkte beider Femurköpfe bestimmt und mit einer Linie verbunden. Eine weitere Linie geht vom Mittelpunkt eines Femurkopfes aus und tangiert den craniolateralen Acetabulumrand. Der Winkel zwischen diesen beiden Geraden stellt den Norbergwinkel dar (Abb. 11). Standard ist ein Winkel von mindestens 105° . Für die Gesamtbeurteilung wird immer das schlechtere Gelenk zur Festlegung des HD-Grades herangezogen. Bei Vorliegen einer HD ist das Acetabulum meist flach, oder der Gelenkschluss ist lockerer und der Femurkopf bewegt sich nach lateral. Zudem kann eine Abflachung des craniolateralen Pfannenrandes auftreten. Dies führt dazu, dass der Norbergwinkel kleiner wird. NORBERG unterscheidet nur zwischen HD-frei und HD-Befall und führte die Messungen nur bei den Aufnahmen in Position II durch. Heute werden bei der FCI-Einteilung den verschiedenen HD-Graden Norbergwinkel zugeordnet, auch findet heute in erster Linie die Aufnahme in Position I Verwendung, da bei den Aufnahmen mit gebeugten Gliedmaßen eine Gelenklockerheit maskiert wird. Voraussetzung für die Anwendung dieser Methode sind runde, nicht zu stark veränderte Femurköpfe (MÜLLER und SAAR, 1966; LOEFFLER und VOLCKART, 1969), da sonst der Mittelpunkt nicht exakt bestimmt werden kann. Bei einem abgeflachten craniolateralen Pfannenrand ist darauf zu achten, dass dieser keinen Anteil an der physiologischen Pfannenbildung hat und nicht mit in die Messung einbezogen

**Abbildung 11:**

Schematische Darstellung der Winkelmessung nach Norberg.

Die Zentren beider Femurköpfe werden mit einer Linie verbunden, je eine weitere Linie tangiert den craniolateralen Pfannenrand des rechten und linken Hüftgelenkes, der Winkel zwischen den Tangenten und der Verbindungslinie sollte 105° oder mehr betragen.

werden darf, da der sonst gemessene Winkel wesentlich größer ist (TELLHELM und BRASS, 1991).

2.3.2.2.2 Auswertung nach den Richtlinien der FCI

In Deutschland und den meisten europäischen Ländern werden die HD-Röntgenbilder nach den Richtlinien der FCI beurteilt (BRASS et al., 1978). Diese Beschreibung gilt für Hunde im Alter zwischen ein und zwei Jahren, es können aber auch ältere Tiere beurteilt werden, allerdings sind dann arthrotische Veränderungen dem Alter des Hundes entsprechend nicht überzubewerten. Die Röntgenaufnahmen werden in fünf verschiedene Grade nach folgenden Beschreibungen eingeteilt:

Kein Hinweis für HD (A)

Der Femurkopf und das Acetabulum sind kongruent und der Winkel nach Norberg (in Position I) ist 105° oder größer. Der craniolaterale Rand des Acetabulums zeigt sich scharf oder in geringem Maß abgerundet. Der Gelenkspalt ist eng und gleichmäßig. Bei hervorragenden Hüftgelenken umgreift der craniolaterale Acetabulumrand den Femurkopf etwas weiter nach laterocaudal (Abb. 12).



Abbildung 12:
Kein Hinweis auf HD (A)
Röntgenbild eines HD-freien deutschen Schäferhundes.

Übergangsform (verdächtig für HD, B)

Entweder sind Femurkopf und Acetabulum in geringem Maße inkongruent mit einem Norbergwinkel (in Position I) von 105° oder größer, oder der Norbergwinkel ist kleiner als 105° , wobei der Femurkopf und das Acetabulum kongruent sind. Geringe Unschärfen am cranialen, caudalen oder dorsalen Acetabulumrand können vorhanden sein.

Leichte HD (C)

Femurkopf und Acetabulum sind inkongruent, der Norbergwinkel ist größer als 100° und/oder der craniolaterale Acetabulumrand ist in geringem Maße abgeflacht. Unschärfen oder höchstens geringe Anzeichen osteoarthrotischer Veränderungen des cranialen, caudalen oder dorsalen Acetabulumrandes können vorhanden sein (Abb. 13).

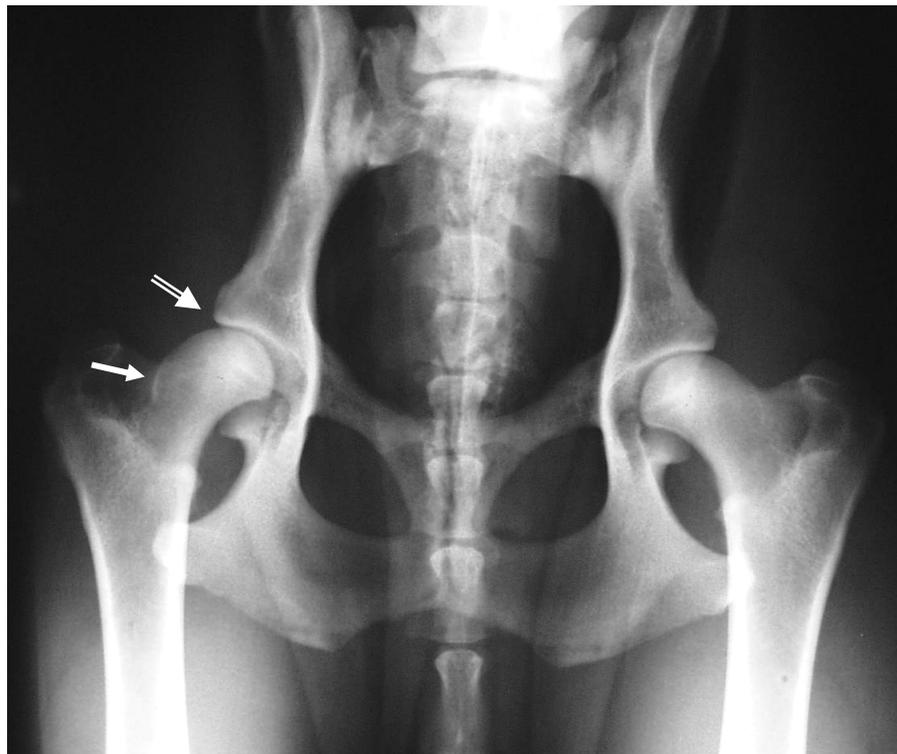


Abbildung 13:

Röntgenbild eines Hundes mit leichter HD (C) rechts.

Der Norbergwinkel liegt zwischen 100° und 105° , es finden sich ggr. osteoarthrotische Veränderungen im Bereich des Überganges vom Periost in die Gelenkkapsel (Morganlinie) am rechten Femurhals (weißer Pfeil), der craniolaterale Rand des rechten Acetabulums ist ggr. abgeflacht (Blockpfeil).

Mittlere HD (D)

Es ist eine deutliche Inkongruenz zwischen Femurkopf und Acetabulum sichtbar. Der Norbergwinkel ist größer als 90° (nur als Referenz). Der craniolaterale Acetabulumrand ist abgeflacht und/oder osteoarthrotische Merkmale sind vorhanden (Abb. 14)



Abbildung 14:

Röntgenbild eines Hundes mit mittlerer HD (D).

Der Norbergwinkel liegt bei beiden Hüftgelenken zwischen 90° und 100° . Beide Hüftgelenke weisen eine unscharfe Kragenlinie (weißer Pfeil), sowie eine unscharfe Morganlinie (gestrichelter Pfeil) auf. Die Gelenkspalten zwischen Femurkopf Acetabulum divergieren beiderseits ggr., die subchondrale Pfannensklerose stellt sich rechts wie auch links ggr. nach lateral verbreitert dar. Es finden sich kleine Osteophyten im Bereich des craniolateralen Pfannenrandes (Blockpfeile).

Schwere HD (E)

Auffällige dysplastische Veränderungen an den Hüftgelenken, wie z.B. Luxation oder deutliche Subluxation, Norbergwinkel unter 90° , deutliche Abflachung des cranialen Acetabulumrandes, Deformierung des Femurkopfes (pilzförmig, abgeflacht) oder andere osteoarthrotische Merkmale sind vorhanden.

2.4 Stressröntgenuntersuchung

Bereits 1961 wurde vom Council of Veterinary Service der American Veterinary Medical Association eine Methode zur Darstellung von lockeren Hüftgelenken entwickelt, welche HENRY und PARK (1972) wieder aufgegriffen haben.

Seitdem sind weitere Methoden zur Anfertigung von Stressaufnahmen zur besseren Erkennung der Subluxierbarkeit der Hüfte bzw. der lockeren Hüfte entwickelt worden (KLIMT, 1990; SMITH et al., 1990; KELLER, 1991; FLÜCKIGER, 1996; FRIEDRICH, 1996). Die verschiedenen Stressröntgentechniken dienen der Quantifizierung der Instabilität des Hüftgelenkes, durch Hervorrufen der maximalen Luxierbarkeit des Femurkopfes aus dem Acetabulum. Dabei stehen der Grad der Lockerheit und das Auftreten von Arthrosen bzw. degenerativen Gelenkserkrankungen in einem engen Zusammenhang (SMITH, 1997; FLÜCKIGER et al., 1998; KAPATKIN et al., 2002). Bei den Stressröntgentechniken ist, wie bei der konventionellen Röntgenlagerung, eine tiefe Sedation oder Narkose notwendig um eine korrekte Lagerung zu erhalten.

2.4.1. Wedge - Technik

Bei dieser Methode, die 1972 von HENRY und PARK beschrieben wurde, wird der Hund in Position I gelagert und ein runder Keil so proximal wie möglich zwischen die Oberschenkel gelegt. Die Femora werden soweit wie möglich zusammengedrückt, so dass bei einem lockeren Hüftgelenk der Femurkopf aus dem Acetabulum herausgehoben wird. BARDENS (1972a+b), DIXON (1975), KELLER (1991) sowie MADSEN und SVALASTOGA (1991) sprechen sich alle für diese Methode als zusätzlich Informationsquelle über den Lockerheitszustand eines Hüftgelenkes aus. Sie sehen einen engen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von degenerativen Veränderungen und der Lockerheit der Hüftgelenke. Allerdings kann trotz lateraler Femurkopfverschiebung auf der wedge-technik-Aufnahme im Alter zwischen 4 und 18 Monaten der ausgewachsene Hund ein normales Hüftgelenk zeigen. KELLER (1991) sowie MADSEN und SVALASTOGA (1995) stellten sogar fest, dass alle, von Ihnen untersuchten Hunde eine gewisse laterale Verschiebung des Femurkopfes aufwiesen. Sie raten dazu diese Hunde als „Risikohunde“ einzustufen.

2.4.2 Keiltechnik

Eine modifizierte Form der oben erklärten Methode wurde 1990 von KLIMT beschrieben; hierbei wird der Keil, bzw. die Kraftmessdose, nicht so proximal wie möglich zwischen die Oberschenkel platziert, sondern zwischen die Knie. Dies hat eine bessere Reproduzierbarkeit der Messbedingungen zur Folge. KLIMT stellte fest, dass eine deutliche Korrelation zwischen HD-Grad und Subluxierbarkeit besteht, dabei steigt der Grad der Luxierbarkeit von HD frei bis leichter HD, nimmt dann aber mit zunehmend morphologischen Veränderungen am Hüftgelenk wieder ab. Zudem stellte sie fest, dass der Grad der Subluxierbarkeit nicht von der Größe der aufgewendeten Kraft abhängt (ab einer Kraft von 3,8 kp).

2.4.3 Stressröntgentechnik nach SMITH

Um einen Einfluss auf die Gelenklockerheit durch die spiralige Aufdrehung der Gelenkkapsel beim Strecken und Einwärtsrotieren der Hintergliedmaßen auszuschließen entwickelten SMITH et al. (1990) eine neue Technik zur radiologischen Bestimmung der Gelenklockerheit.

Diese Methode (PennHIP® = Pennsylvania Hip Improvement Program) wird neben der Bewertung nach den Richtlinien der O.F.A., in den USA routinemäßig als Screening für die Zucht eingesetzt (SMITH, 1997; SMITH et al., 2001). PennHIP® kann als Früherkennung bei Hunden mit 16 Wochen und älter verwendet werden und ist bei 14000 Hunden überprüft worden. Bei PennHIP® werden, neben der Standardaufnahme in Position I, zwei weitere Röntgenaufnahmen benötigt. Wie bei allen anderen Methoden auch ist eine tiefe Sedation oder Narkose notwendig. Der Hund wird für beide Aufnahmen in Rückenlage verbracht, die Oberschenkel werden senkrecht zur Tischebene gehalten und die Kniegelenke werden in einem 90° Winkel gebeugt.

Für die Kompressionsmethode werden die Femurköpfe soweit wie möglich in die Acetabula gedrückt, so dass eine maximale Kongruenz erreicht wird.

Für die Distraction wird zwischen die Oberschenkel, die wie oben beschrieben senkrecht zur Tischebene mit gebeugten Kniegelenken gehalten werden, ein sog. Distraktor eingebracht, mit dem versucht wird, die Femurköpfe aus den Acetabula herauszuhebeln.

Anhand dieser Stressaufnahmen entwickelten SMITH et al. (1990) den Distraktionsindex (DI). Der Index berechnet sich als Quotient aus dem Abstand zwischen Femurkopf- und Acetabulumzentrum und dem Radius des Femurkopfes. Die Werte liegen dabei zwischen 0 (vollkommen kongruentes Gelenk) und 1 (oder sogar mehr) (Abb. 15).

Dem Autor nach sollen Lagerungsfehler die Messungen weniger beeinflussen als dies bei subjektiven Auswertungen der Fall ist. Auch soll die Wiederholbarkeit größer als bei der Norbergwinkel-Messung sein.

Hunde, die nach der PennHIP®, ein festes Hüftgelenk aufwiesen, zeigten im Laufe ihres Lebens keine Tendenz eine degenerative Gelenkserkrankung zu entwickeln. Es zeigte sich allerdings auch, dass ein nach PennHIP® loses Gelenk

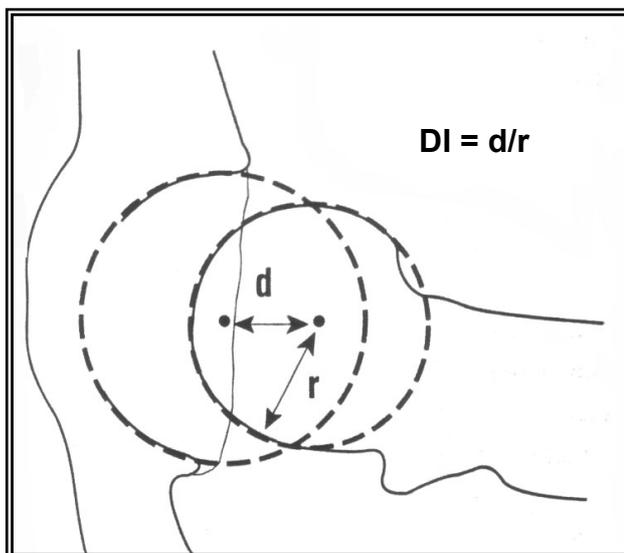


Abbildung 15:
Schematische Darstellung zur Berechnung des Distraktionsindex. Der Distraktionsindex (DI) errechnet sich als Quotient aus dem Abstand von Femurkopf- zu Acetabulumzentrum (d) und dem Radius des Femurkopfes (r). (Kapatkin et al., 2002)

nicht zwangsweise zum Auftreten von degenerativen Veränderungen führt (LUST et al., 1993; SMITH et al., 1993; KAPATKIN et al., 2002). Diese Tatsache führte zur Unterscheidung zwischen einer passiven Hüftlockerheit, die durch die Muskelrelaxation in Narkose entsteht und einer funktionalen, pathologischen Gelenklockerheit, die auch beim wachen Tier bei Belastung des Gelenkes zu beobachten ist (SMITH et al., 1993; LUST et al., 1993).

Von einem festen Gelenk spricht man bei einem DI $< 0,3$ (SMITH et al., 1993; KAPATKIN et al., 2002).

SMITH et al. (1993) zeigten, dass der Distraktionsindex stark zwischen den Rassen schwankt. Während der durchschnittliche Distraktionsindex beim Barsoi bei 0,2 liegt, weist der deutsche Schäferhund einen durchschnittlichen Distraktionsindex von 0,38 auf und hat damit bereits rassebedingt ein lockeres Hüftgelenk (SMITH et al., 1993; KAPATKIN et al., 2002). Es zeigte sich auch, dass nicht nur der DI rasseabhängig ist, sondern auch die Wahrscheinlichkeit eine degenerative Gelenkerkrankung zu entwickeln. So steht der DSH unter einem fünfmal größeren Risiko degenerative Veränderungen zu entwickeln als z.B. der Labrador Retriever oder der Rottweiler (POPOVITCH et al., 1995; SMITH et al., 2001).



Abbildung 16:

Röntgenbild eines deutschen Schäferhundes mit einem DI von 0,57 (nach der in dieser Arbeit verwendeten Methode).

2.4.4 Stressröntgentechnik nach Flückiger

1996 wurde von FRIEDRICH und FLÜCKIGER eine weitere Form der Stressröntgentechnik vorgestellt.

Wie bei den übrigen Methoden auch, wird der Patient wieder in Rückenlage verbracht, die Oberschenkel werden in einem 60 - 70° Winkel zum Röntgentisch gehalten und maximal adduziert. Durch vorsichtiges Drücken der Tibia nach craniodorsal wird versucht, die Femurköpfe aus den Acetabulum zu subluxieren. Wie bei der Methode von SMITH et al. (1990) soll auch hier eine Verfälschung der Messung durch ein spiralisches Aufdrehen der Gelenkkapsel nicht vorkommen.

Gegenüber der Methoden nach SMITH et al. (1990) soll der Vorteil dieser Methode in der Nähe dieser Technik zu der Belastung bei der normalen Fortbewegung liegen, da die Femurköpfe nicht nur nach lateral, sondern zusätzlich nach craniodorsal gedrückt werden (FRIEDRICH, 1996; FLÜCKIGER et al., 1999). Zudem ist kein spezieller Distraktor notwendig.

Wie bei SMITH wird ein Indexwert bestimmt, der die Gelenklockerheit quantifiziert. Anders als SMITH sprechen FRIEDRICH (1996) und FLÜCKIGER et al. (1997+1999) nicht vom Distraktionsindex, sondern vom Subluxationsindex (SI).

Wie SMITH et al. (1990) sprechen auch FRIEDRICH (1996) und FLÜCKIGER (1997+1999) bei einem SI < 0,3 von einem stabilen Hüftgelenk, bei dem, wenn überhaupt, nur mit geringen arthrotischen Veränderungen zu rechnen ist.

Sowohl SMITH et al. (1990) als auch FRIEDRICH (1996) konnten zeigen, dass die maximal mögliche Subluxation des Femurkopfes bei der Aufnahme in Position I im Vergleich zu den Stressaufnahmen nur ungenügend erfasst werden kann.

2.5 Der Antetorsionswinkel (AT) beim Hund

Der Antetorsionswinkel (AT) stellt den in der Transversalebene gemessene Winkel zwischen der Schenkelhalsachse C und der Condylenebene (CE) dar.

Die direkte röntgenologische Darstellung dieses Winkels ist aufgrund zahlreicher technischer Probleme äußerst schwierig. Die aufwendige Lagerung der Patienten ist oftmals mit einer fehlerhaften Abbildung der Winkel verbunden. Aufgrund der Überlagerung zahlreicher Strukturen ist eine exakte Abbildung der Winkelverhältnisse ebenfalls nicht immer möglich. Darüber hinaus benötigt man für solche Aufnahmen sehr hochwertige und teure Röntgenanlagen und geschultes Personal, weshalb die direkte Darstellung der Winkel nicht praktikabel ist.

Aus diesem Grund haben SCHAWALDER und STERCHI (1981) eine Methode zur Bestimmung des Antetorsionswinkel entwickelt, die aufgrund von Messungen an der antero-posterioren (ap) sowie an der sog. „faux profil“-Aufnahme, den AT berechnet.

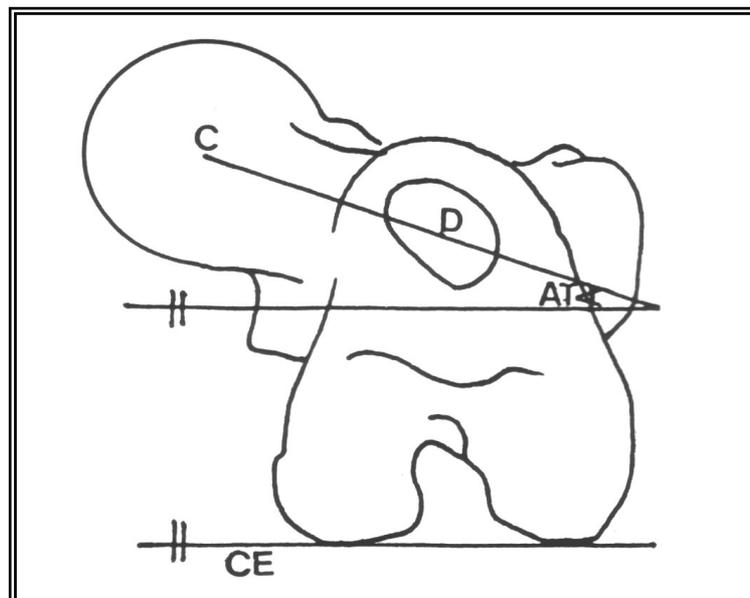


Abbildung 17:

Skizze zur Darstellung des Antetorsionswinkels (AT)
Aufsicht auf einen Oberschenkelknochen.

Als AT wird der Winkel zwischen der Condylenebene
(CE) und der Schenkelhalsachse C bezeichnet.

(nach Schawalder und Sterchi, 1981)

2.5.1 Berechnungsgrundlagen

Zur Bestimmung und Berechnung des AT sind zwei Röntgenbilder notwendig, eine gestreckte ap-Aufnahme, wie sie aus der HD-Diagnostik bekannt ist, und eine „faux profil“-Aufnahme. Die alleinige ap-Aufnahme liefert den Centrum-Collum-Diaphysenwinkel (CC'D-Winkel) (auf den hier nicht weiter eingegangen werden soll, da er für diese Arbeit ohne Bedeutung ist). Senkrecht dazu steht die „faux profil“-Aufnahme, mit Hilfe derer sich der AT bestimmen lässt.

2.5.1.1 Das „faux profil“

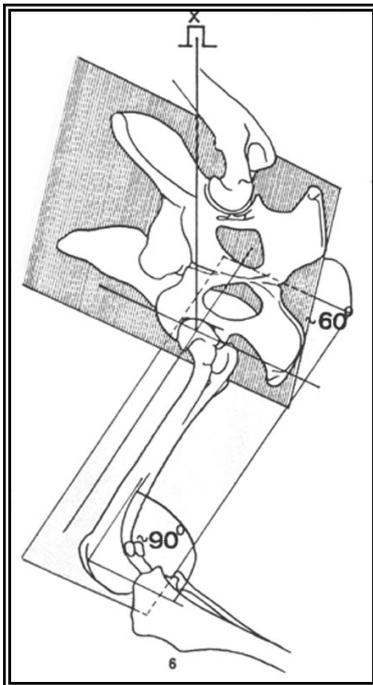


Abbildung 18:
Schematische
Darstellung der „faux
profil“-Röntgenlagerung
(nach Schwawalder und
Sterchi, 1981)

Entwickelt wurde diese Lagerung von LESQUESNE et al. (1961) für die Humanmedizin. Da es sich um ein „falsches Beckenprofil“ handelt, erhielt sie die Bezeichnung „faux profil“. SCHWALDER und STERCHI (1981) wandelten diese Lagerung entsprechend den anatomischen Verhältnissen beim Hund ab.

Zur Anfertigung dieser Aufnahme wird der Hund auf die Seite gelegt, so dass das zu röntgende Bein unten liegt. Das andere Bein wird so weit aufgeklappt, dass keine Überlagerung mit dem zur röntgenden Bein entsteht. Wichtig für korrekte Messergebnisse ist die exakte Lagerung des zu röntgenden Beines. Es muss mit dem Trochanter major und dem Condylus lateralis aufliegen und Femur und Tibia müssen eine filmparallele Ebene bilden. Dazu wird das Kniegelenk in einem Winkel von ca. 90° gebeugt. Der Zentralstrahl sollte auf das Caput femoris gerichtet sein (Abb. 18).

Diese Röntgentechnik liefert ein Bild, das der Abb. 19 entspricht. Die Aufnahme liefert neben vielen anderen Aspekten eine standardisierte mediolaterale Projektion der Antetorsion (x-Wert).

2.5.1.2 Konstruktion der Schaftachse D

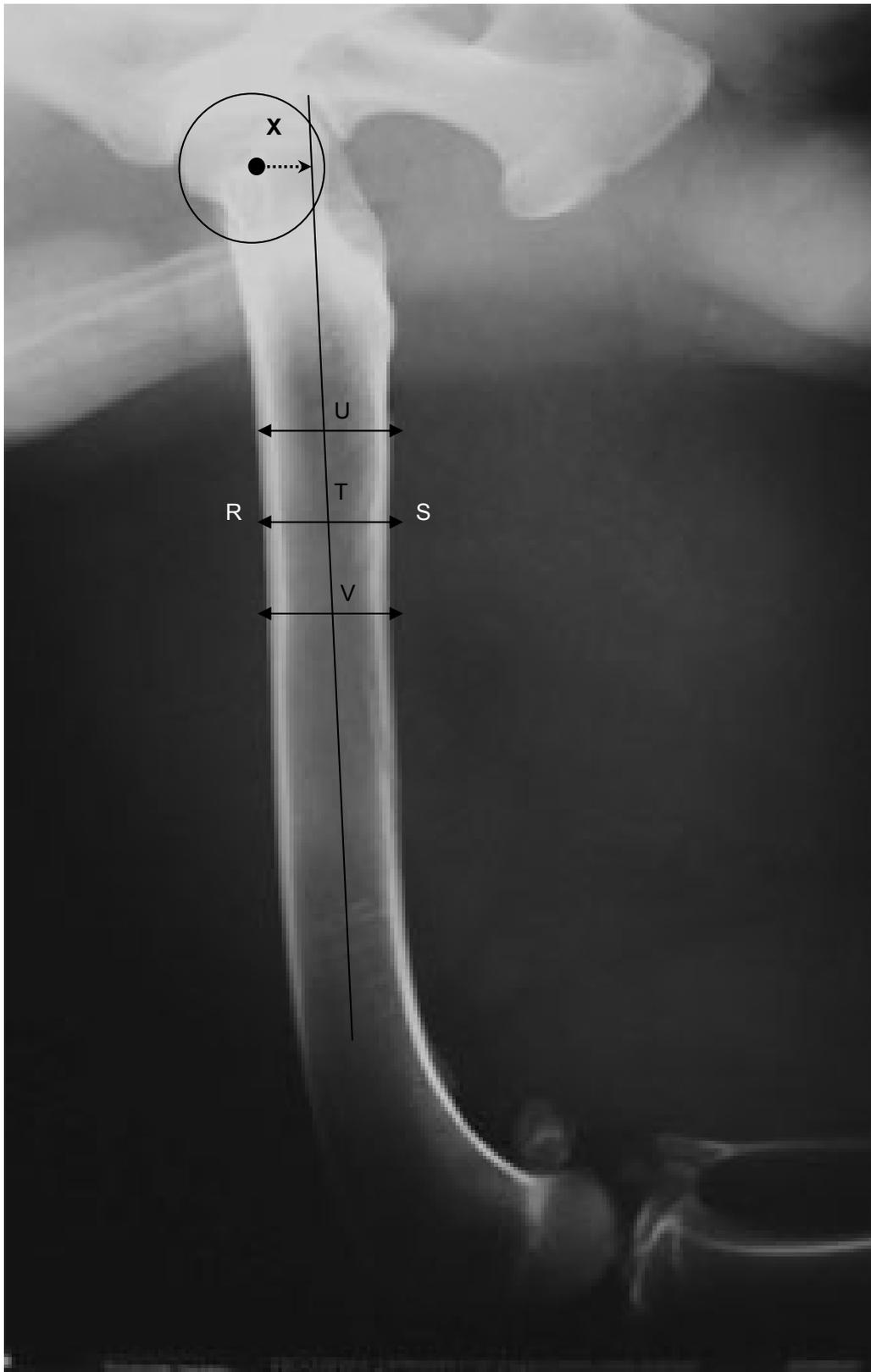
Sowohl auf der ap-Aufnahme, wie auch auf „faux profil“-Aufnahme wird an der schmalsten Stelle des Femurschaftes geometrisch der Mittelpunkt T der Strecke RS ermittelt. Im Abstand von ca. 2 cm werden proximal, bzw. distal davon auf gleiche Weise die Mittelpunkte U und V bestimmt. Dabei eignet sich die mediale Femurschaftbegrenzung aufgrund ihres meist graden Verlaufes in der Regel besser zur Bestimmung der Mittelpunkte als die laterale, da diese meist geringgradig konkav ist. Die Punkte U, T und V liegen meistens auf einer Geraden, die als Schaftachse D bezeichnet wird (Abb. 19 und 23a).

Ist auch die mediale Femurschaftbegrenzung stark konkav gebogen, werden nur der proximale und der distale Punkt zu einer Geraden verbunden. Diese wird dann parallel durch T verschoben. Selbst bei starker Krümmung des Femurschaftes lässt sich so die Schaftachse D konstruieren. Für die korrekte Bestimmung der Schaftachse ist eine korrekt gelagerte Aufnahme wichtig.

2.5.2 Die Bestimmung des Antetorsionswinkels

Zur Bestimmung des Antetorsionswinkels α werden die gestreckte antero-posteriore Beckenaufnahme und die beschriebene „faux profil“-Aufnahme benötigt. Für die weitere Berechnung des AT-Winkels werden jeweils die Abstände zwischen dem Femurkopfzentrum und der Schaftachse benötigt, wobei der x-Wert dem Abstand auf der „faux profil“-Aufnahme (Abb. 19) und der y-Wert dem Abstand auf der ap-Aufnahme entspricht. Mit Hilfe der Trigonometrie lässt sich aus diesen zwei Größen der Antetorsionswinkel α wie folgt berechnen. Der Quotient aus x und y ergibt den Tangens des gesuchten Winkels, durch weitere Umrechnung lässt sich so der Winkel α bestimmen.

$$x/y = \tan \alpha \rightarrow \text{Antetorsionswinkel}$$

**Abbildung 19:**

„Faux profil“-Röntgenaufnahme mit eingezeichneter Schaftachse D. Die Punkte R und S markieren die schmalste Stelle des Femurschaftes, deren geometrisch ermittelter Mittelpunkt T ist. Ca. 2 cm proximal und distal der Strecke RS werden auf gleiche Weise die Mittelpunkte U und V bestimmt. Die Gerade, welche durch UTV verläuft wird als Schaftachse bezeichnet. Die Strecke x entspricht dem Abstand zwischen Femurkopffzentrum und Schaftachse.

SCHAWALDER und STERCHI (1981) berechneten für den deutschen Schäferhund einen Antetorsionswinkel von $30,1^\circ \pm 6$. Dabei besteht Ihnen zufolge eine signifikante Alters- und Geschlechtsabhängigkeit. Die genannten Autoren legten zudem einen Normbereich für den AT beim DSH fest, der zwischen 24° und 36° liegt.

SCHAWALDER et al. (1996) stellen die Hypothese auf, dass es bei einer vermehrten Antetorsion des Femurhalses zum Auftreten des so genannten Antetorsionsyndroms kommt. Durch die vermehrte craniale Verdrehung des Femurhalses aus der Condylenebene soll es kompensatorisch zu einem Einwärtsdrehen der restl. Gliedmaße, mit z.T. ausgeprägter x-Beinigkeit, kommen. Er sieht den Hauptgrund für das Auftreten dieser „Entwicklungsstörung“ in einer „zu guten“ Fütterung.

HAUPTMANN et al. (1985) ermittelten radiologisch einen Antetorsionswinkel für den DSH der zwischen $14,5 \pm 1,3^\circ$ und $15,4^\circ \pm 0,8^\circ$ liegt. Der von ihnen bestimmte AT am mazerierten Knochen lag zwischen $10,2^\circ \pm 1,0^\circ$ und $13,4^\circ \pm 0,5^\circ$. Sie stellten fest, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem AT und dem Schweregrad der HD gibt. Sie zeigten, dass bei dysplastischen Hüftgelenken der Antetorsionswinkel bei Messungen am mazerierten Knochen kleiner war als bei den unveränderten Hüftgelenken (dysplastisch: $10,2^\circ \pm 1,0^\circ$ und normal: $13,4^\circ \pm 0,5^\circ$).

DUELAND (1980) und MONTAVON (1992) hingegen maßen einen signifikant größeren AT bei dysplastischen Hüftgelenken im Vergleich zu normalen Hüftgelenken.

Im Gegensatz dazu konnten MAHRINGER (1991), sowie MADSEN und SVALASTOGA (1994) keinen Zusammenhang zwischen den dysplastischen Veränderungen am Hüftgelenk und dem AT feststellen.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Gerätebeschreibung

Alle Röntgenbilder wurden mit dem Televix 1600 mit Obertischröhre und Durchleuchtungsfunktion der Firma CGR mit dem Generator Selector MD Typ 125-80 der Firma Hofmann angefertigt. Der Film-Fokus-Abstand betrug bei allen Aufnahmen 1,05 m. Es wurden SE-Folien (Kassettengröße 24/30: Lanex Fine; Kassettengröße 30/40: Lanex Medium) und der Filmtyp T-MAT Plus DG der Firma Kodak verwendet. Die Belichtungsdaten wurden dem Körpergewicht des Tieres angepasst.

3.1.2 Untersuchte Tiere

Für diese Arbeit wurden Röntgenbilder des Beckens von 331 Patienten, die in der Klinik für Kleintiere, Chirurgie, der Justus-Liebig-Universität zwischen 1998 und 2004 vorgestellt wurden, ausgewertet. Es wurde keine Vorabselektion der Bilder durchgeführt. Auswahlkriterium zur Aufnahme in die Untersuchung waren korrekt gelagerte, in Narkose angefertigte Aufnahmen des Beckens. 170 Tiere waren weiblich, 161 männlich.

Das Durchschnittsalter lag bei den Hunden der Rasse Deutsche Schäferhund bei 24,67 Monaten (Minimum: 12 Monate, Maximum: 96 Monate). Bei den übrigen Rassen war der Altersdurchschnitt 19,45 Monate (Minimum: 12 Monate; Maximum: 55 Monate).

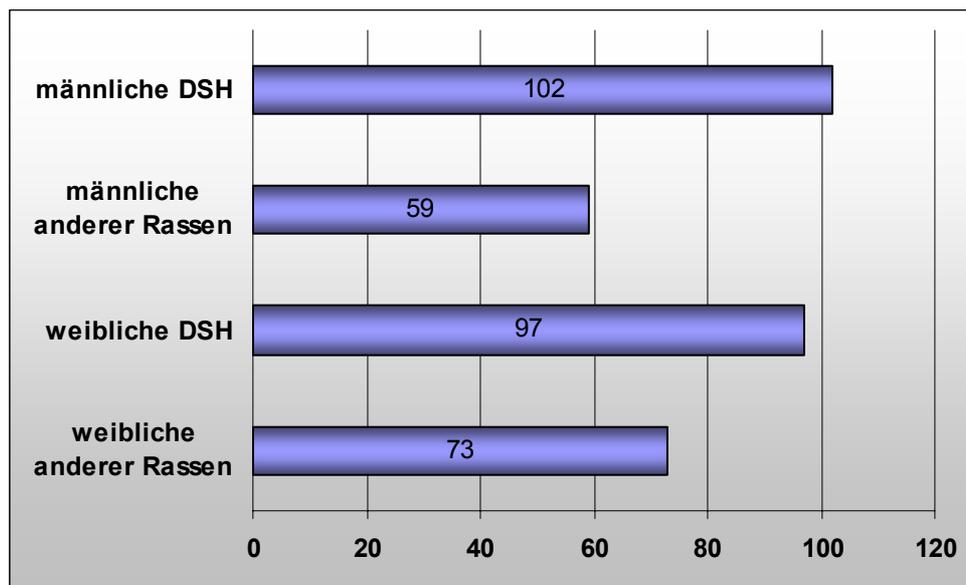


Abbildung 20:
Geschlechterverteilung der Hunde.

3.1.3 Gruppeneinteilung

Die Tiere wurden in 4 Gruppen unterteilt. Die erste Gruppe umfasst alle untersuchten Hunde der Rasse Deutscher Schäferhund, die eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form zeigten. Gruppe 2 beinhaltet Hunde der Rasse Deutscher Schäferhund mit „normaler“ Femurkopf-Hals-Form. In die dritte Gruppe wurden Hunde anderer Rassen die eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form zeigten eingeteilt. In Gruppe 4 finden sich die Hunde anderer Rassen mit einer „normalen“ Femurkopf-Hals-Form. Eine weitere Unterteilung in die verschiedenen Rassen wurde in Gruppe 3 und 4 nicht vorgenommen. Insgesamt wurden Röntgenbilder von 38 verschiedenen Rassen in die Untersuchung einbezogen. Einen Überblick über die verschiedenen Rassen mit Angabe ihrer Häufigkeit in dieser Studie gibt Tabelle 1.

Tabelle 1: Überblick über die im Rahmen dieser Studie untersuchten Rassen mit Angabe Ihrer Häufigkeit unterteilt nach Geschlecht. Der Deutsche Schäferhund ist hierbei am häufigsten mit einer nahezu ausgeglichenen Geschlechterverteilung vertreten. An zweiter und dritter Stelle liegen der Golden Retriever und der Labrador Retriever.

Rasse	w	m
Alaskan Malamut		1
amerikanische Bulldogge		1
Australian Cattle Dog	1	
Australian Shepherd	4	
Bearded Collie	1	
Belg. Schäferhund	1	
Bobtail		1
Border Collie		1
Boxer	1	4
Briard		1
BSH	2	1
Chesapeak bay Retriever	1	
Dalmatiner	2	
DDH	1	3
Deutsch Langhaar		1
Deutsche Dogge	6	1
DSH	97	102
Dobermann		1
Eurasier	2	1
Flat coated Retriever	1	1

Rasse	w	m
Golden Retriever	10	2
Griffon	1	
Groß Pudel		1
Hovawart	2	1
Irischer Wolfshund	1	
Kerry Blue Terrier		1
Labrador Retriever	14	19
Landseer	2	
Münsterländer	1	
Neufundländer	3	3
Pudel	1	
Rhodesian Ridgeback	2	
Riesenschnauzer	7	9
Rottweiler	4	2
Russischer Terrier		1
Schwarzer Terrier		1
weißer Schäferhund	2	
Wolfspitz		1

3.1.4 Röntgenbildmaterial

Es wurden Röntgenbilder des Beckens von 199 Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund und 132 Hunden anderer Rassen ausgewertet. Dabei lagen bei den deutschen Schäferhunden bei 83 Tieren Röntgenaufnahmen in Position I, in Position II, sowie „faux profil“-Aufnahmen beider Femora und eine Distraktionsaufnahme vor. Bei den Röntgenbildern der Vergleichsgruppe war dies bei 82 Tieren der Fall. Bei den übrigen Tieren lag die Röntgenaufnahme in Position I vor, von den Zusatzaufnahmen fehlten eine oder mehrere. Tabelle 2 gibt einen Überblick, welche Aufnahmen für die Auswertung vorlagen, aufgegliedert nach Rassezugehörigkeit zum Deutschen Schäferhund oder zu den übrigen Rassen. Am häufigsten in beiden Gruppen fehlten „faux profil“-Aufnahmen der Femora. Das Fehlen der Distraktion einseitig erklärt sich dadurch, dass auf der Röntgenaufnahme ein Femurkopf auf der Aufnahme infolge falscher Lagerung nicht abgebildet wurde da er ausserhalb des Röntgenfeldes lag.

Tabelle 2: Verteilung der fehlenden Röntgenaufnahmen

	DSH	Sonstige
Distraktion fehlt einseitig	1	0
Distraktion fehlt beidseitig	0	1
„faux profil“ fehlt einseitig	8	3
„faux profil“ fehlt beidseitig	82	26
Distraktion & „faux profil“ fehlen	6	16
Position II fehlt	4	1
Position II & „faux profil“ fehlt	3	1
Position II, „faux profil“ & Distraktion fehlen	9	1
Distraktion & Position II fehlen	3	0

3.1.5 Röntgenuntersuchungen

3.1.5.1 Anästhesie

Die Röntgenbilder wurden unter Allgemeinanästhesie angefertigt. Dabei wurde folgende Standardnarkose angewandt:

Prämedikation:

Diazepam¹ (0,5-1 mg/kg KM) und Atropinsulfat² (0,05 mg/kg KM) i. v.

Einleitung & Erhaltung:

Ketaminhydrochlorid³ (3mg/kg KM) und Xylazinhydrochlorid⁴ (0,3mg/kg KM) i. v.

1: „Diazepam ratiopharm“, 10%ige Injektionslösung, Rapinovet GmbH, Ulm

2: „Atropinsulfatlösung“, 0,5mg/ml, Fresenius, Bad Homburg

3: „Ketamin“, 10%ige Injektionslösung, Medistar, Holzwickede

4: „Xylazin“, 2%ige Injektionslösung, Medistar, Holzwickede

3.1.5.2 Röntgenaufnahmen

Ein Ziel der Untersuchung war die Bestimmung der Häufigkeit der so genannten besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form beim DSH im Vergleich zu anderen Rassen. Hierzu wurden Röntgenaufnahmen von Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund und Hunden anderer Rassen in Position I angefertigt.

Ein weiteres Ziel war es, zu untersuchen, ob bei einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form die Femurköpfe tatsächlich kleiner sind als die Femurköpfe bei „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen. Dafür wurden neben der Röntgenaufnahme in Position I auch Röntgenaufnahmen in Position II angefertigt.

Des Weiteren wurden „faux profil“-Aufnahmen der Femora, sowie Stressröntgenaufnahmen des Beckens angefertigt, um das Verhalten dieser Femurkopf-Hals-Form im Vergleich zu „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen zu untersuchen. Die „faux profil“-Aufnahmen wurden wie in Kapitel 2.5.1.1 beschrieben gelagert.

Für die Stressröntgenaufnahmen wurden die Hunde in Rückenlage verbracht. Es wurde ein Distraktor proximal zwischen die Oberschenkel gebracht und die Femora wurden soweit wie möglich zusammengedrückt, nach caudal gestreckt und soweit

eingedreht, dass die Patella, wenn möglich, zwischen den Ossa sesamoidea zu liegen kommt (Abb. 21).



Abbildung 21:
Lagerung für die Stressröntgenaufnahme.

3.3 Hauptuntersuchung

3.3.1 Auswertung der Röntgenbilder

Anhand der Röntgenbilder wurden die Größe des Femurkopfes und des Acetabulums sowohl in Position I, als auch in Position II berechnet. Des Weiteren wurde der Antetorsionswinkel, sowie der Distraktionsindex ermittelt.

3.3.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte im Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover an der Workstation SUN ULTRA Enterprise 450. Die für die Auswertung verwendeten Prozeduren stammen aus den Programmpaketen SAS, Version 9.1.3 (deskriptive Statistik, Untersuchung der HD-Skala, Heritabilitätsschätzungen) und VCE4, Version 4.2.5 (Heritabilitätsschätzung) (GROENEVELD, 1998).

Zur Beurteilung der Signifikanz von Unterschieden wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit wie folgt festgelegt: $p \leq 0,05$ ggr. signifikant (*); $p \leq 0,01$ mgr. signifikant (**) und $p \leq 0,001$ hgr signifikant (***)

3.3.3 Größe des Femurkopfes und des Acetabulums

Femurkopf und Acetabulum stellen sich radiologisch annähernd als Kreise dar. Bedingt durch anatomische Strukturen handelt es sich allerdings nicht um vollständige Kreise. Es gibt jedoch für jeden Femurkopf und jedes Acetabulum einen Kreis, der annäherungsweise ihrer Größe entspricht. Wenn im Folgenden von der Femurkopf- respektive der Acetabulumgröße gesprochen wird, so handelt es sich um die Kreisfläche die dem Femurkopf bzw. dem Acetabulum am ehesten entspricht.

3.3.3.1 Größe des Femurkopfes

Um die Größe des Femurkopfes zu ermitteln wurden auf der Röntgenaufnahme in Position I und in Position II mit Hilfe einer HD-Schablone (Abb. 22) die Zentren der Femurköpfe ermittelt und mit einem Punkt markiert. Von diesem Punkt aus wurde der Abstand zum Rand des Femurkopfes an 2 Stellen gemessen. Der Mittelwert dieser beiden Messungen ergab den Wert „r“. Mit Hilfe der bekannten mathematischen Formel

$$A = \pi * r^2$$

wurde die Fläche der Femurköpfe berechnet. Die berechnete Fläche eines Femurkopfes in Position I wurde dann mit der berechneten Fläche desselben Femurkopfes in Position II verglichen.

3.3.3.2 Größe des Acetabulums

Die Berechnung der Größe der Acetabula wurde analog zur Femurkopfgröße durchgeführt. Auch hier wurde mit Hilfe der HD-Schablone das Zentrum des Acetabulums ermittelt, der Abstand zum cranialen Pfannenrand wurde an 2 Stellen gemessen. Der Mittelwert ergab ebenfalls den Wert „r“, so dass mit Hilfe der obigen Formel die Fläche der Acetabula berechnet werden konnte. Auch hier wurde die berechnete Fläche eines Acetabulums in Position I mit der berechneten Fläche desselben Acetabulums in Position II verglichen.

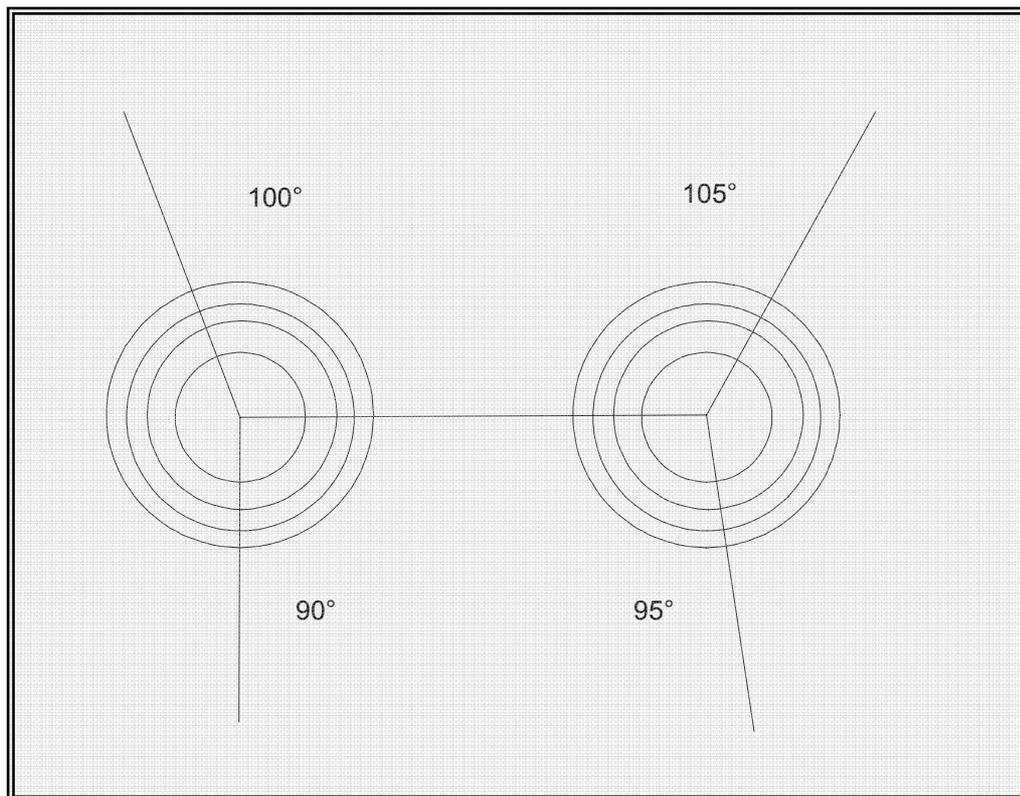


Abbildung 22:

Schema einer Schablone zur Bestimmung des Norberg Winkels.

Die Kreise werden so an die Femurköpfe angelegt, dass sie deren Größe entsprechen und der Mittelpunkt des Kreises auf dem Femurkopfzentrum liegt.

Die verschiedenen Winkel ermöglichen eine annäherungsweise Bestimmung des Norberg Winkels.

3.3.4 Der Antetorsionswinkel α

Der Antetorsionswinkel wurde wie in Kapitel 2.5.2 beschrieben berechnet.
Das Femurkopffzentrum wurde dabei mittels der HD-Schablone bestimmt.



Abbildung 23a:
Messung 1 zur Bestimmung des
Antetorsionswinkels

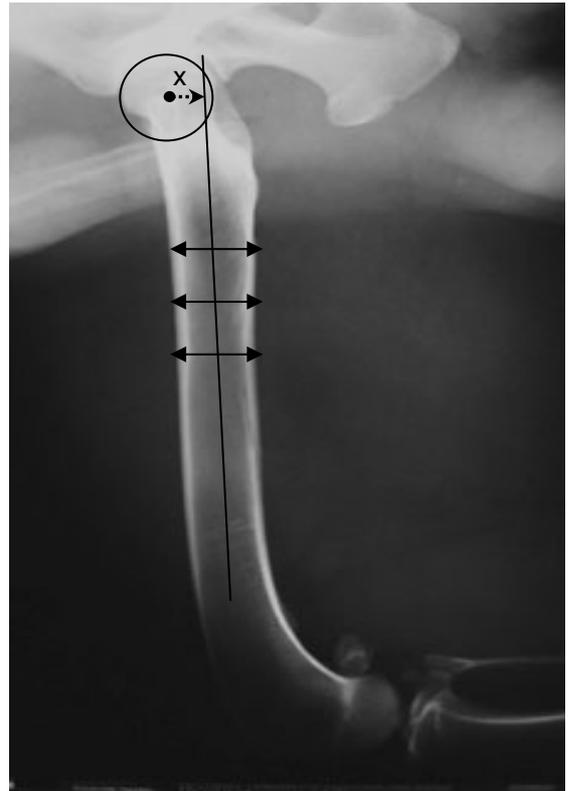


Abbildung 23b:
Messung 2 zur Bestimmung des
Antetorsionswinkels

$$x/y = \tan \alpha \rightarrow \text{Winkel } \alpha$$

3.3.5 Der Distraktionsindex

Der Distraktionsindex wurde in Anlehnung an die Methode nach SMITH et al. (1990) (Kapitel 2.4.3) anhand der Stressröntgenaufnahme nach folgender Formel berechnet.

$$DI = d/r$$

Dabei gibt „d“ den Abstand zwischen Femurkopf- und Acetabulumzentrum auf der Stressröntgenaufnahme und „r“ den Radius des Femurkopfes auf der Stressröntgenaufnahme an. Abweichend zu SMITH et al. (1990) wurden die Hintergliedmaßen bei der Stressröntgenaufnahme nach caudal gestreckt, des Weiteren wurde auf eine Kompressionsaufnahme verzichtet.

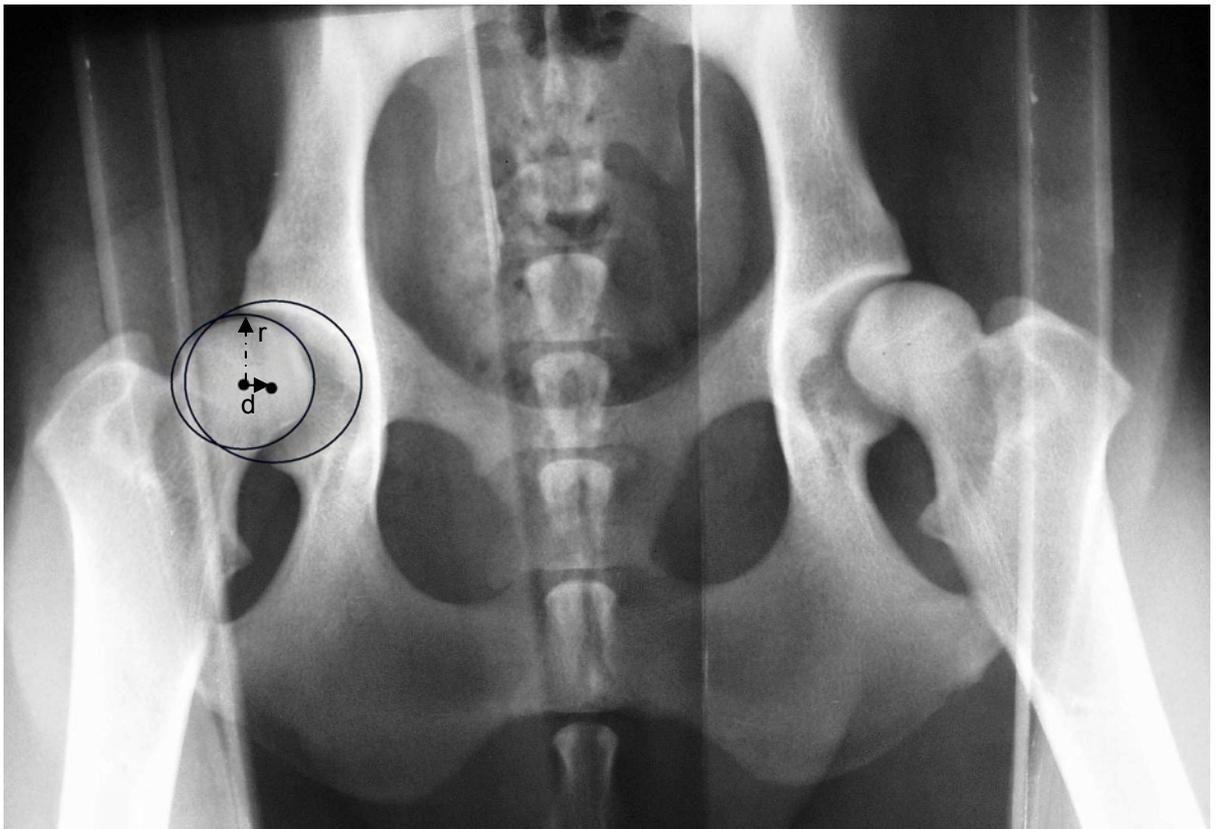


Abbildung 24:

*Darstellung der Messtrecken zur Berechnung des Distraktionsindex.
d Abstand zwischen Femurkopf- und Acetabulumzentrum
r Radius des Femurkopfes*

3.3.6 Die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form

Die Einteilung in besenstielartige Femurkopf-Hals-Form oder „normale“ Femurkopf-Hals-Form erfolgte adspektorisch durch die Doktorandin.

Weist der Femurhals am Übergang keine Einziehung gegenüber dem Femurkopf auf, sondern sind Durchmesser von Femurkopf und Femurhals hier augenscheinlich identisch, wurde diese Formation als besenstielartige Femurkopf-Hals-Form angesprochen (Abb. 25a). Zeigt der Femurhals an dieser Stelle einen geringeren Durchmesser als der Femurkopf, erfolgte die Zuordnung zu den „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen (Abb. 25b). Dabei wurde bereits minimale Einziehungen als solche angesprochen. Es wurden nur Fälle, in denen beiderseitig eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form vorlag, in die Gruppe der „Besenstielartigen“ eingeordnet. Fälle in denen nur einseitig eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form vorlag und die zweite Seite „normal“ ausgebildet war, wurden der Gruppe „Normal“ zugeordnet.

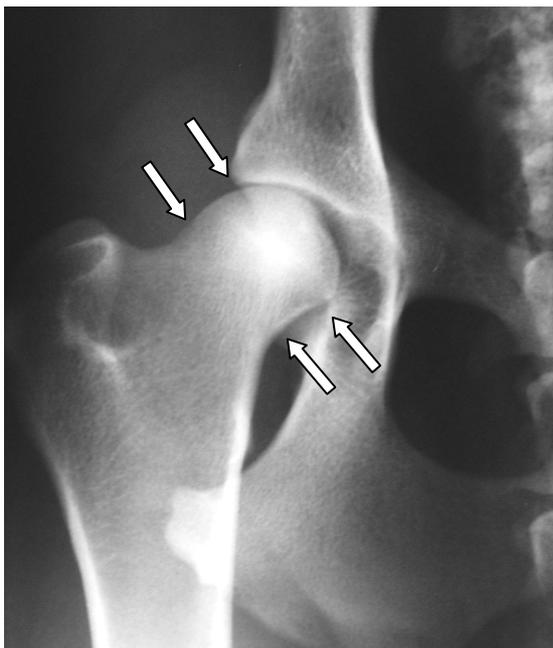


Abbildung 25a:
*Besenstielartige Femurkopf-Hals
Form
Der Femurhals weist dieselbe Breite
wie der Femurkopf auf.*



Abbildung 25b:
*„Normale“ Femurkopf-Hals-Form
Der Femurhals zeigt eine deutliche
Einziehung gegenüber dem
Femurkopf*

3.3.7 Überprüfung des Einflusses von Lagerungsmängeln

Für jedes Bild wurde festgehalten, ob es optimal gelagert war oder ob ggr. Abweichungen von einer optimalen Lagerung vorlagen. Hunde, bei denen die Lagerung auf den Röntgenbildern stärkere Abweichungen aufwiesen wurden von vorneherein nicht mit in die Studie aufgenommen.

Für jeden Parameter wurde ermittelt, ob die Messergebnisse signifikant abweichen zwischen den Tieren, bei denen optimal gelagerte Aufnahmen vorlagen, zu den Hunden, bei denen die Röntgenbilder ggr. von einer optimalen Lagerung abweichen.

3.3.8 Heritabilität

Für die Berechnung der Heritabilität der besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form lagen neben den 199 DSH, an welchen die in Kapitel 3.1.3 bis Kapitel 3.3.6 aufgeführten Untersuchungen durchgeführt wurden, noch bei 129 weiteren DSH Angaben über Zuchtbuchnummer und Röntgenalter vor. Auch bei diesen 129 Tieren wurde eine Einteilung der Hunde in Tiere mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und Tiere mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen vorgenommen.

Von den insgesamt vorliegenden Daten von 328 DSH konnten nur von 314 DSH die Daten für die Heritabilitätsschätzung verwendet werden. Nur zu diesen Tieren fanden sich die Zuchtbuchnummern in den vom Verein für deutsche Schäferhunde bereitgestellten Pedigreedaten. Weitere 3 Tiere fielen aus der Studie, weil sie mit einem Röntgenalter von unter $\frac{1}{2}$ Jahr, bzw. über 10 Jahren Ausreißer waren, zwei dieser Tiere zeigten eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form. Von den verbliebenen 311 Tieren zeigten 176 DSH eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form. Die Heritabilitätsschätzung wurde am Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover durchgeführt.

3.3.9 Überprüfung auf Wiederholbarkeit

Zur Überprüfung der Genauigkeit der gemessenen Daten wurden bei den ersten 20 Hunden 5 Wiederholungsmessungen des Radius von Femurkopf und Acetabulum, sowie der zwei Strecken zur Berechnung des Antetorsionswinkels und der Parametern zur Berechnung des Distraktionsindex durchgeführt.

Es wurden jeweils die Femurkopfgröße, die Acetabulumgröße, sowie der Antetorsionswinkel und der Distraktionsindex berechnet.

4 Ergebnisse

4.1 Häufigkeit der besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form

Es wurde untersucht, wie häufig die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form beim DSH im Vergleich zu anderen Rassen vorkommt. In der Gruppe der deutschen Schäferhunde zeigen mit 183 aus 328 mehr als 50% der untersuchten Hunde diese besondere Femurkopf-Hals-Form. Aus der Gruppe der sonstigen Hunde ist dies bei 43 Tieren von 132 der Fall. Eine Übersicht der Verteilung liefert Abbildung 26.

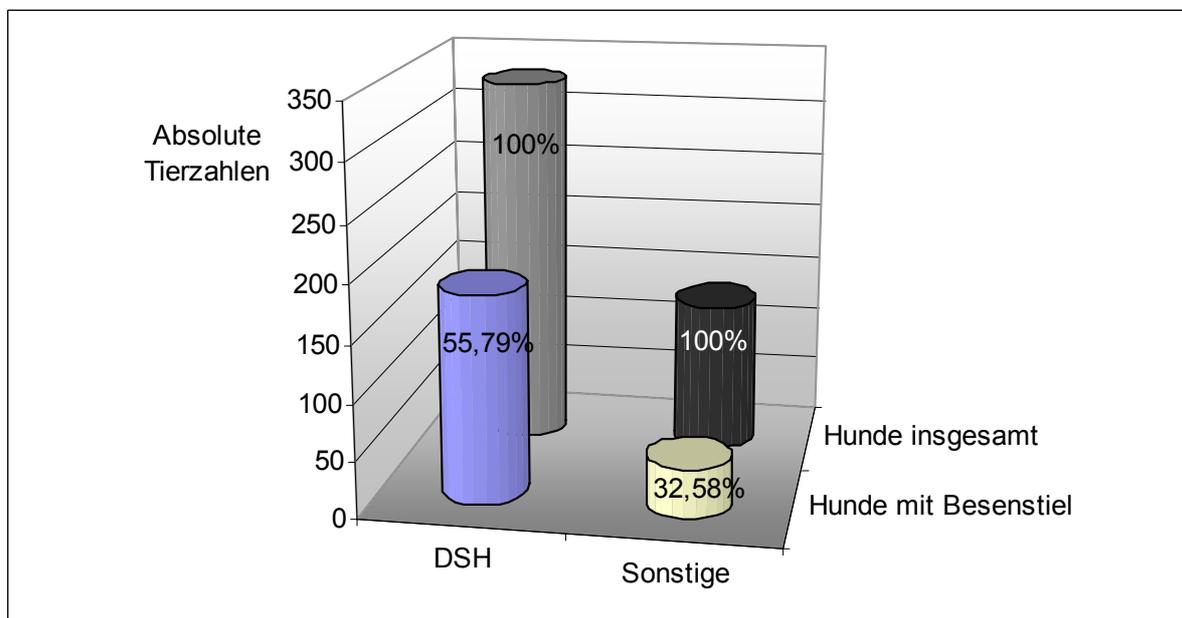


Abbildung 26:

Verteilung der Hunde mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form

4.2 Die Femurkopfgröße

Es wurde untersucht, ob zwischen der Femurkopfgröße bei Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und Hunden mit „normal“ ausgebildeten Femurkopf-Hals-Formen ein signifikanter Unterschied besteht. Des Weiteren wurde geschaut, ob ein Unterschied zwischen den Ergebnissen beim DSH und den übrigen Rassen besteht. Zuletzt wurde überprüft, ob und wie sich die Größe des Femurkopfes bei Röntgenaufnahmen in Position I und Position II ändert.

4.2.1 Die Femurkopfgröße in Position I

Die durchschnittliche Femurkopfgröße in Position I bei deutschen Schäferhunden, die eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form zeigten, lag bei $4,61 \pm 0,58 \text{ cm}^2$, bei den übrigen Rassen lag sie bei $4,44 \pm 1,33 \text{ cm}^2$. Schäferhunde mit „normal“ aussehenden Femurkopf-Hals-Formen zeigten mit einer Fläche von $4,79 \pm 0,64 \text{ cm}^2$ einen signifikant größeren ($p = 0,037$) Femurkopf auf. Bei den übrigen Hunden war der Femurkopf mit einer Fläche von $4,75 \pm 1,29 \text{ cm}^2$ bei Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen nicht signifikant größer als bei denen mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form (Abb. 27). Die Minimal- und Maximalwerte

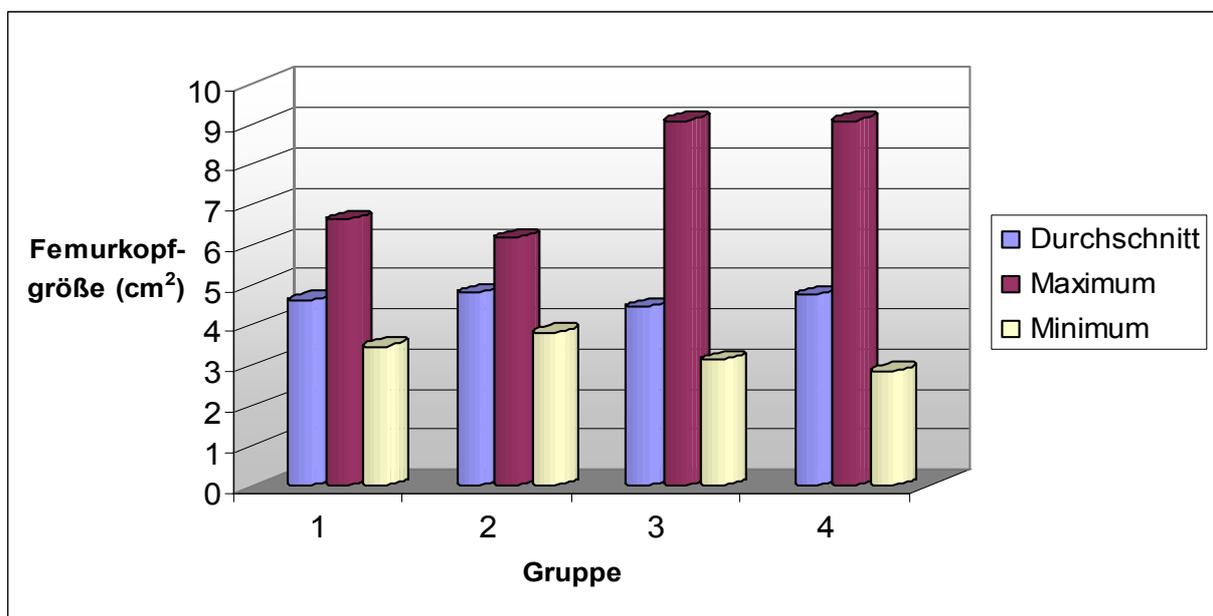


Abbildung 27:
Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Femurkopfgröße in Position I.

weichen in beiden Gruppen deutlich voneinander ab, wobei die Schwankungen bei den Hunden der Gruppen 3 und 4 am größten sind. Diese Schwankungsbreite spiegelt sich auch in einer relativ hohen Standardabweichung s wieder (Abb. 29).

4.2.2 Die Femurkopfgröße in Position II

Der deutsche Schäferhund zeigt bei den Aufnahmen in Position II eine durchschnittliche Femurkopfgröße von $5,54 \pm 0,88 \text{ cm}^2$ beim Vorliegen einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form. Bei „normal“ ausgebildeten Femurkopf-Hals-Formen liegt die durchschnittliche Femurkopfgröße bei $5,68 \pm 0,63 \text{ cm}^2$. Die Abweichungen sind nicht signifikant.

Die Hunde anderer Rassen zeigten im Durchschnitt eine Femurkopfgröße von $5,24 \pm 1,55 \text{ cm}^2$ bei besenstielartigen, bzw. von $5,39 \pm 1,40 \text{ cm}^2$ bei „normal“ entwickelten Femurkopf-Hals-Formen. Auch hier sind die Abweichungen nicht signifikant.

Auch hier weichen die Maximal- und Minimalwerte erheblich voneinander ab, was sich auch in einer relativ hohen Standardabweichung widerspiegelt (Abb. 28 und 29). In allen Gruppen nimmt die Femurkopfgröße signifikant zu zwischen den Aufnahmen in Position I und Position II.

Die Abweichungen der Femurkopfgröße zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3, sowie zwischen Gruppe 2 und 4 sind weder in Position I, noch in Position II signifikant.

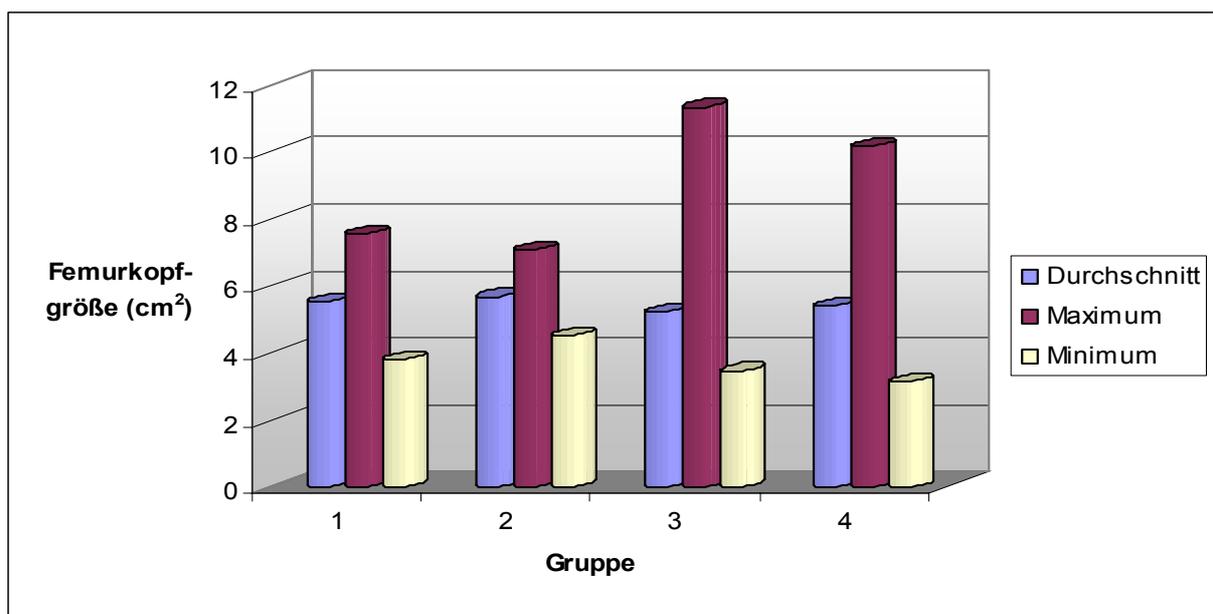


Abbildung 28:
Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Femurkopfgröße in Position II.

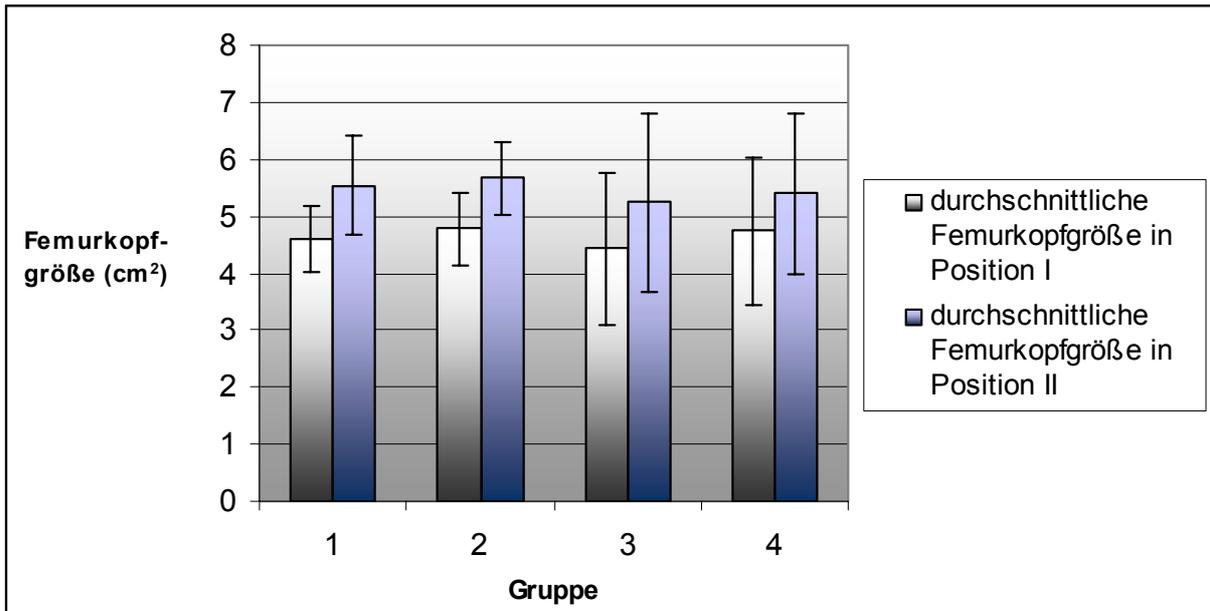


Abbildung 29:

Durchschnittliche Femurkopfgröße in Position I und II mit Standardabweichung.

Die Unterschiede innerhalb der Gruppen zwischen den ermittelten Femurkopfgrößen in Position I und Position II sind hochsignifikant ($p \leq 0,001$). Eine Übersicht über die durchschnittliche Abweichung der Femurkopfgröße zwischen Position I und II, sowie die Standardabweichung gibt Abb. 30.

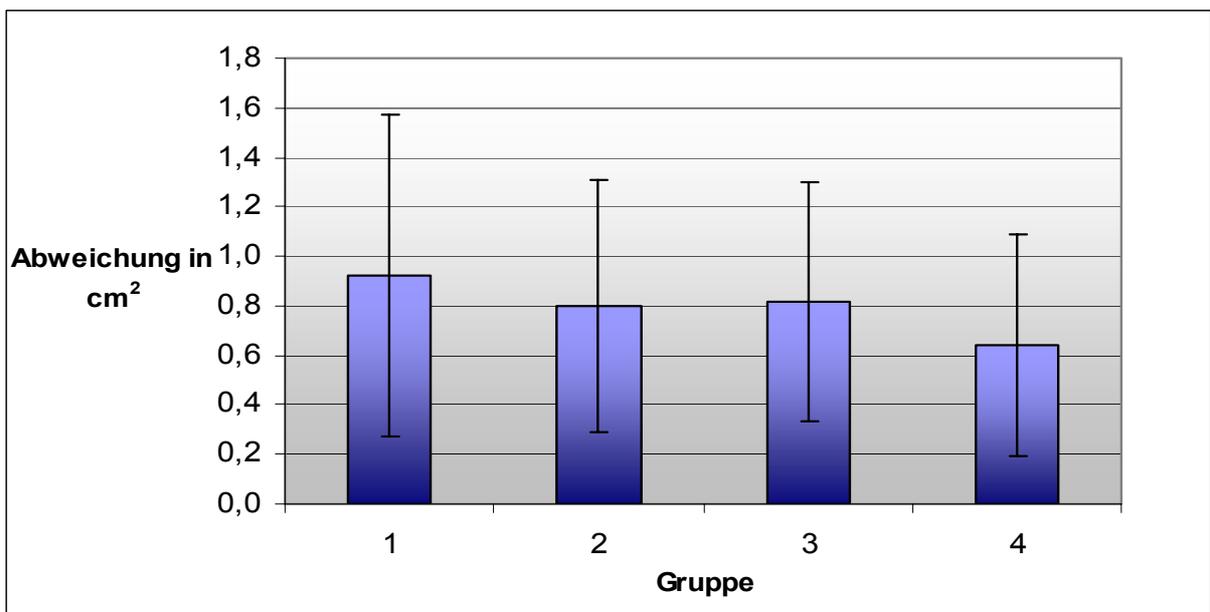


Abbildung 30:

Durchschnittlicher Unterschied der Femurkopfgröße zwischen Position I und II in cm^2 mit Angabe der Standardabweichung ($p = 0,0$).

4.3 Die Acetabulumgröße

Die Untersuchungen der Acetabulumgröße wurden analog zu den Untersuchungen der Femurkopfgröße durchgeführt.

4.3.1 Die Acetabulumgröße in Position I

Die durchschnittliche Acetabulumgröße lag bei Hunden der Gruppe 1 bei $6,48 \pm 0,72 \text{ cm}^2$ und bei Hunden der Gruppe 2 bei $6,51 \pm 0,78 \text{ cm}^2$. Damit sind die Unterschiede zwischen Schäferhunden mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form und Schäferhunden mit „normal“ ausgebildeten Femurkopf-Hals-Formen nicht signifikant. Bei den übrigen Rassen wies das Acetabulum durchschnittlich eine Fläche von $5,78 \pm 1,79 \text{ cm}^2$ bei besenstielartigen Formen und $6,09 \pm 1,70 \text{ cm}^2$ bei solchen mit „normal“ ausgebildeten Femurkopf-Hals-Formen auf. Auch hier sind die Abweichungen zwischen den Hunden mit einer besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form und denen mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen nicht signifikant. In allen Gruppen zeigen sich erhebliche Abweichungen zwischen den Minimal- und den Maximalwerten (Abb. 31).

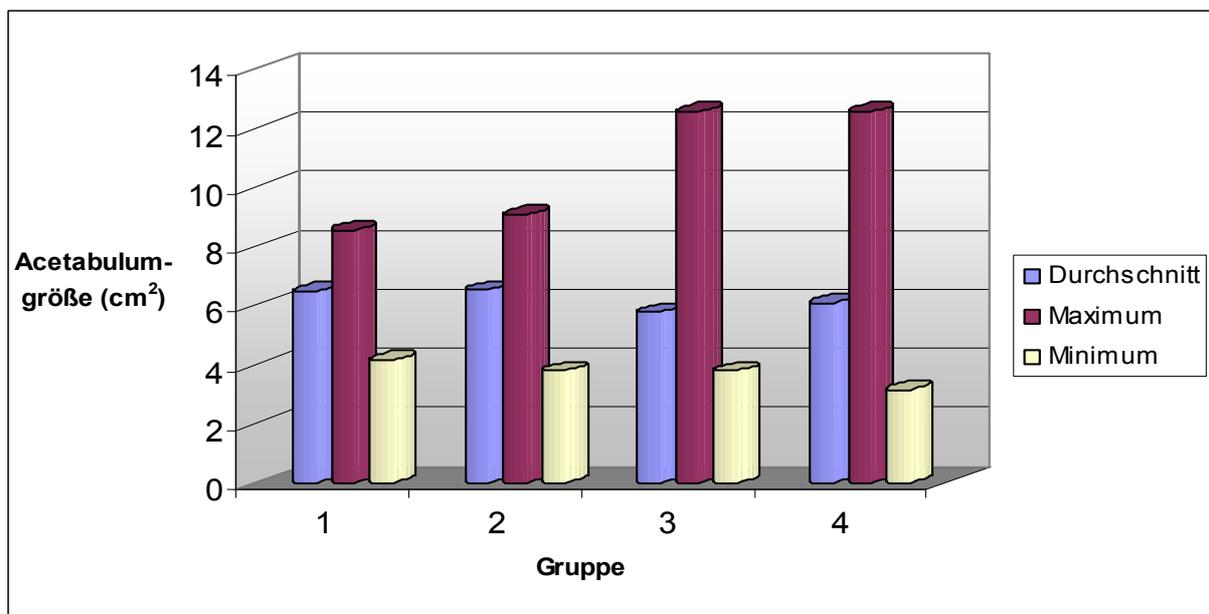


Abbildung 31:

Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Acetabulumgröße in Position I.

4.3.2 Die Acetabulumgröße in Position II

Minimal- und Maximalwerte lassen sich Abb. 32 entnehmen. Wie bei den anderen Größen gibt es auch hier erhebliche Schwankungen.

Der Durchschnitt lag bei den Hunden aus Gruppe 1 bei $6,66 \pm 0,97 \text{ cm}^2$ und bei $6,92 \pm 0,74 \text{ cm}^2$ bei den Tieren aus Gruppe 2. Schäferhunde die eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form besitzen haben somit ein signifikant ($p = 0,054$) kleineres Acetabulum als DSH mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen. Die Hunde aus Gruppe 3 hatten eine durchschnittliche Acetabulumgröße von $6,35 \pm 1,85 \text{ cm}^2$ in Position II. Die Hunde aus Gruppe 4 lagen bei durchschnittlich $6,54 \pm 1,68 \text{ cm}^2$. Die Werte von Gruppe 3 und 4 weichen nicht signifikant voneinander ab.

Abbildung 33 gibt eine Übersicht über die durchschnittliche Acetabulumgröße mit Standardabweichung in Position I und II für alle Gruppen.

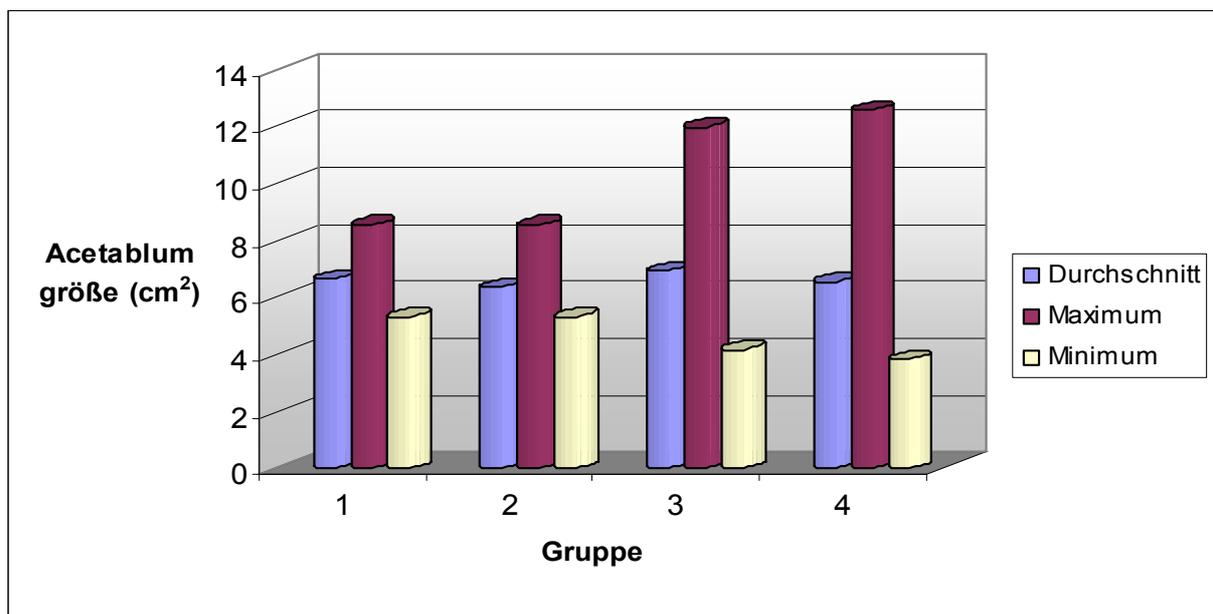


Abbildung 32:

Minimal-, Maximal- und Durchschnittswerte der Acetabulumgröße in Position II

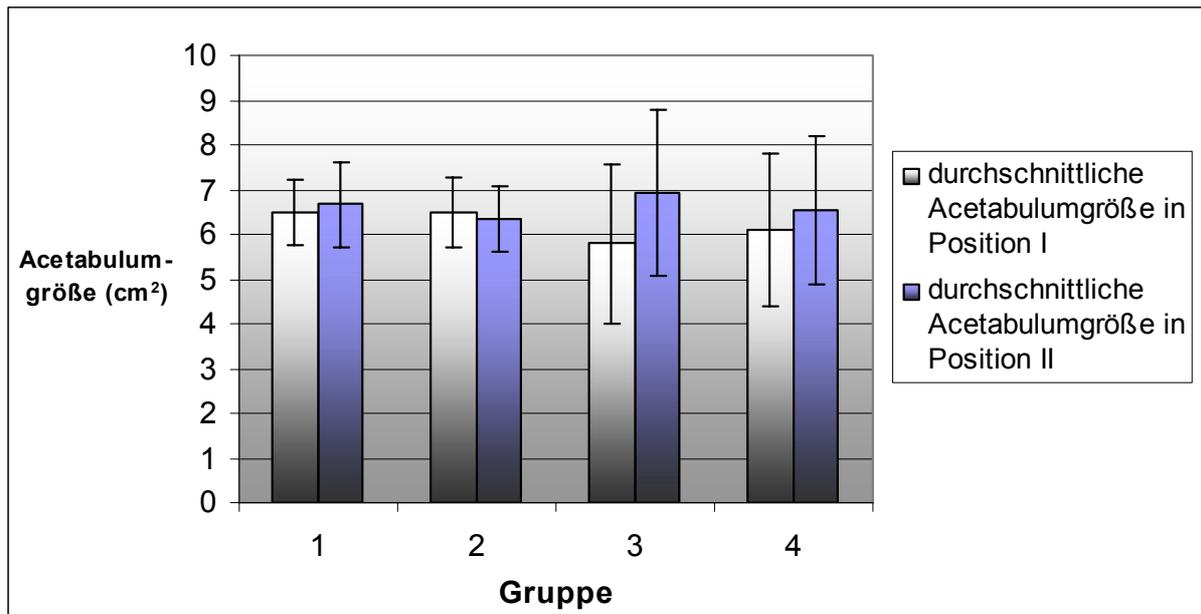
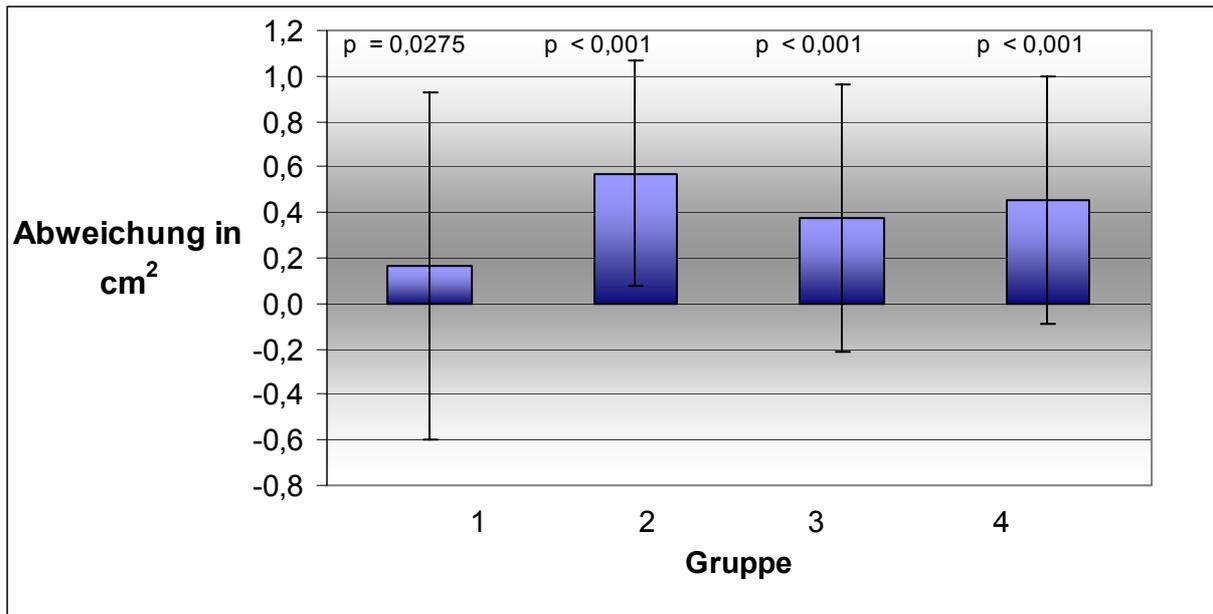


Abbildung 33:

Durchschnittliche Acetabulumgröße in Position I und II mit Standardabweichung.

Die Abweichungen der Acetabulumgröße in Position I sind hochsignifikant ($p = 0,0006$) zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 und ggr. signifikant ($p = 0,0347$) zwischen Gruppe 2 und 4. In Position II verhalten sich die Unterschiede der Acetabulumgröße zwischen Gruppe 1 und 3, sowie Gruppe 2 und 4 nicht signifikant.

Die Unterschiede der Acetabulumgröße innerhalb einer Gruppe zwischen Position I und Position II sind hochsignifikant ($p < 0,001$) bei den Hunden der übrigen Rassen sowie bei allen Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen. Bei Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form sind die Abweichungen nur ggr. signifikant ($p = 0,0275$). Eine Übersicht über die durchschnittliche Abweichung der Acetabulumgröße zwischen Position I und Position II, mit Standardabweichung gibt Abb. 34.

**Abbildung 34:**

Durchschnittlicher Unterschied der Acetabulumgröße zwischen Position I und Position II in cm^2 mit Angabe der Standardabweichung.

4.4 Vergleich der Messergebnisse von Femurkopf- und Acetabulumgröße

4.4.1 Vergleich der Messergebnisse zwischen Hunden mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form und „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen

Der Unterschied zwischen der Femurkopfgröße in Position I beim DSH mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Schäferhunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen ist ggr. signifikant ($p = 0,037$). Ebenso ist auch der Unterschied zwischen der Acetabulumgröße in Position II beim DSH ggr. signifikant ($p = 0,054$).

Die Femurkopfgrößen in Position II sowie die Acetabulumgrößen in Position I weisen beim DSH keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Schäferhunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen auf.

Kein signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen, sowohl bezogen auf die Femurkopfgröße, als auch auf die Acetabulumgröße in Position I und II, besteht bei den Hunden aus Gruppe 3 und 4.

4.4.2 Verhältnisse von Femurkopf- zu Acetabulumgröße

Tabelle 3 zeigt das Verhältnis von Femurkopfgröße zu Acetabulumgröße in den einzelnen Gruppen in Position I und II.

Tabelle 3: Übersicht über die Verhältnisse von Femurkopf- zu Acetabulumgröße in den einzelnen Gruppen

Gruppe	1	2	3	4
Position I	1 : 1,40	1 : 1,35	1 : 1,30	1 : 1,27
Position II	1 : 1,20	1 : 1,22	1 : 1,21	1 : 1,21

4.5 Der Distraktionsindex

Eine Übersicht über den durchschnittlichen Distraktionsindex der einzelnen Gruppen gibt Tabelle 4.

Tabelle 4: Übersicht über den durchschnittlichen Distraktionsindex der Gruppen mit Standardabweichung

Gruppe	1	2	3	4
Distraktionsindex	0,37 ± 0,13	0,38 ± 0,21	0,32 ± 0,13	0,37 ± 0,21

Sowohl die Unterschiede zwischen dem durchschnittlichen Distraktionsindex des Deutschen Schäferhundes zu dem durchschnittlichen Distraktionsindex der übrigen Rassen (Gruppe 1 zu Gruppe 3 und Gruppe 2 zu Gruppe 4), als innerhalb der Rassegruppen zwischen den Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen (Gruppe 1 zu Gruppe 2 und Gruppe 3 zu Gruppe 4) sind nicht signifikant.

4.6 Der Antetorsionswinkel

Der durchschnittliche Antetorsionswinkel beträgt beim DSH etwa 29°, die übrigen Rassen weisen mit einem durchschnittlichen Winkel von etwa 35° eine signifikant ($p < 0,001$) größere Antetorsion am proximalen Femur auf. Eine genaue Aufschlüsselung über den Antetorsionswinkel in den Gruppen gibt Tab. 5.

Tabelle 5: Übersicht über den durchschnittlichen Antetorsionswinkel der Gruppen mit Standardabweichung

Gruppe	1	2	3	4
Antetorsionswinkel in °	28,62 ± 6,68	29,31 ± 6,18	35,93 ± 5,82	35,11 ± 5,95

Der Unterschied zwischen den Hunden mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form und „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen (Gruppe 1 zu Gruppe 2 und Gruppe 3 zu Gruppe 4) ist nicht signifikant.

4.7 Ergebnisse der HD-Beurteilung

Es zeigt sich, dass in jeder Gruppe mehr als 60% der Tiere mit dem HD-Grad A oder B beurteilt worden sind; dabei sind prozentual gesehen Hunde mit besenstielartiger Femurkopf-Hals-Form häufiger mit HD-frei beurteilt worden als Hunde mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen.

Eine genaue Aufschlüsselung der Verteilung der HD-Beurteilung gibt Tab. 6.

Die Abweichungen in der Gesamtzahl der Tiere von 100% ergeben sich durch die fehlende HD-Beurteilung in insgesamt 10 Fällen.

Tabelle 6: Verteilung der HD-Grade in den einzelnen Gruppen als absolute Tieranzahl und in %

Gruppe \ HD	A	B	C	D	E	Gesamtzahl der Tiere	
						absolute Zahl	%
1	71 38,80	55 30,05	32 17,49	20 10,93	4 2,19	182	99,45
2	47 32,41	49 33,79	30 20,69	9 6,21	3 2,07	138	95,17
3	18 41,86	15 34,88	4 9,30	5 11,63	1 2,33	43	100
4	31 34,83	28 31,46	22 24,72	5 5,62	1 1,12	87	97,75

4.8 Heritabilitäten

Für die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form beim DSH ergab sich aus dem vorliegenden Datenmaterial eine Heritabilität von $h^2 = 0,28 \pm 0,13$ und nach Dempster-Lerner-Transformation von $h^2 = 0,44$.

Zieht man aus dem vorhandenen Material verschiedenen Stichproben, ergeben sich jeweils unterschiedliche Heritabilitäten, die in Tabelle 7 dargestellt sind.

Tabelle 7: Heritabilitäten für bestimmte Geburtsjahrgänge

Geburtsjahrgänge	Anzahl der Tiere	h^2
1998 – 2000	137	$0,57 \pm 0,26$
1998 – 2003	269	$0,28 \pm 0,15$
1998 - 1999	70	$0,46 \pm 0,41$
2000	112	$0,14 \pm 0,31$

4.9 Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung

Eine Übersicht über die Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung liefert Tabelle 8. Insgesamt ist die Wiederholbarkeit sehr gut, den niedrigsten Wert weist der Distraktionsindex mit 0,69 auf. Den höchsten Wert zeigt die Femurkopfgröße in Position II mit 0,93.

Tabelle 8: Wiederholbarkeit der einzelnen Parameter

Parameter	Wiederholbarkeit	
	rechts	links
Antetorsionswinkel	0,79	0,86
Distraktionsindex	0,69	0,80
Femurkopfgröße in Position I	0,81	0,70
Femurkopfgröße in Position II	0,93	0,90
Acetabulumgröße in Position I	0,80	0,69
Acetabulumgröße in Position II	0,90	0,84

Die Wiederholbarkeit der Messungen war für alle Parameter sehr hoch. In allen Fällen waren die Abweichungen zwischen den ermittelten Werten der einzelnen Messungen nicht signifikant.

5 Diskussion

5.1 Allgemeines

Ziel der vorliegenden Arbeit war es die Häufigkeit, das biomechanische Verhalten und die Genetik einer bestimmten Femurkopf-Hals-Form und dessen Einfluss auf die HD-Beurteilung festzustellen. Zum einen wurden die Größen von Femurkopf und Acetabulum errechnet und diese zwischen Hunden, welche diese besondere Femurkopf-Hals-Form zeigten und solchen die „normal“ entwickelte Femurkopf-Hals-Formen aufwiesen verglichen. Zum anderen wurde überprüft, ob Unterschiede im Antetorsionswinkel am Femurhals zwischen diesen Hunden vorhanden sind. Außerdem wurde das Maß der Lockerheit dieser Femurkopf-Hals-Form im Vergleich zu „normalen“ bestimmt.

5.2 Methodik der Untersuchung

Veränderungen anatomischer Strukturen der Hüftgelenke werden auch heutzutage noch vornehmlich mit Hilfe des konventionellen Röntgens untersucht und im Hinblick auf die HD entsprechend den Richtlinien ausgewertet, die von der wissenschaftlichen Kommission der Fédération Cynologique Internationale (FCI) aufgestellt wurden (BRASS et al., 1978). Als weiteres bildgebendes Diagnostikverfahren eignet sich die Computertomographie zur Darstellung der Hüftgelenke. Aufgrund der hohen Kosten findet diese Methode zurzeit in der Veterinärmedizin allerdings keinen Einsatz im Rahmen der Routinediagnostik (LINNMANN, 1998).

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde daher die konventionelle Radiologie angewandt. Hinzu kommt, dass diese Technik einfach verfügbar und anwendbar ist und mit einer hohen Genauigkeit die knöchernen Strukturen am Becken wiedergibt. Des Weiteren sind sowohl Methoden zur Untersuchung der Lockerheit der Femurköpfe (KLIMT, 1990; SMITH et al., 1990; KELLER, 1991; FLÜCKIGER, 1996; FRIEDRICH, 1996), wie auch zur Bestimmung der Antetorsion am proximalen Femur (SCHWALDER und STERCHI, 1981), wie sie in der vorliegenden Arbeit verwendet wurden, bisher nur für diese Technik beschrieben worden.

Die röntgenologische Untersuchung zur exakten Bestimmung des HD-Grades muss in Vollnarkose durchgeführt werden, zum einen damit für alle Hunde weitestgehend gleiche Bedingungen herrschen und eine größtmögliche Relaxation der Muskulatur

vorliegt, zum anderen weil die Eigen- oder Abwehrbewegungen des Patienten eine korrekte Lagerung entsprechend der FCI unmöglich machen können (BURK und ACKERMANN, 1991; KEALY, 1991; FLÜCKIGER, 1993).

Gleiches gilt für Stressröntgenaufnahmen und die Aufnahmen zur Bestimmung des Antetorsionswinkels. Auch hier ist eine tiefe Sedation oder Narkose notwendig, um korrekt gelagerte Aufnahmen anzufertigen; hinzukommt, dass eine passive Gelenklockerheit beim wachen Tier durch den Muskeltonus überdeckt werden kann und es somit zu Verfälschungen hinsichtlich der Beurteilung der Gelenklockerheit kommt.

Zur Herstellung der Röntgenbilder, insbesondere der Stressröntgenaufnahmen und der „faux profil“-Aufnahmen, hat sich die Durchleuchtung bei unseren Untersuchungen als sehr nützliche Methode erwiesen, um die Lagerung vor Anfertigung der Aufnahme zu kontrollieren und ggf. zu korrigieren.

5.3 Die Femurkopfgröße und die Acetabulumgröße

Es hat sich gezeigt, dass knapp 56 % der in dieser Untersuchung mit einbezogenen DSH eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form zeigten; demgegenüber ist dies bei Hunden anderer Rassen bei nur etwa 33 % der Fall. Damit tritt diese besondere Femurkopf-Hals-Form signifikant häufiger beim DSH als bei anderen Rassen auf.

Referenzangaben über die Femurkopf- und Acetabulumgröße beim Schäferhund finden sich bisher nicht in der Literatur, weshalb kein Vergleich gezogen werden kann, ob die im Rahmen dieser Studie berechneten Femurkopf- resp. Acetabulumgrößen dem Durchschnitt der Schäferhunde entsprechen. Aufgrund der relativ hohen Tierzahl kann aber davon ausgegangen werden, dass andere Untersuchungen wohl nur ggr. Abweichungen von den hier berechneten Größen in der deutschen Schäferhundpopulation ergeben werden.

Die Abweichungen der Femurkopfgröße beim DSH zwischen Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und Hunden mit „normalen“ Formen in Position I sind nur von geringer Signifikanz ($p = 0,037$). Dabei sind besenstielartige Femurköpfe mit einer Größe von $4,61 \pm 0,58 \text{ cm}^2$ kleiner (durchschnittliche Femurkopfgröße „normaler“ Femurköpfe beim DSH: $4,79 \pm 0,64 \text{ cm}^2$). Die Acetabulumgröße weicht beim DSH mit einer besenstielartigen Form nicht signifikant

von den Größen beim DSH mit „normalen“ Formen ab. Bei den übrigen Rassen ließ sich kein signifikanter Größenunterschied der Femurköpfe oder der Acetabula zwischen den Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form zu den Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen feststellen.

Diese Ergebnisse spiegeln sich ebenfalls im Verhältnis von Femurkopf zu Acetabulum in Position I wieder. Bei den Schäferhunden mit der besonderen Form beträgt die Fläche des Femurkopfes 71 % der des Acetabulums, bei Schäferhunden mit „normalen“ Formen beträgt sie 74% .

Die Femurkopfgrößen in Position II wichen zwischen den Gruppen nicht signifikant voneinander ab. Anderes verhält sich die durchschnittliche Acetabulumgröße; hier zeigt sich ein signifikanter ($p = 0,054$) Unterschied zwischen Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und Schäferhunden mit „normalen“ Formen. Die Schäferhunde mit dieser besonderen Femurkopf-Hals-Form waren mit einer durchschnittlichen Acetabulumgröße von $6,66 \pm 0,97 \text{ cm}^2$ signifikant ($p = 0,054$) kleiner als Schäferhunde mit normalen Femurkopf-Hals-Formen ($6,92 \pm 0,74 \text{ cm}^2$). Die übrigen Rassen wiesen auch hier keine signifikanten Abweichungen im Hinblick auf die Femurkopf- und Acetabulumgröße auf.

Betrachtet man das Verhältnis von Femurkopf zu Acetabulum in Position II, zeigt sich, dass es bei Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form mit 1 : 1,20 geringer ist, als bei Schäferhunden mit „normalen“ Formen, bei welchen es bei 1 : 1,22 liegt.

Bei allen Gruppen nahmen Femurkopf- und Acetabulumgröße signifikant zwischen den Aufnahmen in Position I und den Aufnahmen in Position II zu.

Der signifikante Unterschied der Acetabulumgröße bei Schäferhunden mit und ohne eine besenstielartige Femurkopf-Hals-Form könnte als Beleg für LOEFFLER's (1990) Hypothese verstanden werden, dass der kleinere Femurkopf nur einen ungenügenden formativen Reiz auf das Acetabulum ausübt und dieses dadurch bedingt kleiner bleibt. Gegen diese Theorie spricht allerdings zum einen die Tatsache, dass bei den Hunden der Gruppe 3 und 4 kein signifikanter Größenunterschied der Gelenkpfanne beobachtet werden konnte, zum anderen die Tatsache, dass die Gelenkpfannen zwar eine geringere Fläche aufwiesen aber nicht

unbedingt flacher waren. Im Rahmen der Beurteilung des HD-Status wurden diese Gelenke keineswegs schlechter beurteilt.

Die Größenzunahme des Acetabulums zwischen Position I und Position II ist durch die andere Projektion desselben bedingt, da die Hüftgelenkspfanne in ihrer Form keine ideale Halbkugel darstellt und so in unterschiedlichen Projektionen unterschiedlich groß erscheinen kann. Angepasst an die Form des Acetabulums stellt auch der Femurkopf keine ideale Kugel dar, sondern weicht mehr oder weniger von einer Kugelform ab (WHITTINGTON et al., 1961; RICHTER und LOEFFLER, 1976; RICHTER, 1977; SCHNEIDER-HAISS und LOEFFLER, 1987; LOEFFLER, 1990a; LINNMANN, 1998; NOLL, 1998). RICHTER (1977), LINNMANN (1998) und NOLL (1998) sprechen beim Schäferhund von einem nahezu halbkugelförmigen Femurkopf. Eine gleichmäßige Halbkugel stellt sich aber bei senkrechter Zentralprojektion, wenn man sie zu einem Kreis vervollständigt, immer mit konstant derselben Größe dar. Da sich die Größen der Femurköpfe bei den untersuchten Tieren in den verschiedenen Positionen signifikant voneinander unterscheiden, kann daraus gefolgert werden, dass die Femurkopfform von einer Halbkugelform abweicht. Auffällig ist, dass das Verhältnis zwischen Femurkopf und Acetabulum zwischen Position I und II bei allen Gruppen kleiner wird. Es liegt in Position I zwischen 1: 1,27 und 1: 1,4 und in Position II zwischen 1: 1,20 und 1: 1,22. Dies erklärt sich dadurch, dass die Femurkopfgröße zwischen Position I und II, mit Werten zwischen 0,64 und 0,92 mehr zunimmt (Abb. 27), als die Acetabulumgröße mit Werten zwischen 0,17 und 0,57 (Abb. 31). Die unterschiedlich starke Größenzunahme zwischen Femurkopf und Acetabulum könnte ebenfalls durch die Form von Femurkopf und Acetabulum bedingt sein. Im Vergleich betrachtet würde das Acetabulum durch die andere Projektion und Lagerung weniger stark abweichend von seiner Abbildung in Position I dargestellt werden, wohingegen der Femurkopf mit einer erheblich andere Form abgebildet wird.

5.4 Der Antetorsionswinkel

SCHAWALDER und STERCHI (1981) legten ein Normbereich für den Antetorsionswinkel beim DSH fest, welcher zwischen 24° und 36° liegt, wobei der durchschnittliche Antetorsionswinkel beim DSH $30,1^{\circ} \pm 6^{\circ}$ beträgt. HAUPTMANN et al. (1985) ermittelten radiologisch einen AT für den DSH, der zwischen $14,5^{\circ} \pm 1,3^{\circ}$

und $15,4^\circ \pm 0,8^\circ$ liegt. Am präparierten Knochen maßen HAUPTMANN et al. (1985) eine AT für den DSH von $10,2 \pm 1,0^\circ$ bis $13,4 \pm 0,5^\circ$.

Im Rahmen dieser Doktorarbeit wurde für den DSH eine AT von $28,62^\circ \pm 6,68^\circ$ für Schäferhunde mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und ein AT von $29,31^\circ \pm 6,18^\circ$ für Schäferhunde mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen errechnet. Diese Werte liegen ggr. unterhalb der von SCHAWALDER und STERCHI (1981) errechneten Antetorsion am proximalen Femur. Die Abweichungen zu den Ergebnissen von SCHAWALDER und STERCHI (1981) sind nicht signifikant.

Die erhebliche Abweichung sowohl der Ergebnisse dieser Studie, wie auch der von SCHAWALDER und STERCHI (1981) von den Werten von HAUPTMANN et al. (1985) könnte dadurch zu erklären sein, dass HAUPTMANN et al. (1985) den AT nicht berechnet, sondern ihn zum einen mit Hilfe von transversalen Röntgenbilder direkt radiologisch dargestellt haben, sowie zum anderen am präparierten Knochen direkt gemessen haben. HAUPTMANN et al. (1985) selbst erklären die Abweichung Ihrer Ergebnisse zu den Ergebnissen anderer Studien mit Unterschieden in der Technik der Messung, Rasseunterschieden sowie „interobserver variations“. Hierzu lässt sich sagen, dass nach SCHAWALDER und STERCHI (1981) die Abweichung in den Resultaten zwischen dem berechneten und dem am mazerierten Knochen direkt bestimmten AT im Durchschnitt nur um die $1,4^\circ$ betragen. Die Abweichungen bei den direkt radiologisch bestimmten AT zu den anhand von Röntgenbildern berechneten AT erklären SCHAWALDER und STERCHI (1981) mit der Technik der radiologischen Darstellung im Vergleich zur Berechnung des AT. Rasseunterschiede als Ursache für die Abweichungen der Ergebnisse können als Grund nahezu ausgeschlossen werden, da sowohl im Rahmen dieser Studie (199 DSH bei insg. 331 Hunden), als auch bei HAUPTMANN et al. (1985) hauptsächlich Schäferhunde (53 DSH bei insg. 75 Hund) untersucht wurden und in beiden Fällen speziell für den Schäferhund AT berechnet wurden. Auch SCHAWALDER und STERCHI (1981) untersuchten unter anderen 50 Schäferhunde und gaben für diese einen rassespezifischen AT an.

Die Differenz zwischen dem berechneten Antetorsionswinkel bei Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und „normalen“ Formen ist nicht signifikant.

Der durchschnittliche Antetorsionswinkel bei den Hunden der anderen Rassen liegt bei 35°. Bedingt durch die schon mehrfach erwähnte Heterogenität dieser beiden Gruppen ist ein direkter Vergleich des AT mit Ergebnissen anderer Untersuchungen nicht möglich, zumal Referenzwerte weitestgehend fehlen.

Es zeigt sich allerdings, dass die Durchschnittswerte in beiden Gruppen deutlich über den Werten für den Schäferhund liegen. Ob dies nun dadurch bedingt ist, dass die meisten anderen Rassen einen durchschnittlich größeren AT aufweisen oder aber ob einzelne Hunde aus diesen Gruppen einen stark vergrößerte AT besaßen, lässt sich nicht sagen und war auch nicht Ziel dieser Untersuchung (kleinster ermittelter AT dieser Gruppen: 17,53°; größter AT dieser Gruppen: 51,34°).

SCHAWALDER und STERCHI (1981) ermittelten für den BSH einen AT von 38,26°. Ihnen zufolge sollen sich ähnliche Verhältnisse beim Bernhardiner, dem Neufundländer und der Dogge finden, wohingegen der Boxer weitestgehend dem DSH entsprechen soll.

Es besteht zwischen den Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen kein signifikanter Unterschied im Antetorsionswinkel.

5.5 Bewertung

Die Vermutung, dass besenstielartige Kopf-Hals-Formen des Femur auf Aufnahmen in Position I kleiner sind als „normal“ aussehende Köpfe hat sich für den deutschen Schäferhund bestätigt.

Ebenso hat sich bestätigt, dass dieser Größenunterschied auf den Aufnahmen in Position II nicht mehr nachvollziehbar ist.

Die Vermutung, dass eine Abweichung der Antetorsion am proximalen Femur Ursache für die Unterschiede in der Größe von Femurkopf und Acetabulum sein könnte, hat sich nicht bestätigt. Die Differenz zwischen dem berechneten Antetorsionswinkel bei Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und „normalen“ Formen ist nicht signifikant.

So bleibt als mögliche Erklärung nur die These, dass bei diesen Hunden die Femurköpfe ihrerseits im dreidimensionalen Raum gesehen eine besondere Form aufweisen, die sich je nach Röntgendarstellung in den verschiedenen Positionen in einer entsprechend unterschiedlichen Größe widerspiegelt, ähnlich den Verhältnissen bei anderen Hunderassen.

Ein weiterer Punkt der kritisch betrachtet werden muss, ist die Tatsache, dass es sich nur um einen ggr. signifikanten Größenunterschied handelt. Es stellt sich die Frage, ob diese Ergebnisse in anderen Studien bestätigt werden können, oder ob sie sich bei höheren Tierzahlen relativieren. Mit 199 deutschen Schäferhunden und damit von 398 Hüftgelenken ist in dieser Studie eine vergleichsweise große Population untersucht worden, im Gegensatz zu SCHAWALDER und STERCHI (1980) die 100 DSH-Femora untersuchten oder GAMBOA HUAMÁN (1997) die Ihre Untersuchung an Röntgenbildern von 78 Rhodesian Ridgebacks, 53 Sibirian Huskys und 49 Golden Retrievern durchführte. Messfehler sind als Ursache unwahrscheinlich, denn die Wiederholbarkeit ($W = 0,69 - 0,93$) war für die Femurkopf- und die Acetabulumgröße besonders hoch.

Wodurch der signifikante Größenunterschied im Bezug auf die Acetabulumgröße in Position II zustande kommt, ist nicht vollständig klar. Möglich wäre auch hier eine spezielle Formvariante im Bereich des Beckens von Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form. Diese führt dazu, dass das Acetabulum dieser Schäferhunde, analog zu ihren Femurköpfen, in Zusammenhang mit einer anderen Kippung des Beckens in Position II im Vgl. zu Position I zu einer vergrößerten Darstellung des Acetabulums, entsprechend der größeren Darstellung des Femurkopfes, führt. Eine weitere Möglichkeit stellen Lagerungsfehler, wie z.B. eine stark vermehrte oder verminderte Verkippung des Beckens, dar, wobei sich die Frage stellt, warum diese Lagerungsfehler nur bei der Gruppe der Schäferhunde und nicht bei den übrigen Rassen auftreten.

In der Dissertation von GAMBOA HUAMÁN (1997) finden sich Angaben über die Radien von Oberschenkelkopf und Acetabulum bei Rhodesian Ridgeback, Husky und Golden Retriever. Berechnet man hieraus die Größe des Femurkopfes ergibt sich eine durchschnittliche Femurkopfgöße von $5,79 \text{ cm}^2$ für den Rhodesian Ridgeback, von $4,23 \text{ cm}^2$ für den Husky und für den Golden Retriever von $4,08 \text{ cm}^2$. Für das Acetabulum errechnete GAMBOA HUAMÁN (1997) eine Größe von $7,36 \text{ cm}^2$ für den Rhodesian Ridgeback, für den Husky liegt sie bei $5,31 \text{ cm}^2$ und für den Golden Retriever ergibt sich eine durchschnittliche Acetabulumgröße von $5,07 \text{ cm}^2$. Diese Werte liegen innerhalb der Grenzen der in dieser Studie ermittelten Femurkopf- bzw. Acetabulumgrößen für die übrigen Rassen. Sie verdeutlichen zudem die Ursache für die hohen Standardabweichungen in Gruppe 3 und 4. Durch

die Vielzahl an Rassen von sehr unterschiedlicher Größe (Dogge bis Pudel), die in diesen Gruppen vertreten sind, ergeben sich starke Unterschiede in den Größen der Femurköpfe und Acetabula (Schwankungen der Femurkopfgröße in Gruppe 3 + 4 in Position I: 2,84 cm² bis 9,08 cm²; Schwankungen der Acetabulumgröße dieser Gruppen in Position I: 3,14 cm² bis 12,57 cm²).

5.6 Der Distraaktionsindex (DI)

SMITH et al. (1990), KAPATKIN et al. (2002) und FRIEDRICH (1996) gaben an das ein Gelenk bei einem DI resp. SI < 0,3 als fest zu beurteilen ist. Dabei gaben SMITH et al. (1990) und KAPATKIN et al. (2002) für den DSH einen DI von 0,38 an, womit der deutsche Schäferhund rassespezifisch ein lockeres Hüftgelenk aufweist.

Unterschiede in der verwendeten Methode der Stressröntgentechnik scheinen im vorliegenden Fall keine Bedeutung zu haben. Die von uns berechneten Indices bestätigen die von SMITH et al. (1990) und KAPATKIN et al. (2002) für den DSH angegebenen Werte. Für DSH mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form ergab sich ein durchschnittlicher DI von $0,37 \pm 0,13$ und für „normale“ Femurkopf-Hals-Formen lag der DI bei $0,38 \pm 0,21$. Damit verhalten sich besenstielartige Femurköpfe nicht signifikant lockerer als „normale“ Femurköpfe.

Damit konnte die anfangs geäußerte Vermutung, dass besenstielartige Femurköpfe loser im Acetabulum sitzen als „normal“ entwickelte, nicht bestätigt werden. Die Werte für Gruppe 3 (DI = $0,32 \pm 0,13$) und 4 (DI = $0,37 \pm 0,21$) sind zudem kritisch zu hinterfragen, da sie ein Mittel aus dem errechneten Distraaktionsindizes von 37 Rassen darstellen. Dieser Durchschnittswert ist dadurch bedingt, dass einzelne Tiere eine besonderes hohen DI aufwiesen (höchster DI dieser beiden Gruppen: 1,81) und andere einen sehr geringen (niedrigster DI dieser Gruppen: 0,07), so dass sich dieser Mittelwert ergeben hat.

5.7 HD-Beurteilung

Es zeigt sich, dass in allen Gruppen mehr als 60% der Hunde als HD-frei bzw. Übergangsform eingestuft worden sind. Mit Ausnahme der Gruppe 3 die mit 9,3% einen deutlich geringeren Anteil aufweist, wurden jeweils 20% der Tiere mit leichter HD beurteilt. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Angaben aus dem Jahresbericht der SV-HG für das Jahr 2003 und 2004, zeigt sich, dass die Verteilung

der HD beim deutschen Schäferhund in den offiziellen Statistiken noch deutlicher zugunsten normaler und fast normaler Hüftgelenke geht. Der SV gibt an, dass sowohl im Jahr 2003, als auch im Jahr 2004 mehr als 60% der bewerteten Hunde mit normal und mehr als 25 % mit fast normal bewertet wurden. Dementsprechend fielen auch weniger Tiere in die Gruppe leichte HD (ca. 6%), mittlere HD (ca. 2%) und schwere HD (weniger als 1%).

Diese deutlichen Abweichungen der HD-Befunde des SV zu den Befunden dieser Studie könnten dadurch erklärt werden, dass es sich bei den Schäferhunden, die im Rahmen dieser Dissertation untersucht wurden um eine nicht selektierten Gruppe von Schäferhunden handelt. Hunde, die einen für den Besitzer unbefriedigenden HD-Status haben, werden häufig nicht offiziell ausgewertet und stehen somit dem SV für seine Statistiken nicht zur Verfügung.

Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Hunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen. Die Vermutung, dass Hunde mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form aufgrund eines vermeintlich kleineren Femurkopfes, der tiefer im Acetabulum liegt und somit zu einem besseren Norbergwinkel und insgesamt einer besseren Beurteilung führt, konnte nicht bestätigt werden. Es scheint so, als ob die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form keinen Einfluss auf die HD - Beurteilung hat. Dies widerspricht einer von LOEFFLER (1990) geäußerten Theorie, nach der ein zu kleiner oder nicht runder Femurkopf zu einer Abflachung des craniolateralen Pfannenrandes und damit zu einer vermehrten oder stärkeren Ausbildung von HD führt.

In Anbetracht der Tatsache, dass keine vermehrte Lockerheit festgestellt werden konnte, ist anzunehmen, dass es sich bei der besenstielartige Femurkopf-Hals-Form auch nicht um eine Form einer maskierten HD handelt.

5.8 Heritabilität

Untersucht wurde die Heritabilität der besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form. Vergleichswerte sind in der Literatur nicht zu finden. Die Heritabilität für die HD wird in der Literatur zwischen 0 und 0,7 (HENRICSON et al., 1966; LEIGHTON et al., 1977; WILLIS, 1991) angegeben. Dabei gibt LANTING (1981) für die HD beim deutschen Schäferhund eine Heritabilität von 0,2 – 0,3 an.

Die in dieser Untersuchung berechnete Heritabilität für die besenstielartige Femurkopf-Hals-Form lag bei 0,44. Allerdings zeigten sich erhebliche Schwankungen dieser Werte in Abhängigkeit von der Stichprobe, die aus dem vorliegenden Datenmaterial gezogen wurde. Diese Schwankungen ergeben sich dadurch, dass die Anzahl an Tieren, die im Rahmen dieser Dissertation untersucht wurden, für Heritabilitätsschätzungen zu gering ist. Je nach Jahrgang lag sie bei 0,14 bis 0,57. Möchte man einen relativ genauen Wert für die Heritabilität der besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form berechnen, müssen also weitere Tiere untersucht werden. Ergibt diese Studie auch keinen genauen Wert für die Heritabilität, so lässt sie aber den Schluss zu, dass eine genetische Basis für diese Femurkopf-Hals-Form vorliegt.

6 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, eine besondere Femurkopf-Hals-Form beim DSH auf ihre Häufigkeit und ihre Ursache hin zu untersuchen. Außerdem wurde überprüft, ob und welchen Einfluss sie auf die HD-Beurteilung nimmt und ob eine genetische Basis für ihr Auftreten vorliegt.

Gleichzeitig liefert die Arbeit Referenzwerte für die Femurkopf- und die Acetabulumgröße beim deutschen Schäferhund auf Röntgenaufnahmen in Position I und II.

Ausgewertet wurden Röntgenbilder von insgesamt 331 Hunden; davon handelte es sich bei 199 Hunden um Tiere der Rasse Deutscher Schäferhund. Eine Vorselektion wurde nicht durchgeführt. Die Hunde wurden in insgesamt 4 Gruppen eingeteilt: Hunde der Rasse DSH mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form (Gruppe 1), Hunde der Rasse DSH mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen (Gruppe 2), Hunde anderer Rassen mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form (Gruppe 3) und Hunde anderer Rassen mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen (Gruppe 4).

Es wurde bei allen Hunden die Femurkopf- und Acetabulumgröße bestimmt. Dabei wurde jeweils für jeden Femurkopf und jedes Acetabulum ein Kreis, der annäherungsweise ihrer Größe entspricht, bestimmt, und die Fläche berechnet. Bei 294 Hunden (davon 180 DSH) wurde der Distraktionsindex jeweils für das rechte und linke Hüftgelenk bestimmt. An 333 Gelenken (190 vom DSH) konnte der Antetorsionswinkel berechnet werden.

Die Untersuchungen dieser Studie haben gezeigt, dass die durchschnittliche Femurkopfgröße in Position I in Gruppe 1 bei $4,61 \pm 0,58 \text{ cm}^2$ lag, in Gruppe 2 lag sie bei $4,75 \pm 0,64 \text{ cm}^2$ auf. In Position II war die durchschnittliche Femurkopfgröße in Gruppe 1 $5,54 \pm 0,88 \text{ cm}^2$ und in Gruppe 2 war sie $5,68 \pm 0,63 \text{ cm}^2$.

Die durchschnittliche Acetabulumgröße in Position I lag für die Hunde der Gruppe 1 bei $6,48 \pm 0,72 \text{ cm}^2$, für die Hunde der Gruppe 2 lag sie bei $6,51 \pm 0,78 \text{ cm}^2$.

In Position II lag die durchschnittliche Acetabulumgröße für Gruppe 1 bei $6,66 \pm 0,97 \text{ cm}^2$ und in Gruppe 2 bei $6,92 \pm 0,74 \text{ cm}^2$.

Sowohl Femurkopfgröße als auch Acetabulumgröße wurden ebenfalls bei den Hunden der übrigen Rassen bestimmt. Da es sich aber um eine sehr heterogene Gruppe handelt, können die hier ermittelten Werte keine Referenzwerte für weitere Untersuchungen darstellen.

Soweit dem Autor bekannt, gibt es bisher keine Untersuchungen über die Größe von Femurkopf oder Acetabulum beim Schäferhund.

Es hat sich gezeigt, dass der Femurkopf bei den Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form im Vergleich zu Schäferhunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen in Position I signifikant kleiner ist. Da kein signifikanter Unterschied zwischen den Antetorsionswinkeln dieser beiden Gruppen festgestellt wurde, muss davon ausgegangen werden, dass hier eine Femurkopfform vorliegt, die von der Form bei anderen Schäferhunden abweicht. Es konnte auch die Vermutung bestätigt werden, dass die Größenunterschiede in Position II nicht mehr signifikant sind, sondern sich hier in beiden Gruppen die Femurköpfe von vergleichbarer Größe darstellen.

Widerlegt wurden Aussagen von RICHTER (1977) und NOLL (1998), die beim Schäferhund von einem nahezu halbkugelförmig Femurkopf sprechen, weil in beiden Gruppen eine deutliche Zunahme der Femurkopfgröße zwischen Position I und Position II zu verzeichnen ist.

Neben der Verifizierung unserer Vermutung im Hinblick auf die Femurkopfgröße haben die Untersuchungen gezeigt, dass auch das Acetabulum in Position II bei Schäferhunden mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form und den Hunden mit „normalen“ Femurkopf-Hals-Formen einen signifikanten Größenunterschied aufweist. Die Ursachen hierfür sind nicht ganz klar. Die Vermutung, dass, angepasst an die besondere Femurkopf-Hals-Form, auch eine besondere Acetabulumform vorliegt, liegt nahe.

Nicht bestätigt hat sich die Theorie, dass sich besenstielartige Femurköpfe lockerer verhalten als „normale“ Femurköpfe. Der Distraktionsindex wich in beiden Gruppen nicht signifikant voneinander ab. Er lag in Gruppe 1 bei $0,37 \pm 0,13$ und in Gruppe 2 bei $0,38 \pm 0,21$.

Ebenfalls nicht bestätigt hat sich die Vermutung, dass Hunde mit einer besenstielartigen Femurkopf-Hals-Form im Durchschnitt eine bessere HD-Beurteilung erhalten, da die kleineren Femurköpfe tiefer in der Pfanne sitzen als „normal“ entwickelte Femurköpfe und dadurch bedingt u. a. der Norbergwinkel größer ist.

Zuletzt konnte noch gezeigt werden, dass für diese besondere Femurkopf-Hals-Form eine genetische Basis vorliegt. Bedingt durch die zu geringe Tierzahl ist es allerdings nicht möglich gewesen, einen exakten Wert für die Heritabilität anzugeben.

Weitere Forschungen sind notwendig, um auch für weitere Rassen Referenzwerte zu erhalten. Computertomographische Untersuchungen ermöglichen eine räumliche Darstellung von Femurkopf und Acetabulum und können damit dazu beitragen, die genaue Anatomie in diesem Bereich zu verstehen.

6 Summary

The aim of this study was to evaluate the incidence and the cause of a special formation of the femoral head and neck (“broomstick-like”) of German Shepherd Dogs (GSD). Furthermore, the influence of this special formation of the femoral head and neck on the hip score and the existence of a genetic basis for its appearance has been evaluated.

References to the size of the femoral head and the acetabulum of GSD has been determined on radiographs of the pelvis with the dogs in dorsal recumbency with extended hind legs (position I) and flexed hind legs (position II).

Examinations were carried out on the basis of x-rays of 331 dogs; 199 of them were GSD. There has been no previous selection of the included dogs. The dogs have been divided into four groups: GSD with a broomstick-like femoral head-neck formation (BFNF) (group 1), GSD with a “normal“ looking femoral head-neck formation (NFNF) (group 2), dogs of different breeds with a BFNF (group 3) and dogs of other breeds with a NFNF (group 4).

For all dogs the size of the femoral head and the acetabulum has been determined by calculating the circular area using a circle that is nearly equivalent to the size of the femoral head and the acetabulum respectively.

Additionally a distraction index for the left and the right hip joint of 294 dogs (including 180 GSD) has been calculated. For 333 hip joints (including 190 hip joints of GSD) the antetorsion angle of the femur has been estimated.

The study shows the following results:

The average size of the femoral head in position I is in group 1 at $4,61 \pm 0,58 \text{ cm}^2$ and in group 2 at $4,75 \pm 0,64 \text{ cm}^2$. In position II the average size is at $5,54 \pm 0,88 \text{ cm}^2$ in group 1 and at $5,68 \pm 0,63 \text{ cm}^2$ in group 2. The study showed an average size of the acetabulum in position I in group 1 of $6,48 \pm 0,72 \text{ cm}^2$ and in group 2 of $6,51 \pm 0,78 \text{ cm}^2$.

In position II the average size of the acetabulum in group 1 is at $6,66 \pm 0,97 \text{ cm}^2$ and in group 2 it is at $6,92 \pm 0,74 \text{ cm}^2$.

Both the size of the femoral head and the size of the acetabulum have been calculated for the other dogs as well, but due to the heterogeneity of this group these values could not be taken as references for other investigations.

It turned out that the size of the femoral head in position I of GSD with a BFNF (group 1) compared to GSD with a NFNF (group 2) is significantly smaller. Since no

significant difference in the antetorsion angles could be found it is most likely that the femoral head of these dogs (group 2) is of a special shape compared to other GSD. The conjecture that the difference in size between the femoral heads of group 1 and 2 in position II is of no significance could be confirmed, the sizes of the femoral heads in both groups are of comparable values.

Theories from RICHTER (1977) and NOLL (1998), speaking of almost semicircular femoral head of GSD, were proved to be wrong, since the size of the femoral head increases from position I to position II.

It was possible to demonstrate that not only the size of the femoral head but also the size of the acetabulum of GSD with a BFNF increases significantly in position II. The same applies for the ones with a NFNF. The reason is not completely understood. It is most likely to be due to adaptation of the acetabulum to the special shape of the femoral head.

The theory that broomstick like femoral heads behave more loose than “normal” femoral heads could not be proved. The distraction index did not differ significantly between both groups. In the group including the GSD with a BFNF it is at $0,37 \pm 0,13$ and for the ones with a NFNF it is at $0,38 \pm 0,21$.

Furthermore, it could not be proved that dogs with a BFNF get a better hip scoring, due to the fact that the smaller femoral head is situated deeper in the acetabulum which leads amongst others to a better norberg angle compared to “normal” femoral heads.

In the end it was also possible to show, that there is a genetic base for this special formation of the femoral head and neck. But due to the small number of animals included in this study it was not possible to determine an exact value for the heritability.

Further research is needed in order to get references on the size of femoral head and acetabulum for other breeds. Computertomographic examinations provide a three-dimensional view of the femoral head and the acetabulum and therefore could be helpful to understand the exact anatomic features of this region.

8 Literaturverzeichnis

BARDENS, J.W. (1972a)

Palpation for the detection of dysplasia and wedge technique for pelvic radiography.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 39, 468 – 471

BARDENS, J.W. (1972b)

Palpation for the detection of joint laxity.

In: Proc. of the Hip Dysplasia Symposium and Workshop, Orth. Found. Anim., St. Louis

BAUM, H. und ZIETSCHMANN, O. (1936)

Handbuch der Anatomie des Hundes.

Band 1, Skelett- und Muskelsystem

Paul Parey Verlag

BERGE, E. (1957)

Die angeborene Hüftgelenkdysplasie beim Hund.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 64, 509 - 513

BLOOMBERG, M. S. (1990)

Canine hip dysplasia – what's old, what's new, what's true.

Vet. Techn. 11, 303 - 309

BÖHME, R. (1976)

Genetische Untersuchungen zur Hüftgelenkdysplasie beim Deutschen Schäferhund in der DDR.

Vet. Med. Diss. Humboldt - Universität, Berlin

BRASS, W. (1989)

Hip dysplasia in dogs.

J. Small Anim. Pract. 30, 166 – 170

BRASS, W.; FREUDIGER, U.; MÜLLER, L. F.; PAATSAMA, S.; VAN DER VELDEN, N. A. und VAN DE WATERING, C. C. (1978)

Bericht der Hüftgelenksdysplasie-Kommission.

Kleintierpraxis 23, 169 - 180

BUDRAS, K. D. (1987)

Knöcherner Beckengürtel

In: BUDRAS, K. D. und FRICKE, W. (Hrsg.): Atlas der Anatomie des Hundes; Lehrbuch für Tierärzte und Studierende.

Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover

BURK, R. L. und ACKERMANN, N. (1991)

Lehrbuch und Atlas der Kleintierradiologie.

Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 282 - 286

CHALMAN, J. A. und BUTLER, H. C. (1985).

Coxofemoral joint laxity and the Ortolani sign.

J. Am. Anim. Hosp. Assoc. 21, 671 - 676

DÄMMRICH, K. und BRASS, W. (1993)

Hüftgelenksdysplasie (Dysplasia acetabuli).

In: SCHEBITZ, H.; BRASS, W., WINTZER, H.-J. (Hrsg.): Allgemeine Chirurgie für Tierärzte und Studierende, 2. Auflage.

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 118 - 120

DEBRUNNER, A. M. (1985)

Orthopädie – Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis.

2. Auflage

Verlag Hans Huber, Göttingen

DIXON, R. T. (1975)

Some experimental observations on the detection and demonstration of coxofemoral subluxation in the dog.

Aust. Vet. Pract. 5, 220 – 226

DUELAND, D. J. (1980)

Femoral torsion and its possible relationship to canine hip dysplasia.

Vet. Surg. 9, 48

FICUS, H.J. (1990)

Diagnose.

In FICUS, H. J.; LOEFFLER, K.; SCHNEIDER-HAIS, M. und STUR, I. (Hrsg.):

Hüftgelenksdysplasie bei Hunden.

Enke Verlag, Stuttgart, 11 - 15

FLÜCKIGER, M. (1993)

Die standardisierte Beurteilung von Röntgenbildern von Hunden auf Hüftgelenksdysplasie.

Kleintierpraxis 38, 693 - 702

FLÜCKIGER, M. (1996)

Die Diagnose der Hüftgelenksdysplasie beim Hund.

Unser Rassehund 5/96, 14 – 15

FLÜCKIGER, M.; LANG, J.; BINDER, H.; BUSATO, A. und BOOS, J. (1995)

Die Bekämpfung der Hüftgelenksdysplasie in der Schweiz; ein Rückblick auf die vergangenen 24 Jahre.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 137, 243 - 250

FLÜCKIGER, M. und BINDER, G.A. (1997)

Hüftgelenksdysplasie (HD) beim Hund – Eine neue Röntgentechnik zur Erkennung lockerer Hüftgelenke.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 139, 183 - 185

FLÜCKIGER, M.; FRIEDRICH, G.A. und BINDER, H. (1998)

Correlation between hip joint laxity and subsequent coxarthrosis in dogs.

Zentralblatt für Veterinärmedizin. Reihe A 45, 199 – 207

FLÜCKIGER, M.; FRIEDRICH, G.A. und BINDER, H. (1999)

A radiographic stress technique for evaluation of coxofemoral joint laxity in dogs.

Vet. Surg. 28, 1 - 9

FRIEDRICH, G.A. (1996)

Eine Stresstechnik zur radiographischen Beurteilung der Instabilität der Hüftgelenke beim Hund (Objektivierung der Ortolani Probe).

Vet. Med. Diss., Zürich

GAMBOA HUAMÁN, G.U. (1997)

Computergestützte Analyse von Röntgenbildern zur Beurteilung der Hüftgelenksdysplasie beim Golden Retriever, Sibirian Husky und Rhodesian Ridgeback

Vet. Med. Diss. Humboldt-Universität, Berlin

GROENEVELD, E. (1998)

VCE 4 User`s Guide and Reference Manual Version 1.1.

Federal Agricultural Research Center (FAL)

GUSTAFSSON, P. O.; KASSTRÖM, H.; OLSSON, S.-E. und WENNMAN, B. (1972)

Skeletal development and sexual maturation in German Shepherds, Greyhounds and their crossbreed offspring. An investigation with special reference to hip dysplasia.

Acta. Radiol., Suppl. 319, 187 - 190

HAMANN, H.; KIRCHOFF, T. und DISTL, O. (2003)

Bayesian analysis of heritability of canine hip dysplasia in German Shepherd Dogs.

J. Anim. Breeding and Genetics 120, 258 - 268

HARE, W. C. D. (1961)

The ages at which the centers of ossification appear roentgenographically in the limb bones of the dog.

Am. J. Vet. Res. 22, 825 - 835

HARTUNG, K. (1966)

Zur Hüftgelenksdysplasie.

Berliner und Münchener Tierärztl. Wochenschrift 24, 477 – 480

HAUPTMANN, M. S.; CARDINET, G. H.; MORGAN, J. P.; GUFFY, M. M. und WALLACE, L. J. (1985)

Angles of inclination and anteversion in hip dysplasia in the dog.

Am. J. Vet. Res. 46, 2033 – 2036

HEDHAMMER, A.; WU, F.; KROOK, L.; SCHRYVER, H. F.; DE LAHUNTA, A.; WHALEN, J. P.; KALLFELZ, F. A.; NUNEZ, E. A.; HINTZ, H. F.; SHEFFY, B. E. und RYAN, G. D. (1974)

Overnutrition and skeletal diseases. An experimental study in growing Great Dane Dogs.

Cornell Vet. 64, 9 - 160

HENNINGER, W. und KÖPPEL, E. (1994)

Die Bedeutung des craniolateralen Pfannenrandes für die HD-Beurteilung.

Tierärztl. Praxis 22, 278 – 285

HENRICSON, B. und OLSSON, S.-E. (1959)

Hereditary acetabular dysplasia in German Shepherd Dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 135, 207 – 210

HENRICSON, B.; NORBERG, I. und OLSSON, S.-E. (1965)

Hüftgelenksdysplasie beim Hund.

Nord. Vet. Med. 17, 118 – 131

HENRICSON, B.; NORBERG, I. und OLSSON, S.-E. (1966)

On the etiology and pathogenesis of hip dysplasia: a comparative review.

J. Small Anim. Pract. 7, 673 - 688

HENRY, G. A. (1992)

Radiographic development of canine hip dysplasia.

Vet. Clin. North. Am. Small Anim. Pract. 22, 559 – 578

HENRY, J. D. und PARK, R. D. (1972)

Wedge technique for demonstration of coxofemoral joint laxity in the canine.

In: Proc. Canine Hip Dysplasia Symposium and Workshop,

Orth. Found. Anim., 117 – 125

HENSCHEL, E. (1983)

Das Hüftgelenk von Hund und Katze - eine Enarthrosis?.

Tierärztl. Praxis 11, 345 – 348

JANUTTA, V. (2005)

Genetic analyses of elbow and hip dysplasia in German shepherd dogs.

Vet. Med. Diss., Hannover

KAMAN, C. H. und GOSSLING, H. R. (1967)

A breeding program to reduce hip dysplasia in German Shepherd Dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 151, 562 – 571

KAPATKIN, A. S.; FORDYCE, H. H.; MAYHEW, P. D. und SMITH, G. K. (2002)

Canine hip dysplasia: The disease and its diagnosis.

Compendium 24/7, 526 – 536

KASSTRÖM, H. (1975)

Estrogens, nutrition and hip dysplasia in the dog.

Vet. Med. Diss., Stockholm

KEALY, J. K. (1991)

Röntgendiagnostik bei Hund und Katze, 2. Auflage

Enke Verlag Stuttgart, 243 - 253

KEALY, R. D.; OLSSON, S. E.; MONTI, K. L.; LAWLER, D. F.; BIERY, D. N.;

HELMS, R. W.; LUST, G. und SMITH, G. K. (1992)

Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 201, 857 - 863

KELLER, G.G. (1991)

Stress radiography: an aid for early detection of canine hip dysplasia.

Can. Pract. 16, 5 – 14

KLIMT, U. (1990)

Zum Problem der „Lockerer Hüfte“ beim Hund. Röntgenuntersuchung zur lagerungsbedingten Verschieblichkeit des Femurkopfes bei der Diagnostik der HD.

Vet. Med. Diss., Giessen

KÖPPEL, E. (1986)

Entwicklungsformen des Hüftgelenkes und Ihre Bedeutung für die Beurteilung auf Hüftgelenksdysplasie.

31. Jahrestagung der DVG - Fachgruppe Kleintierkrankheiten, Stuttgart – Fellbach, 75 - 83

KÖPPEL, E. (1989)

Die Entwicklung des Acetabulums – Eine Möglichkeit der Frühdiagnostik der HD?

Der praktische Tierarzt 70 (12), 31

KÖPPEL, E. (1990)

Die Hüftgelenkdysplasie des Hundes. Aufnahmetechnik, Bildanlage, Management.

Seminarunterlage, Wien

KÖPPEL, E. (1991)

Zur Entwicklung der Articulatio coxae und radiologischen Frühdiagnostik der Hüftgelenksdysplasie des Hundes.

Enke Verlag, Stuttgart

KÜRSTEINER, D. (1990)

Untersuchungen zur Validität der heute üblichen Kriterien bei der röntgenologischen Diagnose der Hüftgelenksdysplasie des Hundes.

Vet. Med. Diss., Zürich

LANTING, F. (1981)

Canine hip dysplasia and other orthopedic problems.

Alpine Publications, Inc. South Garfield, Loveland, Colorado

LEIGHTON, E. A. (1997)

Genetics of canine hip dysplasia.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 1474 – 1479

LEIGHTON, E. A.; LINN, J. M.; WILLHAM, R. L. und CASTLEBERRY, M. W. (1977)

A genetic study of canine hip dysplasia.

Am. J. Vet. Res. 38, 241 – 244

LEPPÄNEN, M.; MÄKI, K.; JUGA, J. und SALONIEMI, H. (2000)

Estimation of heritability for hip dysplasia in German Shepherd Dogs in Finland.

J. Anim. Breeding and Genetics 117, 97 - 103

LESQUENE, M. und DJIAN, A. (1961)

Les nouvelle incidences radiographique pour l'étude de la hanche.

Vie méd. 42, 1629 – 1641

LESQUENE, M. und DE SÈZE, S. (1961)

Le faux profil du bassin. Nouvelle incidence radiographique pour l'étude de la hanche. Son utilité dans les dysplasies et les différentes coxopathies.

Rev. Rhum. 28, 643 – 652

LINNMANN, S. M. (1998)

Die Hüftgelenkdysplasie des Hundes.

Verlag Paul Parey, Berlin

LOEFFLER, K. (1964)

Gelenkanomalien als Problem der Hundezucht.

Tierärztl. Wschr. 71, 291 - 297

LOEFFLER, K. (1979)

Hüftgelenkdysplasie beim Hund

Tierärztl. Praxis 7, 229 - 238

LOEFFLER, K. (1980)

Die Beurteilung der Röntgenaufnahmen für die Untersuchung auf Hüftgelenksdysplasie.

In: LOEFFLER, K. (Hrsg.) Röntgenkunde für prakt. Tierärzte.

Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover, 92 - 120

LOEFFLER, K. (1990)

Definition.

In FICUS, H. J.; LOEFFLER, K.; SCHNEIDER-HAIS, M. und STUR, I. (Hrsg.):

Hüftgelenksdysplasie bei Hunden.

Enke Verlag, Stuttgart, 1 - 3

LOEFFLER, K. (1990a)

Die Bedeutung der Lagerung bei der röntgenologischen HD - Beurteilung.

Waltham Report 30, Effem Hamburg, 41 – 48

LOEFFLER, K. und VOLCKART, W. (1969)

Vergleichende Messungen an Hüftgelenksaufnahmen nach Piehler und Norberg.

Kleintierpraxis 14, 107 – 109

LUST, G.; WILLIAMS, A. J.; BURTON-WURSTER, N.; PIJANOWSKI, G. K.; BECK, K. A.; RUBIN, G. und SMITH, G. K. (1993)

Joint laxity and its association with hip dysplasia in Labrador Retrievers.

Am. J. Vet. Res. 54, 1990 - 1999

MADSEN, J. S. und SVALASTOGA, E. (1991)

Effect of anaesthesia and stress on radiographic evaluation of the coxofemoral joint.

J. Small Anim. Pract. 32, 64 - 68

MADSEN, J. S. und SVALASTOGA, E. (1994)

Inklination and anteversion of collum femoris in hip dysplasia and coxarthrosis.

Acta vet. Scand. 35, 115 – 119

MADSEN, J. S. und SVALASTOGA, E. (1995)

Early diagnosis of hip dysplasia – a stress-radiographic study.

Veterinary and Comparative Orthopedics and Traumatology 8, 114 - 117

MAHRINGER, C. (1991)

Längen- und Winkelverhältnisse am proximalen Femurende des Hundes und deren biomechanische Aspekte.

Vet. Med. Diss., Hannover

MARX, I. (1975)

Beiträge zum Vorkommen und zur Genese der Missbildungen bei Hunden dargestellt am Beispiel der Hüftgelenkdysplasie, des Kryptorchismus und der Praemolarverluste beim Deutschen Wachtelhund.

Vet. Med. Diss., Leipzig

MAYRHOFER, E. (1980)

Die Skelettentwicklung des Junghundes. Entwicklungsbedingte Varianten und ihre Abgrenzung gegenüber pathologischen Prozessen im Röntgenbild.

Vet. Med. Habil., Wien

MONTAVON, P. M. (1992)

Morphometry and static biomechanical analysis of the canine hip joint: application to a colony of English Foxhounds.

Habilitationsschrift, Univ. Zürich, Schweiz

MORGAN, J. P. und STEPHENS, M. (1985)

Radiographic diagnosis and control of canine hip dysplasia.

University Press, Iowa State University

MÜLLER, L. F. und SAAR, C. (1966)

Eine Anleitung zur Röntgen-Diagnose der Hüftgelenkdysplasie.

Kleintierpraxis 11, 33 - 42

- NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; WILLE, K. H. und WILKENS, H. (1992)
Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem und Gelenklehre, Arthrologia;
In: NICKEL, R.; SCHUMMER, A. und SEIFERLE, E.: Lehrbuch der Anatomie
der Haussäugetiere. Band 1, 6. Auflage.
Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 102 – 107; 517 - 523
- NOLL, D. (1998)
Rassespezifische Merkmale an Röntgenaufnahmen von Hüftgelenken beim
Hund.
Vet. Med. Diss., Berlin
- NORBERG, I. (1964)
The hip joint.
In: Hickmann, J. (Hrsg.): Veterinary Orthopaedics.
Oliver & Boyd, Edingburgh, London, 316 -325
- OLSSON, S.-E. (1980)
Gelenkleiden bei Hunden als Folge von Entwicklungsstörungen.
In 26. Jahrestagung der Dtsch. Vet. Med. Ges., Fachgruppe
Kleintierkrankheiten, Karlsruhe 13.-15.11.1980.
Giessen: Dtsch. Vet. Med Ges., 111 – 130
- ORTOLONI, M. (1976)
The classic: Congenital hip dysplasia in the light of early and very early
diagnosis.
Clin. Ortho. Rel. Res. 119, 6
- PAATSAMA, S.; RISSANEN, P. und ROKKANEN, P. (1966)
Some aspects of hip dysplasia and coxa plana in dogs.
J. Small Anim. Pract. 7, 477 - 481
- POPOVITCH, C. A.; SMITH, G. K.; GREGOR, T. P. und SHOFER, F. S. (1995)
Comparison of susceptibility for hip dysplasia between Rottweilers and
German shepherd dogs.
J. Am. Vet. Med. Assoc. 206, 648 - 650

PRIEUR, W. D. (1980)

Coxarthrosis in the dog part I: Normal and abnormal biomechanics of the hip joint.

Vet. Surg. 9, 145 – 149

QUINLAN, T.J. (1975)

CHD.

New Zealand Veterinary Journal 23, 185 – 188

RHODES, W. M. (1961)

Positioning of the canine hips for radiography.

J. Am. Vet. Radiol. Soc. 3, 39 – 40

RICHTER, V. (1977)

Untersuchungen am Becken des Hundes unter besonderer Berücksichtigung des Hüftgelenkes und rassespezifischer Merkmale.

Vet. Med. Diss.; München

RICHTER, V. und LOEFFLER, K. (1976)

Rassespezifische Merkmale am Becken des Hundes.

Dtsch. Tierärztl. Wschr. 83, 455 – 461

RISER, W. H. (1964)

An analysis of the current status of hip dysplasia in dogs.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 144, 709 – 721

RISER, W. H. (1975)

Introduction.

Vet. Pathol. 12, 235 – 238

RISER, W. H.; COHEN, D.; LINDQVIST, S.; MANSSON, J. und CHEN, S. (1964)

Influence of early rapid growth and weight gain on hip dysplasia in the German Shepherd Dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 145, 661 - 668

RISER, W. H.; RHODES, W. H. und NEWTON, C. H. (1985)

Hip dysplasia.

In: NEWTON, C. D., NUNAMAKER, D. M. (1985): Textbook of small animal orthopedics:

J. B. Lippincott Comp., Philadelphia, 953 – 980

SCARTAZZINI, R. (1970)

A radiologic study of normal and dysplastic hip joints in six breeds of large dogs.

Acta Radiologica 319, 183 – 195

SCHAWALDER, P. und STERCHI, H.P. (1981)

Der Centrum-Collum–Diaphysenwinkel und der Antetorsionswinkel beim Hund.

Kleintierpraxis 26, 151 – 162

SCHAWALDER, P.; SPRENG, D.; DIETSCHI, E.; DOLF, G. und GAILLARD, G. (1996)

Beitrag zur Biomechanik des Hüftgelenkes mit neuen diagnostischen Aspekten im Umfeld der Hüftgelenksdysplasie.

Teil 1

Schweiz. Arch. Tierheilk. 138, 511 – 522

SCHAWALDER, P.; SPRENG, D.; DIETSCHI, E.; DOLF, G. und GAILLARD, G. (1996)

Beitrag zur Biomechanik des Hüftgelenkes mit neuen diagnostischen Aspekten im Umfeld der Hüftgelenksdysplasie.

Teil 2

Schweiz. Arch. Tierheilk. 139, 511 – 522

SCHIMKE, E. und PAATSAMA, S. (1993)

Gelenkerkrankungen, Kap. 24

In: FREUDIGER, U., GRÜNBAUM, E.-G., SCHIMKE, E.: Klinik der Hundekrankheiten, 2. überarbeitete Auflage.

Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart; 790 - 828

SCHLAAF, S. (1968)

Die Hüftgelenksdysplasie des Hundes.

Mh. Vet. Med. 23, 902 - 905

SCHNEIDER-HAISS, M. und LOEFFLER, K. (1987)

Die Bedeutung der Röntgenaufnahme mit gebeugten Hintergliedmaßen bei der Untersuchung auf Hüftgelenksdysplasie des Hundes.

Kleintierpraxis 32, 359 – 362

SCHNELLE, G. B. (1935)

Some new diseases in the dog.

American Kennel Gazette 52, 25 - 26

SCHNELLE, G. B. (1937)

The veterinary radiologist: regional radiology of the pelvic region.

Part I North Am. Vet. 18, 53 – 57

SCHNELLE, G. B. (1954)

Congenital dysplasia of the hip (canine) and sequelae.

Proc. Am. Vet. Med. Ass., 91st Annual Meeting, Seattle, Washington, 253 – 258

SCHRAN, M. (1973)

Zur Frühdiagnose der Hüftgelenksdysplasie und ihre territoriale Verbreitung im Gebiet der DDR.

Vet. Med. Diss., Berlin

SCHREINERT, H. (1962)

Zur Pathologie des Hüftgelenkes beim Hund.

Vet. Med. Diss. Giessen

SMITH, R. N. (1964)

The pelvis of the young dog.

Vet. Rec. 76, 975 - 979

SMITH, G. K. (1997)

Advances in diagnosing canine hip dysplasia.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 210, 205 – 209

SMITH, G. K.; BIERY, D. N. und GREGOR, T. P. (1990)

New concepts of coxofemoral joint stability and the development of a clinical stressradiographic method for quantitating hip joint laxity in the dog.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 196, 59 – 70

SMITH, G. K.; GREGOR, T. P.; RHODES, W. H. und BIERY, D. N. (1993)

Coxofemoral joint laxity from distraction radiography and its contemporaneous and prospective correlation laxity, subjective score, and evidence of degenerative joint disease from conventional hip-extended radiography in dogs.

J. Am. Vet. Res. 54, 1021 – 1042

SMITH, G. K.; MAYHEW, P.D.; KAPATKIN, A. S.; MC KELVIE, P. J.; SHOFER, F. S. und THOMAS, P. G. (2001)

Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers and Rottweilers.

J. Am. Vet. Med. Assoc. 219, 1749 - 1754

SPRINKLE, T. A. und KROOK, L. (1969)

Hip dysplasia, elbow dysplasia, and "Eosinophilic panosteitis". Three clinical manifestations of hyperestrinism in the dog?

Cornell Vet. 60, 476 – 490

STUR, I. (1990)

Populationsgenetische Aspekte der Hüftgelenkdysplasie.

In FICUS, H. J.; LOEFFLER, K.; SCHNEIDER-HAIS, M. und STUR, I. (Hrsg.): Hüftgelenkdysplasie bei Hunden

Enke Verlag, Stuttgart, 46 – 47

TELLHELM, B. und BRASS, W. (1989)

HD-Röntgenaufnahmen – Qualität und Beurteilung.

Kleintierpraxis 34, 551 – 560

TELLHELM, B. und BRASS, W. (1991)

Fallbeispiel zur HD-Beurteilung – Messung des Winkels nach Norberg.

Kleintierpraxis 36, 319 - 320

TELLHELM, B. und BRASS, W. (1994)

Fallbeispiele zur HD-Beurteilung – Sakralisation.

Kleintierpraxis 39, 281 – 282

TOLHUYSEN, I. (1997)

Der Einfluss unterschiedlicher Streckung der Hintergliedmaßen auf den Grad der Hüftgelenksdysplasie (HD).

Kleintierpraxis 42, 123 – 136

WAMBERG, K. (1961);

Können erbliche Hüftgelenksleiden ohne Röntgenuntersuchung klinisch korrekt beurteilt werden?

Md. Vet. Med. 16, 845 – 848

WHITTINGTON, K.; BANKS, W. C.; CARLSON, W. D.; HOERLEIN, B. F.; HUSTED, P. W.; LEONHARD, E. F.; MC CLÖAVE, P. L.; RHODES, W. H.; RISER, W. H. und SCHNELLE, G. B. (1961)

Report of the panel on canine hip dysplasia.

J. Am. Vet. Med. Ass. 139, 791 - 806

WIDMER, W. (1978)

Beitrag zur Entwicklung des Skeletts der Hintergliedmaße beim Deutschen Schäferhund.

Vet. Med. Diss., München

WILLIS, M. B. (1977)

Genetic aspects of CHD.

Vet. Rec. 101, 239

WILLIS, M. B. (1991)

Züchtung des Hundes

Verlag E. Ulmer, Stuttgart

WILLIS, M.B. (1997)

A review of the progress in canine hip dysplasia control in Britain

J. Am. Vet. Med. Ass. 210, 1480 – 1482

WINKLER, W. und LOEFFLER, K. (1986)

Lumbosakrale Überganswirbel beim Hund.

Berl. Münch. Tierärztl. Wschr. 99, 343 – 346

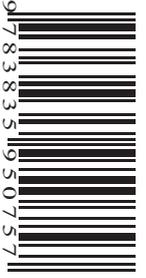


édition scientifique
WB LAUFERSWEILER VERLAG

WB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D - 3 5 3 9 6 G I E S S E N

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN 3-8359-5075-4



9 783835 950757