

**Röntgendiagnostik caniner Hüftgelenkdysplasie:  
Vergleich des Distraktionsindex nach PennHIP mit dem  
Auswertungssystem nach FCI**

von Julius Frederick Klever

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

**Röntgendiagnostik caniner Hüftgelenksdysplasie:  
Vergleich des Distractionsindex nach PennHIP mit dem  
Auswertungssystem nach FCI**

von Julius Frederick Klever  
aus Hannover

München 2019



Aus dem Zentrum für Klinische Tiermedizin der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Chirurgie der Kleintiere

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Mitbetreuung durch:

Dr. Andreas Brühschwein



**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Röntgendiagnostik caniner Hüftgelenksdysplasie:  
Vergleich des Distraktionsindex nach PennHIP mit dem  
Auswertungssystem nach FCI**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg

Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Rebecca Kenngott

Tag der Promotion: 25. Februar 2019



Meiner Familie

„Man sieht nur, was man weiß“  
Goethe





## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I.</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>1.</b>	<b>Anatomie.....</b>	<b>3</b>
1.1.	Knochen .....	3
1.2.	Binde- und Stützgewebe .....	4
1.3.	Muskulatur .....	4
1.4.	Biostatik.....	6
1.5.	Biodynamik .....	6
1.6.	Entwicklung .....	7
<b>2.</b>	<b>Hüftgelenksdysplasie.....</b>	<b>7</b>
2.1.	Ätiologie .....	8
2.2.	Pathogenese .....	9
2.3.	Diagnose .....	9
2.4.	Therapie .....	11
2.5.	Prävention.....	11
2.5.1.	Selektion .....	12
2.5.2.	Screeningmethoden .....	13
2.5.2.1.	Zuchtröntgenuntersuchung nach FCI.....	14
2.5.2.2.	Röntgenaufnahmen nach PennHIP.....	15
<b>3.</b>	<b>Ziele der Arbeit.....</b>	<b>17</b>
<b>III.</b>	<b>METHODIK.....</b>	<b>19</b>
<b>1.</b>	<b>Patienten.....</b>	<b>19</b>
1.1.	Einschlusskriterien .....	19
1.2.	Ausschlusskriterien .....	19
<b>2.</b>	<b>Untersuchungen .....</b>	<b>19</b>
2.1.	Narkose .....	19
2.2.	Röntgenuntersuchung .....	20
2.2.1.	HD-Röntgen nach FCI .....	21
2.2.2.	Kompressionsaufnahmen nach PennHIP.....	22

2.2.3.	Distractionsaufnahmen nach PennHIP .....	23
2.2.4.	Wiederholungsaufnahmen .....	24
<b>3.</b>	<b>Dokumentation.....</b>	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>Auswertung.....</b>	<b>25</b>
4.1.	Auswertung der FCI Aufnahmen.....	26
4.2.	Auswertung der Distractions- und Kompressionsaufnahmen .....	27
4.3.	Intraraterreliabilität.....	28
4.4.	Interraterreliabilität.....	29
4.5.	Untersucherassoziierte Variabilität .....	29
<b>5.</b>	<b>Statistische Auswertung der Ergebnisse .....</b>	<b>29</b>
<b>IV.</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>31</b>
<b>1.</b>	<b>Statistische Erhebungen .....</b>	<b>31</b>
1.1.	Population .....	31
1.2.	Alter.....	32
1.3.	Geschlecht.....	32
1.4.	Gewicht .....	33
1.5.	Vorstellungsgrund.....	33
<b>2.</b>	<b>Prävalenz .....</b>	<b>34</b>
2.1.	Gesamtpopulation .....	34
2.2.	Subgruppen .....	34
2.2.1.	Offizielle Zuchtuntersuchung .....	34
2.2.2.	Hunde mit orthopädischen Problemen.....	34
2.3.	Seitendifferenz .....	35
2.3.1.	Gesamtpopulation .....	35
2.3.2.	Offizielle Zuchtuntersuchung .....	35
<b>3.</b>	<b>Intraraterreliabilität .....</b>	<b>35</b>
3.1.	Norbergwinkel versus Distractionsindex.....	35
3.2.	FCI versus Schweizer Punktesystem.....	36
<b>4.</b>	<b>Interraterreliabilität .....</b>	<b>36</b>
4.1.	Norbergwinkel versus Distractionsindex.....	36
4.2.	FCI versus Schweizer Punktesystem.....	36
<b>5.</b>	<b>Untersucherassoziierte Variabilität .....</b>	<b>37</b>

5.1.	Norbergwinkel versus Distraaktionsindex.....	37
<b>6.</b>	<b>Übereinstimmung zwischen FCI und PennHIP .....</b>	<b>37</b>
6.1.	Norbergwinkel im Vergleich zu den FCI-Ergebnissen.....	37
6.2.	Distraaktionsindex im Vergleich zu den FCI-Ergebnissen.....	39
6.3.	Norbergwinkel versus Distraaktionsindex.....	41
<b>V.</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>45</b>
1.	Methoden & Auswertung.....	45
2.	Population.....	47
3.	Prävalenz.....	48
4.	Seitendifferenz.....	49
5.	Vergleich Intra- und Interraterreliabilität.....	50
6.	Untersucherassoziierte Variabilität.....	52
7.	Übereinstimmung zwischen FCI und PennHIP .....	52
8.	Limitationen.....	55
<b>VI.</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>	<b>57</b>
<b>VII.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>59</b>
<b>VIII.</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>61</b>
<b>IX.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>63</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>79</b>
	<b>GERÄTE &amp; MATERIAL .....</b>	<b>81</b>
<b>X.</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>83</b>
<b>XI.</b>	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>87</b>



# Abkürzungsverzeichnis

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
ALARA	As low as reasonable achievable
BVA	British Veterinary Association
CHD	Canine Hüftgelenksdysplasie
CI	Compression index (Kompressionsindex)
DAR	dorsaler Acetabulumrand
DI	Distraction index (Distraktionsindex)
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DJD	Degenerative Joint Disease ("Arthrosen")
DLS	Dorsolateral Subluxation Score
DPO/TPO	Double/Triple Pelvic Osteotomy
ECVDI	European College of Veterinary Diagnostic Imaging
ED	Ellbogendysplasie
FCI	Fédération Cynologique Internationale
FKHR	Femurkopf und -halsresektion
GRSK	Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e.V
HD	Hüftgelenksdysplasie
HTML	Hypertext Markup Language
JPS	Juvenile Pelvic Symphysiodesis
KC	Kennel Club
Lig	Ligamentum
M	Musculus
Mm	Musculi
NW / NA	Norbergwinkel / Norberg Angle
OFA	Orthopedic Foundation for Animals
PACS	Picture Archiving and Communication System
PennHIP	Pennsylvania Hip Improvement Program
PHP	PHP: Hypertext Preprocessor
ROC	Receiver operator characteristic
SQL	Structured Query Language
TEP	Totalendoprothese
VDH	Verein für Deutsches Hundewesen e.V.



## I. EINLEITUNG

Die Hüftgelenksdysplasie (HD) ist die häufigste orthopädische Erkrankung der Beckengliedmaße des Hundes. Neben dem Hund tritt die Hüftgelenksdysplasie bei diversen anderen Spezies, wie auch dem Menschen auf. Bei der Hüftgelenksdysplasie des Hundes handelt es sich um eine multifaktoriell bedingte Erkrankung mit einer polygenetisch erblichen Komponente. Sie zeigt sich durch eine Fehlentwicklung von Gelenkpfanne und Femurkopf, die mit Instabilität einhergeht und zu sekundären degenerativen Veränderungen (Arthrosen) führt.

Erstmals erwähnt wurde die Hüftgelenksdysplasie von Schnelle (1935) als „congenital subluxation of the coxofemoral joint“. Da jedoch nicht nur die Subluxation eine Rolle spielt, sondern auch andere Faktoren, wurde später zunehmend der Begriff „Hüftgelenksdysplasie“ verwendet.

Obwohl mit der Hüftgelenksendoprothese heutzutage sehr gute Ergebnisse erzielt werden und konservative Behandlungsmethoden die Symptome mildern können, existiert keine kausale Therapie für die Arthrose des Hüftgelenks (Lühmann et al., 2000). Dieser Umstand erklärt den hohen Stellenwert der züchterischen Selektion, um die Prävalenz der Erkrankung zu reduzieren.

Bereits in den 1960er Jahren wurde eine erbliche Komponente der Hüftgelenksdysplasie erkannt (Boernfors et al., 1964) und daraufhin Zuchtprogramme etabliert, um die Ausprägung und Häufigkeit der Erkrankung bei den Nachkommen zu reduzieren.

Obwohl auch manuelle Methoden wie z.B. der Ortolanitest oder der Bardenstest zur Erkennung der Hüftgelenksdysplasie beschrieben wurden, haben sich vor allem Methoden durchgesetzt, die auf der Bewertung von Röntgenaufnahmen basieren. Dies liegt vor allem an der höheren Sensitivität der röntgenologischen Methoden (Adams et al., 1998).

Die am weitesten verbreiteten Verfahren sind die der Orthopedic Foundation for Animals (OFA), der Fédération Cynologique Internationale



(FCI), der British Veterinary Association/Kennel Club (BVA/KC) sowie das Pennsylvania Hip Improvement Program (PennHIP) (Flückiger, 2007a).

Trotz intensiver Bemühungen durch Selektion über mehrere Jahrzehnte, die Inzidenz zu senken, konnte bisher kein Durchbruch erzielt werden. In einigen Rassen beträgt die Prävalenz der Hüftgelenksdysplasie noch bis zu 82%, wobei von einer noch höheren Dunkelziffer ausgegangen werden kann (Leppänen u. Saloniemi, 1999).

Um eine Senkung der Prävalenz zu erreichen, ist es erforderlich, dass die angewendeten Selektionsmethoden möglichst verlässlich sind. Ziel dieser Arbeit ist es, die Ergebnisse zwischen FCI- und PennHIP-Methode an verschiedenen Rassen einer lokalen Population zu vergleichen. Dabei sollen sowohl die Korrelation der Klassifizierungen zueinander, als auch die Wiederholbarkeit der Durchführung und die Präzision beider Methoden im direkten Vergleich miteinander betrachtet werden.

## II. LITERATURÜBERSICHT

### 1. Anatomie

Das Hüftgelenk (*Articulatio coxae*) stellt sich als Nussgelenk (*Enarthrosis spherioidea*) (Evans u. de Lahunta, 2013a), einer Sonderform des Kugelgelenks (*Articulatio spherioidea*), dar. Ein Nussgelenk zeichnet sich dadurch aus, dass die Gelenkpfanne den Gelenkkopf über dessen Äquator umgreift. Diese Konformation erlaubt prinzipiell rotatorische Bewegungen in alle Richtungen bei knöchern limitierter Amplitude (König u. Liebich, 2014).

Weiterhin wird die Bewegung durch die beteiligten Weichteilstrukturen wie Kapsel, Bänder und Muskulatur beeinflusst.

#### 1.1. Knochen

Das Hüftgelenk stellt die bewegliche Verbindung zwischen Becken (*Pelvis*) und Oberschenkel (*Os femoris*) dar (Evans u. de Lahunta, 2013b).

Das Becken kann anatomisch in die Hüftbeine (*Ossa coxae*) untergliedert werden, welche sich wiederum aus Darmbein (*Os ilium*), Sitzbein (*Os ischii*), Schambein (*Os pubis*) und dem *Os acetabulare* zusammensetzen. Alle vier Knochen sind an der Ausbildung der Gelenkpfanne (*Acetabulum*) beteiligt. Zusätzlich ist mit dem *Os coxae quartum* ein weiterer Knochen an der Ausbildung der Gelenkpfanne beteiligt, dessen Auftreten in der Literatur jedoch als fakultativ angesehen wird (Kirberger u. McEvoy, 2016).

Die Gelenkpfanne selbst besteht aus der eigentlichen Gelenkfläche (*Facies lunata*), welche medial durch einen Einschnitt (*Incisura acetabuli*) unterbrochen ist. Von der *Incisura acetabuli* nach zentral verläuft eine flache Grube (*Fossa acetabuli*). Die Gelenkfläche ist wie bei jedem echten Gelenk von Gelenkknorpel überzogen.

Der Femur ist bei Säugetieren der größte Röhrenknochen und wird in drei Abschnitte gegliedert. Proximal der Gelenkkopf (*Caput ossis femoris*), der Körper (*Corpus ossis femoris*) in der Mitte und distal der Gelenkknorren

(Condylus lateralis und medialis). Das proximale Ende teilt sich in den nach medial ragenden Gelenkkopf (Caput ossis femoris) und den lateral auf gleicher Höhe liegenden deutlich ausgeprägten großen Umdreher (Trochanter major). Der Gelenkkopf ist durch den Femurhals (Collum ossis femoris) mit dem Corpus ossis femoris verbunden. Distal des Gelenkkopfs befindet sich mit dem kleinen Umdreher (Trochanter minor) medial ein weiterer markanter Knochenvorsprung (Nickel et al., 2003).

### **1.2. Binde- und Stützgewebe**

Der Pfannenrand des Acetabulums wird durch einen knorpelfaserigen Rand, das Labrum acetabulare, erhöht. Zwischen der Fossa acetabuli und der Fovea capitis ossis femoris zieht ein Band, das Femurkopfband (Lig. capitis ossis femoris). Das Femurkopfband wird vom Ergänzungsband (Lig. acesorium acetabuli) überspannt, welches die Incisura acetabuli überbrückt (Nickel et al., 2003). Am Labrum acetabulare setzt die Gelenkkapsel (Capsula articularis) an und zieht zum Femurhals, an dem sie in das Periost übergeht (König u. Liebich, 2014).

### **1.3. Muskulatur**

Nach König u. Liebich (2014) kann die Muskulatur des Hüftgelenks in vier Gruppen eingeteilt werden: die äußeren Hüft- und Kruppenmuskeln, die Hinterbackenmuskeln, die mediale Oberschenkelmuskulatur und die tiefen Hüftgelenksmuskeln.

Zur Gruppe der äußeren Hüft- und Kruppenmuskulatur zählen folgende Muskeln. Der M. gluteus superficialis sowie der M. piriformis entspringen am Kreuzbein (Sacrum) und inserieren distal des Trochanter major lateral am Oberschenkel. Sie können als Strecker des Hüftgelenks und Abduktor fungieren. Der M. gluteus medius liegt unter dem M. gluteus superficialis, entspringt zwischen Crista iliaca und Linea glutea am Os ilium und inseriert am Trochanter major. Er ist der stärkste Strecker des Hüftgelenks und erlaubt zusammen mit dem M. gluteus profundus, der dem Hüftgelenk lateral direkt aufliegt auch eine Abduktion. Der M. gluteus profundus entspringt lateral an der Darmbeinsäule und inseriert am Trochanter major. Der M. tensor fasciae latae verläuft lateral am

Oberschenkel. Er entspringt der Spina iliaca ventralis und geht in die Fascia lata über, die an der Patella und kranial an der Tibia inseriert. Er ist für die Spannung der Faszie verantwortlich und unterstützt die Beugung.

Die Hinterbackenmuskeln erstrecken sich teilweise über mehrere Gelenketagen. Der M. biceps femoris entspringt mit seinem Hauptkopf am Lig. sacrotuberale und mit dem Nebenkopf am Sitzbeinhöcker. Er zieht in die Knie- und Unterschenkelfaszien und inseriert an Patella, Tibia sowie über einen distalen Sehnenstrang am Fersenhöcker (Tuber calcanei) und dient als Strecker der gesamten Gliedmaße. Der M. abductor cruris caudalis entspringt dem Lig. sacrotuberale liegt dem M. biceps femoris caudolateral auf, zieht lateral in die Unterschenkelfaszie und wirkt so als Abduktor. Der M. semitendinosus entspringt am Sitzbeinhöcker (Tuber ischiadicum) und inseriert medial am Margo cranialis der Tibia, sowie über die Fersenbeinsehne (Tendo accesorius) am Tuber calcanei. Er wirkt sowohl als Strecker der Hüfte, als auch als Beuger des Kniegelenks. Der M. semimembranosus entspringt medial des M. semitendinosus am Tuber ischiadicum und inseriert am Condylus medialis femoris sowie medial an der Tibia. Er wirkt überwiegend als Strecker der Hüfte, als auch als Adduktor.

Die mediale Oberschenkelmuskulatur dient im Wesentlichen der Adduktion. Die Muskeln sind jedoch auch an der Beugung des Hüftgelenks und der Supination beteiligt. Der M. sartorius entspringt an der Crista iliaca und der Spina iliaca ventralis. Der M. gracilis entspringt entlang der Beckensymphyse. Beide Muskeln inserieren in die Fascia cruris. Der M. pectineus und die Mm. adductores entspringen ventral am Os pubis und inserieren medial am Os femoris.

Die tiefen Hüftgelenksmuskeln stellen eine Gruppe kleinerer Muskeln dar, die dem Hüftgelenk direkt anliegen. Zu ihnen zählen der M. obturatorius internus, der M. obturatorius externus, die Mm. gemelli, der M. quadratus femoris sowie der M. articularis coxae, der als Kapselspanner funktioniert.

Zudem ist der M. rectus femoris des M. quadriceps femoris ein wichtiger Beuger des Hüftgelenks. Er entspringt am Os ilium und inseriert zusammen mit den anderen Portionen des M. quadriceps femoris über

das Ligamentum patellae an der Tuberositas tibiae.

Auch die Lumbalmuskulatur spielt eine wichtige Rolle für die Bewegung der Hintergliedmaße (Hermanson, 2013). Der M. psoas minor entspringt an der Brust- und Lendenwirbelsäule, inseriert an der Eminentia iliopubica und bewirkt eine Kippung des Beckens. Der M. iliopsoas setzt sich zusammen aus dem M. psoas major mit Ursprung an der Lendenwirbelsäule und dem M. iliacus mit Ursprung am Os ilium und inseriert am Trochanter minor. Er bewirkt eine Flexion des Hüftgelenks. Der M. quadratus lumborum entspringt an der Brust- und Lendenwirbelsäule, inseriert am Os ilium und bewirkt hauptsächlich eine Flexion der Lendenwirbelsäule.

#### **1.4. Biostatik**

Beim Hund ist die Verteilung der Last auf Vorder- und Hintergliedmaßen ungleich.

Die Vordergliedmaßen tragen etwa 60% des Körpergewichts (Budsberg et al., 1987; Nickel et al., 2003). In Abhängigkeit der Rasse und des Gewichts kann diese Verteilung auch variieren. Durch eine geringe Winkelung in den Vordergliedmaßen wird die Last bei geringer Beanspruchung der Muskulatur statisch getragen.

Aufgrund ihrer Funktion bei der Vorwärtsbewegung des Rumpfes sind die Hintergliedmaßen entsprechend stark bemuskelt und stärker gewinkelt als die Vordergliedmaßen (König u. Liebich, 2014; Nickel et al., 2003)

#### **1.5. Biodynamik**

Die Vordergliedmaßen dienen in der Bewegung dem Auffangen der Last. Dabei spielt im Vergleich zur Hintergliedmaße die Flexibilität der muskulösen Aufhängung eine wichtige Rolle (König u. Liebich, 2014).

In der Vorwärtsbewegung dienen die Hintergliedmaßen dem Antrieb. Die knöcherne Verbindung der Hintergliedmaßen zum Rumpf im Hüftgelenk erlaubt dabei eine nahezu verlustfreie Kraftübertragung. Die nötige Schubkraft in der Stützbein-/Absprungphase liefern hierbei vor allem der M. gluteus medius, der M. quadriceps femoris sowie der M. gastrocnemius durch die Streckung des Hüft-, Knie- und Sprunggelenks.

Der M. biceps femoris, M. semimembranosus und M. semitendinosus unterstützen in Vorwärtsbewegung dabei durch Bewegung des Knies nach kaudal. Zudem kommt es durch die Tendo femorotarseus und Tendo plantaris bei der Streckung des Kniegelenks zu einer Kopplung mit gleichzeitiger Streckung des Sprunggelenks (Nickel et al., 2003).

### **1.6. Entwicklung**

Nach König und Liebich (2014) treten die primären Ossifikationszentren des Os ilium, des Os ischii und des Os pubis ebenso wie der Diaphysenkern des Femurs etwa in der 4. - 5. Trächtigungswoche auf. Röntgenologisch sind diese bereits bei Geburt vorhanden (Thrall u. Robertson, 2016). Das Ossifikationszentrum des Femurkopfes, sowie die der Apophysen von Trochanter major und minor treten erst etwa 3-5 Wochen postnatal auf. Das Auftreten der Ossifikationszentren kann jedoch rasseabhängig variieren (Hare, 1961). Nach Köppel (1989) tritt das Ossifikationszentrum des Os acetabulare in der 8. – 11. Lebenswoche auf und verschmilzt innerhalb von 8 bis 12 Wochen mit Os ilium, Os ischii und Os pubis. Das Ossifikationszentrum des Os coxae quartum tritt nach Köppel ab der 14. Lebenswoche auf und verschmilzt bis zur 20. Lebenswoche. Andere Autoren sehen das Ossifikationszentrum des Os coxae quartum als fakultative Normvariante an (Kirberger u. McEvoy, 2016).

Die Verschmelzung der Ossifikationszentren des Pelvis findet im Alter von etwa 3-5 Monaten statt (Thrall u. Robertson, 2016). Die Verschmelzung der proximalen Epiphyse mit der Diaphyse des Femurs erfolgt in einem Alter von 8-11 Monaten (Thrall u. Robertson, 2016).

## **2. Hüftgelenkdysplasie**

Die Hüftgelenkdysplasie ist eine durch verschiedene erbliche und umweltbedingte Faktoren ausgelöste Fehlbildung und/oder Lockerheit des Hüftgelenks, die zu Entzündungen und damit langfristig zu degenerativen Veränderungen im Sinne von Arthrosen führt (Smith et al., 2001; Todhunter u. Lust, 2003).

## 2.1. Ätiologie

Es gilt als gesichert, dass die Hüftgelenksdysplasie eine multifaktorielle Erkrankung ist (Kealy et al., 2000; Leighton, 1997; Powers et al., 2010; Zhang et al., 2009). In einer Studie von Kealy (1992) konnte der Einfluss der Fütterung bzw. des Körpergewichts nachgewiesen werden. Auch schlechte Bemuskulung sowie Trainingszustand werden als begünstigende Faktoren für die Hüftgelenksdysplasie genannt (Greene et al., 2013). Nichtsdestotrotz spielt die Vererbung eine entscheidende Rolle. Für einzelne Faktoren wie z.B. die Ausprägung der anatomischen Form des Femurhalses wird eine Heritabilität von 0,3 angegeben (Wigger et al., 2008), während die Lockerheit des Gelenks im Vergleich zu anderen Faktoren eine hohe Heritabilität aufweist (Runge et al., 2010). Als hohe Heritabilität gelten Werte über 0,45, während Werte unter 0,15 als niedrig eingestuft werden (Kräußlich u. Brem, 1997).

Die Heritabilität für Hüftgelenksdysplasie wird in verschiedenen Studien der letzten 12 Jahre (siehe Tabelle 1) unterschiedlich angegeben. Dies beruht einerseits auf verschiedenen Rassen, die in die Untersuchungen einbezogen wurden, andererseits auf verschiedenen Modellen zur Schätzung beziehungsweise Berechnung der Heritabilität.

Tabelle 1: Heritabilität der caninen Hüftgelenksdysplasie in verschiedenen Studien der letzten 12 Jahre.

<b>Autor</b>	<b>Heritabilität</b>
(Sturaro et al., 2006)	0,15-0,24
(Silvestre et al., 2007)	0,38-0,43
(Malm et al., 2008)	0,38-0,42
(Engler, 2009)	0,38-0,40
(Hartmann et al., 2010)	0,26
(Hou et al., 2010)	0,21
(Stock et al., 2011)	0,25
(Woolliams et al., 2011)	0,35
(Wilson et al., 2012)	0,30
(Hou et al., 2013)	0,23
(Fikse et al., 2013)	0,41-0,42

(Freeman et al., 2013)	0,14
(Lewis et al., 2013)	0,28-0,48
(Fels u. Distl, 2014)	0,25
(Sánchez-Molano et al., 2014)	0,23-0,59
(Oberbauer et al., 2017)	0,46-0,75
(Edwards et al., 2018)	0,24-0,73

Phänotypisch lassen sich Tiere mit und ohne Hüftgelenksdysplasie nicht klar voneinander abgrenzen. Das unterstützt die Vermutung, dass es sich um eine polygenetische Erkrankung handelt. Es wird beschrieben, dass bereits Hutt 1967 in eigenen Untersuchungen einen polygenetischen Erbgang vermutete (Leighton, 1997). Mittlerweile sind diverse Genorte (Loci) identifiziert, die diese Vermutung bestätigen (Bliss et al., 2002; Fels u. Distl, 2014; Hays et al., 2007; Mateescu et al., 2008; Sánchez-Molano et al., 2014; Zhu et al., 2009).

## 2.2. Pathogenese

Es gilt als gesichert, dass die Lockerheit des Hüftgelenks der wichtigste Risikofaktor für die Entwicklung von Hüftgelenksarthrose darstellt (Runge et al., 2010; Smith et al., 1993, 1995, 2001). Andere Fehlbildungen des Gelenks können zu Inkongruenzen und somit ebenfalls zu höherer Lockerheit führen. Inkongruenz und Lockerheit begünstigen während der Bewegung Fehlbelastungen der Gelenkstrukturen bis hin zur Subluxation. Die Fehlbelastung führt zu erhöhtem Verschleiß des Gelenkknorpels und durch Mikrofrakturen im subchondralen Knochengewebe zu Entzündungsreaktionen. Diese Entzündungsreaktionen führen langfristig zu sekundären Arthrosen im Hüftgelenk (Coxarthrose) mit knöchernen Gelenkauflagerungen (Riser, 1973). Letztendlich führen die arthrotischen Veränderungen je nach Ausprägung zu den klinischen Symptomen. Da die Entwicklung arthrotischer Veränderungen langsam voran schreitet, zeigen häufig erst ältere Tiere eine klinische Symptomatik auf (Smith et al., 2006).

## 2.3. Diagnose

Bei Hunden mit klinischen Symptomen kann oft schon die Erhebung der



Anamnese mit anschließender Lahmheitsdiagnostik den Verdacht einer Hüftgelenksdysplasie erhärten. Die betroffenen Hunde zeigen oft ein typisches Gangbild mit kompensatorischer mediolateraler Hüftbewegung („Marilyn-Monroe-Gang“) und Beschwerden beim Aufstehen. Eine orthopädische Untersuchung hilft den Schmerz genauer zu lokalisieren. Mit dem Bardens-, Barlow- und Ortolani-Test stehen Untersuchungen zur klinischen Evaluierung der Lockerheit zur Verfügung (Dassler, 2003).

Zur weiteren Abklärung sollten Röntgenaufnahmen der Hüftgelenke angefertigt werden. Dies ist erforderlich, um einerseits andere Erkrankungen oder Verletzungen auszuschließen, andererseits um abwägen zu können, welche therapeutischen Maßnahmen potentiell in Frage kommen. Selbst wenn keine therapeutischen Maßnahmen geplant sind, stellt das Röntgen einen sinnvollen diagnostischen Schritt dar, um den aktuellen Zustand der Hüftgelenke zu beurteilen und gegebenenfalls mit Röntgenaufnahmen zu einem späteren Zeitpunkt vergleichen zu können.

Röntgenologische und klinische Befunde können jedoch voneinander abweichen (Butler et al., 2017).



Abbildung 1: Röntgenologisch kein Hinweis auf Hüftgelenksdysplasie



Abbildung 2: Bilateral hochgradige Gelenkveränderungen eines Hundes mit Hüftgelenksdysplasie

#### **2.4. Therapie**

Bis dato existiert keine kausale Therapie für die Hüftgelenksdysplasie des Hundes. Es existieren verschiedene chirurgische und nicht chirurgische (konservative) Maßnahmen um die Hüftgelenksdysplasie zu behandeln (Bergh u. Budberg, 2014; Kirkby u. Lewis, 2011). Teilweise werden von den therapeutischen Optionen präventive Maßnahmen abgegrenzt, wobei der Übergang meist fließend ist. Zu den therapeutischen Maßnahmen bei manifester Hüftgelenksdysplasie zählen neben der konservativen Schmerztherapie in erster Linie die Femurkopf und -halsresektion (FKHR) sowie die Hüftgelenks-Totalendoprothese (TEP). Die Endoprothetik hat in den vergangenen Jahrzehnten enorme Fortschritte erzielt, führt langfristig zu Beschwerdefreiheit und gilt heute als Goldstandard in der Therapie der Hüftgelenksdysplasie. Nichtsdestotrotz ist die TEP ein sehr invasives und teures Verfahren bei dem auch Komplikationen auftreten können (Wiesner, 2015).

#### **2.5. Prävention**

Für das Individuum stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung die spätere Ausprägung der Hüftgelenksdysplasie zu reduzieren. Neben konservativen Methoden wie Gewichtsmanagement, Muskelaufbau und gezielter Vermeidung von Überlastungen ist hier in erster Linie die juvenile

Beckensymphysiodese (JPS) zu erwähnen. Bei der juvenilen Beckensymphysiodese wird im Alter zwischen 14 und 22 Wochen (Vezzoni et al., 2008) die Symphyse des Os pubis zum vorzeitigen Fugenschluss gebracht, wodurch das weitere Größenwachstum des Beckens zu einer verbesserten Überdachung der Femurköpfe führt. Die Zwei- und Dreifachbeckenosteotomie (DPO/TPO) sind invasive chirurgische Verfahren und verfolgen den gleichen Zweck wie die JPS, eine verbesserte Überdachung herzustellen, was durch eine Umstellung der ursprünglichen Beckenform erreicht wird. Im Gegensatz zur JPS kann eine Umstellungsosteotomie auch in fortgeschrittenem Alter erfolgen, sollte jedoch durchgeführt werden bevor sekundäre arthrotische Veränderungen vorliegen.

Neben den Möglichkeiten die Symptome der Hüftgelenksdysplasie beim Einzeltier zu mindern werden jedoch Zuchtmaßnahmen als wichtigstes Instrument in der Bekämpfung der Hüftgelenksdysplasie angesehen (Geissbühler et al., 2017).

### **2.5.1. Selektion**

Die hohe Heritabilität der Hüftgelenksdysplasie erlaubt es, durch gezielte züchterische Auswahl die Wahrscheinlichkeit für Hüftgelenksdysplasie in der nächsten Generation zu beeinflussen. Trotz der Fortschritte in der Therapie, sollte langfristig versucht werden die Prävalenz bzw. Inzidenz der Hüftgelenksdysplasie zu reduzieren.

Da die Selektion auf phänotypischen Merkmalen basiert, welche wiederum von vielen Faktoren beeinflusst werden können, müssen Verfahren zur Auswahl eingesetzt werden, die eine hohe Spezifität aufweisen. Um nicht Gefahr zu laufen den Gen-Pool zu sehr einzuschränken, sollte jedoch gleichzeitig eine hohe Sensitivität des Auswahlverfahrens gewährleistet werden.

Methoden zur Zuchtwertschätzung, die neben der phänotypischen Selektion der Elterntiere auch die Befunde von Geschwistern und Nachkommen erfassen erlauben den Zuchterfolg weiter zu verbessern (Wilson et al., 2011, 2013). Zusätzlich kann der Selektionsdruck erhöht werden, indem die Klassifikation durch ein hohes Skalenniveau erfolgt.

Während Individuen innerhalb einer nominal- oder ordinalskalierten Gruppe nicht weiter unterschieden werden können, erlaubt eine intervall- oder verhältnisskalierte Bewertung eine genauere Unterscheidung.

### 2.5.2. Screeningmethoden

Der hohe Stellenwert der züchterischen Selektion erfordert eine geeignete Methode, um gesunde und kranke Tiere voneinander zu unterscheiden und damit die Prävalenz der Hüftgelenksdysplasie zu reduzieren. Da Hunde bereits mit etwa einem Jahr geschlechtsreif sind und zur Zucht eingesetzt werden können und sich die Hüftgelenksdysplasie meist erst im Alter manifestiert, eignen sich hierbei nur Verfahren, die bereits subklinische Veränderungen erfassen. Da die klinische Untersuchung eine relativ niedrige Spezifität aufweist (Corfield et al., 2007) basiert die Selektion im Wesentlichen auf röntgenologischen Methoden (Verhoeven et al., 2012).

Da es für die Diagnose der Hüftgelenksdysplasie keinen Goldstandard (Ettinger u. Feldman, 2010) gibt, können Aussagen zur Validität der Diagnoseverfahren nur durch Langzeitkontrollen erreicht werden (Smith, 2009). Die bei Langzeitkontrollen als Indikator erfassten arthrotischen Veränderungen können wiederum primär als auch sekundär sein. Dem Autor ist keine Studie bekannt die Anhaltspunkte zur Differenzierung zwischen primären und sekundären Arthrosen liefert.

In Tabelle 2 sind verschiedene Röntgenmethoden zur Diagnose der Hüftgelenksdysplasie dargestellt. Neben den vorgestellten Methoden existieren noch diverse weitere Methoden die sich jedoch in der Praxis nicht durchgesetzt haben.

Tabelle 2: Verschiedene Röntgenverfahren für Hüftgelenksdysplasie

Name	Röntgenmethode	Quelle
FCI	ventrodorsale Beckenaufnahme	(Flückiger, 2007a)
OFA	ventrodorsale Beckenaufnahme	(Flückiger, 2007a)
BVA/KC	ventrodorsale Beckenaufnahme	(Dennis, 2012)
Schweizer Punkteschema	ventrodorsale Beckenaufnahme	(Flückiger, 2007b)
Dorsolateral Subluxation Score	Stressaufnahme	(Farese et al., 1998)

PennHIP	Stressaufnahme	(Smith et al., 1990)
Subluxation Index	Stressaufnahme	(Flückiger et al., 1999)

### 2.5.2.1. Zuchtröntgenuntersuchung nach FCI

Die Klassifikation der Hüftgelenksdysplasie nach Vorgaben der Fédération Cynologique Internationale (FCI) basiert auf den Empfehlungen zur Auswertung nach Brass 1978 auf den in Tabelle 3 dargestellten Kriterien, welche größtenteils subjektiv semiquantitativ beurteilt werden.

Tabelle 3: Klassifizierung der Hüftgelenksdysplasie bei der FCI-Methode nach Flückiger (2007a)

Klassifizierung	Beschreibung
<b>A</b> kein Hinweis auf Hüftgelenksdysplasie	Der Femurkopf und das Acetabulum sind kongruent Der Gelenkspalt ist eng Der kraniale Rand des Acetabulums ist kongruent mit dem Femurkopf Der Winkel nach Norberg beträgt etwa 105° Das Zentrum des Femurkopfes liegt deutlich medial des dorsalen Acetabulumrandes Keine Anzeichen von Arthrose
<b>B</b> Übergangsform (fast normale Hüftgelenke)	Femurkopf und Acetabulum sind leichtgradig inkongruent bei einem Norbergwinkel etwa 105° oder kongruent bei einem Winkel von <100° Der kraniale Rand des Acetabulums ist rund und horizontal auslaufend Das Zentrum des Femurkopfes liegt auf dem dorsalen Acetabulumrand Keine Anzeichen von Arthrose
<b>C</b> leichte Hüftgelenksdysplasie	Femurkopf und Acetabulum sind inkongruent Der Norbergwinkel beträgt etwa 100° Der kraniale Rand des Acetabulums ist leicht abgeflacht Das Zentrum des Femurkopfes liegt etwas lateral des dorsalen Acetabulumrandes Leichte Anzeichen arthrotischer Veränderungen sind vorhanden
<b>D</b> mittlere Hüftgelenksdysplasie	Deutliche Inkongruenz zwischen Femurkopf und Acetabulum Winkel nach Norberg mind. 90° Das Zentrum des Femurkopfes liegt deutlich lateral des dorsalen Acetabulumrandes Der kraniale Rand des Acetabulums kann abgeflacht sein Anzeichen arthrotischer Veränderungen sind in der Regel vorhanden
<b>E</b> schwere Hüftgelenksdysplasie	Der Femurkopf ist deutlich luxiert oder subluxiert Der Norbergwinkel ist unter 90° Das Zentrum des Femurkopfes liegt deutlich lateral des dorsalen Acetabulumrandes Der kraniale Rand des Acetabulums ist sichtlich abgeflacht Deutliche Anzeichen arthrotischer Veränderungen sind in der Regel vorhanden

In diesem ordinalskaliertem System werden mitunter die einzelnen Klassen in Subgruppen („1“ und „2“) eingeteilt (Flückiger, 2007a). Die Effektivität der Methode wurde in diversen Studien nachgewiesen (Malm et al., 2010), die subjektiven Beurteilungskriterien führen jedoch zu starken Variationen in der Beurteilung durch verschiedene Gutachter (Geissbühler et al., 2017; Verhoeven et al., 2007).

Die Messung des Norbergwinkels erlaubt bei dieser Methode die quantitative Evaluation der Hüftlockerheit. Einer Studie zufolge ist der Norbergwinkel nicht geeignet die Lockerheit zu messen und somit Aussagen über die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer Hüftgelenksdysplasie zu treffen (Culp et al., 2006). Dieses Ergebnis wird jedoch von anderen Studien widerlegt. In einer anderen Studie kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass der Norbergwinkel ein geeignetes Werkzeug ist, lediglich die Auswahl der Grenzwerte nicht vereinheitlicht werden kann (Comhaire u. Schoonjans, 2011). Diese Diskrepanz liegt möglicherweise an dem Umstand, dass die Lagerung mit gestreckten Hintergliedmaßen einen Einfluss auf die Messung der Hüftgelenkslockerheit aufweist. In der Literatur wird als möglicher Grund eine Aufwindung der Gelenkkapsel durch die Hyperextension beschrieben, die den Femurkopf in das Acetabulum zieht (Heyman u. Smith, 1993; Katic et al., 2009).

#### **2.5.2.2. Röntgenaufnahmen nach PennHIP**

Anders als bei der Methode nach FCI werden bei der PennHIP-Methode Anzeichen für arthrotische Veränderungen nicht semiquantitativ erfasst. Tiere mit Anzeichen für arthrotische Veränderungen werden unabhängig vom Ausmaß der Veränderungen als ungeeignet für die Zucht klassifiziert und von der Auswertung ausgeschlossen. Bei Tieren ohne arthrotische Veränderungen wird dann der Distraktionsindex bestimmt. Die Distraktionsaufnahme der PennHIP-Methode nach Smith basiert auf der quantitativen Messung der passiven Hüftlockerheit. Da die passive Hüftlockerheit wesentlich von der Lagerung abhängt (Heyman u. Smith, 1993; Smith, LaFond u. Heyman, 1997) werden die Femora bei dieser Methode in neutraler Position gelagert. Über den sogenannten Distraktor (siehe Abbildung 3) wird dabei durch Druck nach medial auf die distale

Gliedmaße eine Hebelwirkung erzeugt, die die Femurköpfe aus dem Acetabulum zieht. Trotz variabler Krafteinwirkung während der Distraction zeigen Untersuchungen eine geringe Varianz bei wiederholten Untersuchungen (Smith, LaFond u. Gregor, 1997) und hohe Übereinstimmung bei wiederholten Messungen (Froes et al., 2009).



Abbildung 3: PennHIP-Distraktor

Die Messung der Lockerheit erfolgt wie in Abbildung 4 durch anlegen zweier konzentrischer Kreise über Acetabulum und Femurkopf. Nach der Formel  $DI = \frac{\text{Abstand der Kreismittelpunkte } (d)}{\text{Radius des Femurkopfes } (r)}$  lässt sich mit dem Distaktionsindex (DI) somit ein von der Größe des Tieres unabhängiger Wert berechnen. Wie in Tabelle 4 gezeigt können die Werte klassifiziert werden. Im Gegensatz zur FCI-Methode gilt diese Klassifizierung jedoch nur als grober Richtwert. Letztendlich wird für jede Rasse vorgeschlagen nur jene Tiere zur Zucht zuzulassen, die einen DI-Wert im kleineren 0,5-Quantil („Bessere Hälfte“) aufweisen.

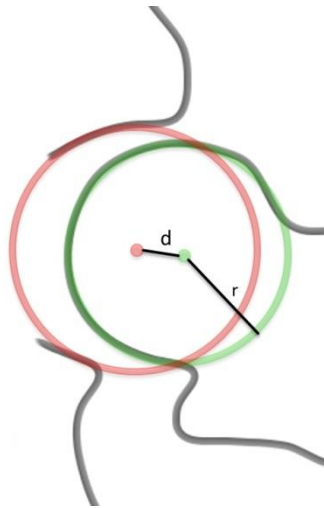


Abbildung 4: Messung des Distaktionsindex

Tabelle 4: Klassifizierung des Distaktionsindex, nach Smith (1990)

Klassifizierung	Distaktionsindex
Geringes Risiko für HD	$< 0,3$
Übergangsform	$\geq 0,3 / \leq 0,7$
Hohes Risiko für HD	$> 0,7$

### 3. Ziele der Arbeit

Es sind nur wenige Studien publiziert, in welchen die FCI-Methode mit der PennHIP-Methode verglichen wird (Ginja et al., 2008; Ohlerth et al., 2003). Diese Studien sind jedoch mit dem Labrador Retriever und dem Estrela Berghund auf einzelne Rassen beschränkt und dadurch in der Fallzahl limitiert. Auch sind mögliche Unterschiede in der Population denkbar, da beide Studien aus dem Ausland stammen. Zwei weitere Studien vergleichen die Ergebnisse der PennHIP-Methode mit jenen der OFA (Orthopaedic Foundation for Animals), die der FCI-Methode ähnlich ist, an Tieren verschiedener Rassen (Lust et al., 2001; Powers et al., 2010). Um die Situation in Deutschland darzustellen ist das Ziel dieser Studie, die Ergebnisse zwischen FCI- und PennHIP-Methode an verschiedenen Rassen einer lokalen Population zu vergleichen. Dabei sollen sowohl die Korrelation der Klassifizierungen zueinander, als auch die Genauigkeit der Durchführung und Verlässlichkeit beider Methoden im direkten Vergleich



---

miteinander

betrachtet

werden.

## **III.METHODIK**

### **1. Patienten**

Die Untersuchungen wurden in der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik der LMU München zwischen 2012 und 2018 durchgeführt. Um neben dem Vergleich beider Röntgenmethoden einen Überblick über die Prävalenz der Hüftgelenksdysplasie im Patientengut zu erlangen, wurde initial keine Präselektion nach Rasse oder Geschlecht durchgeführt.

#### **1.1. Einschlusskriterien**

Eingeschlossen wurden Tiere, die aus einem zu dieser Studie unabhängigen Grund, unter Allgemeinanästhesie zur bildgebenden Diagnostik vorgestellt wurden. Von den Patientenbesitzern wurde auf einem Patientenaufklärungsbogen das schriftliche Einverständnis zur Teilnahme an der Studie unterschrieben (Abbildung 21). Um sowohl die Richtlinien für eine HD-Untersuchung gemäß FCI als auch PennHIP zu erfüllen mussten die Tiere ein Körpergewicht von mindestens 8 kg sowie ein Mindestalter von 12 Monaten erreichen.

#### **1.2. Ausschlusskriterien**

Ausgeschlossen wurden Tiere mit Verletzungen und Erkrankungen der Hintergliedmaßen, die eine Kontraindikation für Stressaufnahmen des Hüftgelenks darstellen.

### **2. Untersuchungen**

#### **2.1. Narkose**

Die Narkose wurde durch Veterinäranaesthesisten durchgeführt und je nach Anforderungen des jeweiligen Patienten variiert. Zur Prämedikation wurden Benzodiazepine (Diazepam 0,1 - 0,5 mg/kg (Ziapam 5mg/ml), Eucuphar GmbH, Greifswald, Deutschland) oder  $\alpha_2$ -Agonisten (Medetomidin 0,01 - 0,04 mg/kg (Dorbene vet 1mg/ml), Zoetis Deutschland GmbH, Berlin, Deutschland und Dexmedetomidin 0,01 - 0,02 mg/kg (Dexdomitor 0,5mg/ml), Vetoquinol, Ismaning, Deutschland)

eingesetzt, während die Narkoseeinleitung mit Propofol (Propofol 1 – 8 mg/kg (Narcofol 10mg/ml), CP-Pharma GmbH, Burgdorf, Deutschland) durchgeführt wurde. Im weiteren Verlauf wurde die Anästhesie in Form einer Inhalationsnarkose aufrechterhalten. Die Inhalationsnarkose wurde mit Isofluran (Isofluran MAC:1,5 - 3% (IsoFlo), Zoetis Deutschland GmbH, Berlin, Deutschland) unter maschineller Beatmung durchgeführt.

Die Narkosetiefe wurde durch den Anästhesisten individuell gesteuert, wobei als primäres Kriterium für die Röntgenaufnahmen eine vollständige Muskellerschlaffung erreicht werden musste (Genevois et al., 2006).

## **2.2. Röntgenuntersuchung**

Die Aufnahmen wurden stets an dem gleichen Röntgengerät (Axiom Luminos dRF, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Deutschland) durchgeführt. Dieses Röntgengerät verfügt über einen digitalen Flachdetektor mit einem Bildfeld von 43cm x 43cm, so dass selbst bei großen Hunden Becken und Kniegelenke vollständig abgebildet werden konnten. Die Aufnahmen konnten direkt nach der Anfertigung begutachtet und bei ungenügender Qualität wiederholt werden. Bei Bedarf konnte die Positionierung des Patienten unter Fluoroskopie geprüft und falls nötig verbessert werden. Es wurden die Aufnahmen stets in der gleichen Reihenfolge durchgeführt. Zuerst eine ventrodorsale Aufnahme des Beckens (bzw. Hüftgelenke) mit gestreckten Hintergliedmaßen, sogenannte „Position 1“, weiterhin eine ventrodorsale Aufnahme des Beckens unter Kompression sowie eine ventrodorsale Aufnahme des Beckens unter Distraction. Das Tier wurde für die Aufnahmen durch zwei bis drei Personen unter Verwendung von Strahlenschutzrüstung (Bleischürze, Schilddrüsenschutz und Bleihandschuhe) gelagert und, teilweise unter Zuhilfenahme von Lagerungshilfen aus Schaumstoff außerhalb des Bildfeldes, in Position gehalten. Durchgeführt wurde die Untersuchung gemäß FCI- und PennHIP-Anforderungen von einem Tierarzt mit PennHIP-Zertifizierung. Die Röntgenröhre wurde so eingestellt, dass der Zentralstrahl stets mittig auf Höhe der Hüftgelenke zentriert war. Die Kollimation wurde gemäß dem ALARA-Prinzip (As low as reasonable achievable) (International Commission on Radiological Protection, 1977) so klein wie möglich und entsprechend der

Anforderungen nach FCI bzw. PennHIP so groß wie nötig eingestellt. Für alle Aufnahmen wurde im Anschluss ein digitaler Marker zur Seitenmarkierung in den Bilddaten abgespeichert.

### **2.2.1. HD-Röntgen nach FCI**

Die Aufnahme in „Position 1“ wurde gemäß den Richtlinien der FCI durchgeführt (Fédération Cynologique Internationale, 2009). Die Hunde wurden in Rückenlage auf dem Röntgentisch gelagert und die Hintergliedmaßen soweit adduziert und nach kaudal gestreckt, dass beide Femora parallel zueinander und parallel zum Detektor angeordnet waren (Abbildung 5). Zudem wurden die Hintergliedmaßen proniert/einwärts gedreht, sodass die Bewegungsebene des Kniegelenks orthogonal zum Detektor verläuft, was auf dem Röntgenbild durch die Projektion der Patellae mittig über die Femora überprüft werden kann. Auf den Röntgenaufnahmen wurde darauf geachtet, dass das Becken vollständig abgebildet und symmetrisch dargestellt war, die Femora bis einschließlich der Patellae abgebildet und in einer Achse parallel mit der Wirbelsäule dargestellt wurden.



Abbildung 5: Lagerung des Hundes für die Röntgenaufnahme in Position 1 nach FCI

### 2.2.2. Kompressionsaufnahmen nach PennHIP

Die Kompressionsaufnahmen wurden ebenfalls in Rückenlage und gemäß den Anforderungen der PennHIP-Methode durchgeführt. Wichtig war die korrekte Position der Femora in einer Position, die die physiologische Winkelung des Hüftgelenks im Stand widerspiegelt (Abbildung 6). Um Summationseffekte auf dem Röntgenbild zu vermeiden, wurden die Femora bis zu einem Winkel von ca. 45° leicht abduziert. Durch leichten Druck wurden die Femurköpfe in das Acetabulum gedrückt.



Abbildung 6: Lagerung des Hundes für die Kompressionsaufnahme nach PennHIP

### 2.2.3. Distraktionsaufnahmen nach PennHIP

Die Distraktionsaufnahmen wurden ebenfalls gemäß den Anforderungen der PennHIP-Methode durchgeführt. Hierfür wurde ein offizieller PennHIP-Distraktor (PennHIP, ANTECH Imaging Services, Irvine, USA) wie in Abbildung 3 gezeigt verwendet. Vor der Aufnahme wurde durch Palpation der Eminentia iliopubica die erforderliche Breite abgeschätzt und der Distraktor dementsprechend mittels der Stellschrauben an die Größe des Hundes angepasst. Der Distraktor wurde parallel zum Becken, proximal zwischen den Femora platziert und mit leichtem Druck auf das Becken durch eine Hilfsperson fixiert (Abbildung 7). Anschließend wurden die Oberschenkel wie bereits bei der Kompressionsaufnahme in einer Position die die physiologische Winkelung des Hüftgelenks im Stand widerspiegelt, soweit adduziert, dass die Schaumstoffummantelung des Distraktors

eingedrückt wurde. Dabei sollten Femora und Tibiae beidseits etwa parallel zueinander ausgerichtet sein. Auf dem Röntgenbild sollte der Distraktor parallel zum Becken ausgerichtet sein und die Femurköpfe beidseits überdecken (Guilliard, 2014).



Abbildung 7: Lagerung des Hundes für die Distraktionsaufnahme nach PennHIP

#### **2.2.4. Wiederholungsaufnahmen**

Bei einer Subgruppe von 60 Tieren wurden Wiederholungsaufnahmen durchgeführt, um mögliche Einflüsse der Lagerung beurteilen zu können. Vor der Wiederholungsaufnahme wurde der Distraktor in eine neutrale Ausgangsgröße eingestellt und die Größeneinstellung des Distraktors neu durchgeführt.

### 3. Dokumentation

Da alle Patienten aus dem Patientengut der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik stammten, konnte auf die Daten des Patientenmanagementsystems (Vetera, GP.Software, Eltville am Rhein, Deutschland) zurückgegriffen werden. Zur Auswertung wurden Alter, Rasse, Geschlecht und Gewicht sowie der Grund des Klinikbesuchs aus dem Patientenmanagementsystem in eine Excel-Tabelle übertragen. Eine Patientenummer diente dabei der Zuordnung.

Die Röntgenaufnahmen wurden nach der Anfertigung bis auf Patientenummer, Geschlecht und Alter anonymisiert und im DICOM-Format im digitalen Röntgenbildarchiv der Klinik, einem Picture Archiving and Communication System (dicomPACS, Oehm&Rehbein GmbH, Rostock, Deutschland) abgespeichert.

### 4. Auswertung

Bei den verschiedenen Auswertungen wurde von jedem Auswerter stets derselbe digitale Arbeitsplatz benutzt. Alle Arbeitsplätze verfügten über einen Dual-Monitor wobei handelsübliche 19"-Farbmonitore eingesetzt wurden. Die Monitore wurden regelmäßig manuell kalibriert, um eine einheitliche Graustufendarstellung zu gewährleisten. Zur Auswertung wurde ein digitales medizinisches Röntgenbildbetrachtungsprogramm, ein DICOM-Viewer (dicomPACS, Oehm&Rehbein GmbH, Rostock, Deutschland), verwendet. Für die Messungen wurden folgende standardisierte Einstellungen verwendet:

Vergrößerungsfaktor:	mindestens 100%
Linienstärke der Messwerkzeuge:	1pixel

Die Auswertung erfolgte nach einem standardisierten Schema und bei allen Auswertern in der gleichen Reihenfolge der Patienten. Die Auswertung erfolgte für das linke und rechte Hüftgelenk einzeln. Hierfür wurde eine browserbasierte Eingabemaske programmiert (HTML/PHP), in welcher der als nächstes zu bearbeitende Patient angezeigt wird und die Ergebnisse eingetragen werden können (siehe Anhang, Abbildung 22). Zur Klassifizierung wurden zusätzlich zum Ergebnis nach FCI einzelne



Merkmale gemäß dem Schweizer Punkteschema nach Flückiger (2007a) abgefragt. In einem zweiten Schritt wurden die eingetragenen Ergebnisse noch einmal angezeigt um die Einträge zu kontrollieren. Nach dem Abspeichern wurden die Ergebnisse in einer Datenbank (MySQL) hinterlegt und ließen sich nachträglich nicht mehr bearbeiten.

Die Beurteilung der Aufnahmen für die statistische Auswertung wurde durch den Autor selbst durchgeführt.

Um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu offiziellen Auswertungen zu erreichen, wurden vor der Auswertung zehn Röntgenuntersuchungen, zu denen offizielle Ergebnisse der FCI- und PennHIP-Methode vorlagen, mit eigenen Testauswertungen verglichen. Anhand dieser Testauswertung wurden, sofern nicht in der Literatur angegeben, interne Kriterien zur Lokalisation der Messpunkte erstellt.

#### **4.1. Auswertung der FCI Aufnahmen**

Zur Auswertung kam die von der Fédération Cynologique Internationale empfohlene HD-Klassifizierung wie in Tabelle 3 beschrieben zum Einsatz.

Wie in Abbildung 8 dargestellt, wurden folgende Kriterien bzw. Merkmale beurteilt und entsprechend der in Tabelle 3 beschriebenen Kategorie zugeordnet.

1. Norbergwinkel
2. Gelenkspalt/Kongruenz
3. Kraniolateraler Acetabulumrand
4. Subchondraler Knochen
5. Femurkopf und -hals
6. Überdachung
7. arthrotische Veränderungen

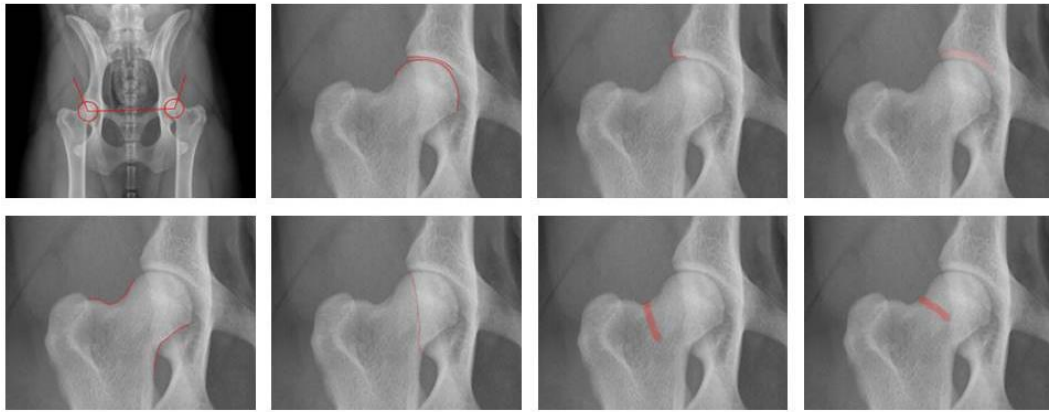


Abbildung 8: Merkmale bzw. Kriterien der Beurteilung nach FCI-Richtlinien

Der Norbergwinkel wurde mit dem in dicomPACS integrierten digitalen Werkzeug gemessen. Der Femurkopfmittelpunkt wurde beidseits durch Anpassen eines konzentrischen Kreises an die Gelenkfläche des Femurkopfs definiert. Als dritter Punkt zur Berechnung des Winkels wurde der Schnittpunkt zwischen Femurkopfgelenkfläche und dem lateralen Anteil des dorsalen Acetabulumrandes definiert (Amort et al., 2015). Im Anschluss wurde der Norbergwinkel für jede Seite mit einer Nachkommastelle in die Eingabemaske eingetragen (siehe Eingabemaske in Abbildung 22 im Anhang).

Entsprechend der Ergebnisse des Norbergwinkels und der subjektiven Bewertung der Gelenke nach FCI-Schema wurde jedes Gelenk in eine der FCI-Kategorien eingeteilt. Dabei wurden die Gelenke je Kategorie (A-E) auch subjektiv den Subgruppen „1“ und „2“ zugeordnet. Die Erfassung der einzelnen Merkmale gemäß dem Schweizer Punktesystem wurde in der Eingabemaske (Abbildung 22) ebenfalls erfasst.

#### 4.2. Auswertung der Distraktions- und Kompressionsaufnahmen

Die Messungen an den Distraktions- und Kompressionsaufnahmen erfolgte wie in Abbildung 9 dargestellt durch Anpassen zweier konzentrischer Kreise über Acetabulum und Femurkopf, wobei darauf geachtet werden musste, dass der rot markierte Kreis dem Acetabulum und der grün markierte Kreis dem Femurkopf entspricht. Der Kreis um den Femurkopf wurde entsprechend wie bei der Messung des Norbergwinkels

durch Anpassen eines konzentrischen Kreises an die Gelenkfläche des Femurkopfs definiert. Der zweite Kreis wurde so gewählt, dass der Kreis eine optimale Kongruenz mit der gelenkseitigen Kante des subchondralen Knochens am kranio-lateralen Drittel des Acetabulums aufwies.

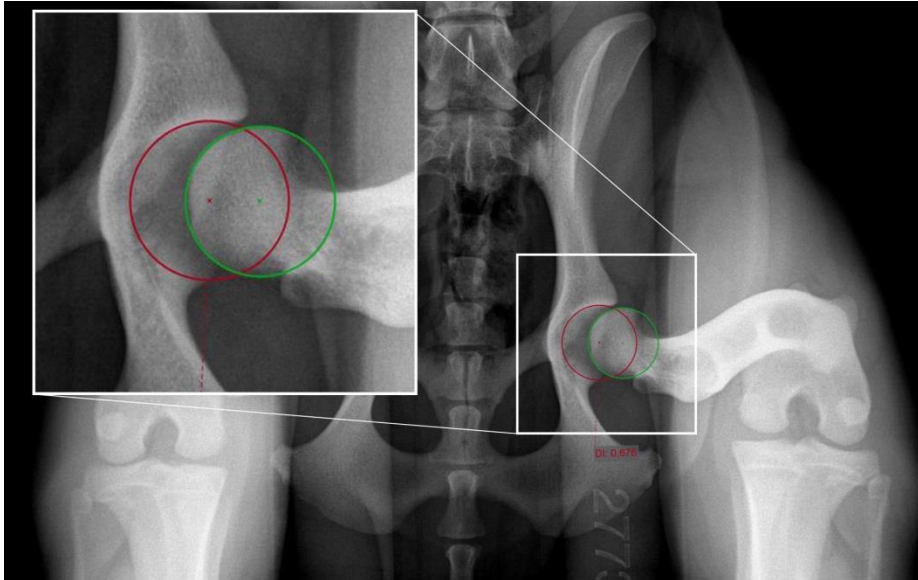


Abbildung 9: Messung des Distraktionsindex im DICOM-Viewer

Das integrierte digitale Werkzeug in dicomPACS errechnete dann automatisch den Distraktionsindex nach der Formel  $DI = \frac{\text{Abstand der Kreismittelpunkte } (d)}{\text{Radius des Femurkopfes } (r)}$ . Der Distraktionsindex wurde anschließend für jede Seite mit drei Nachkommastellen in die Eingabemaske eingegeben.

### 4.3. Intraraterreliabilität

Für die Untersuchung der Intraraterreliabilität wurde eine Subgruppe von 60 Hunden gewählt. Eingeschlossen wurden in diese Subgruppe Hunde mit einem Gewicht von 20-40 kg und einem Alter von 12-24 Monaten.

Die Aufnahmen wurden durch den Autor je zweimal in einem zeitlichen Abstand von 3 Monaten nach dem gleichen Schema ausgewertet.

Die Auswertung erfolgte nach den Kriterien wie in Kapitel 4.1 und 4.2 beschrieben. Für die Intraraterreliabilität wurde eine eigene Eingabemaske erstellt und die Auswertungen gemäß FCI-Methode (siehe Abbildung 23) unabhängig von den Auswertungen der PennHIP-Methode (siehe Abbildung 24) durchgeführt um eine gegenseitige Beeinflussung zu

vermeiden.

#### **4.4. Interraterreliabilität**

Die Untersuchung der Interraterreliabilität wurde von drei verschiedenen Auswertern an der gleichen Subgruppe wie bei der Intraraterreliabilität durchgeführt.

Die Auswertungen wurden durch einen Fachtierarzt für Diagnostische Radiologie und Strahlentherapie und offiziellen Auswerter für Hüftgelenksdysplasie und Ellbogengelenksdysplasie in der Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e.V (GRSK) (Dr. Andreas Brüschwein, DipECVDI) (AB) sowie eine Anfangsassistentin („Intern“) (Silvia Wagner) (SW) angefertigt.

Zusätzlich wurden die Ergebnisse der ersten Auswertung der Intraraterreliabilität des Autors (JK) für die Untersuchung mit herangezogen. Die Auswertung und Eingabe der Daten erfolgte nach den gleichen Kriterien wie auch die Intraraterreliabilität (Kapitel 4.3).

#### **4.5. Untersucherassoziierte Variabilität**

Um den Einfluss des Untersuchers auf die Ergebnisse zu untersuchen, wurden die Wiederholungsrontgenaufnahmen durch die gleiche Person wie alle anderen Aufnahmen nach den in Kapitel 4.1 und 4.2 beschriebenen Kriterien ausgewertet. Die Variation der Ergebnisse der verschiedenen Röntgenaufnahmen je Tier wurde berechnet und mit der Variation der Intraraterreliabilität verglichen.

### **5. Statistische Auswertung der Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Auswertungen wurden für jedes Hüftgelenk getrennt voneinander erhoben und anschließend in Excel-Tabellen gespeichert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Excel (Office 2010 Excel, Microsoft, Redmond, USA), SPSS (SPSS 24, IBM, Armonk, USA) und MedCalc (MedCalc, MedCalc Software, Ostend, Belgien).

Aus den Daten wurden absolute und relative Häufigkeiten, Median und Mittelwert sowie Quartile berechnet und mithilfe von Excel und SPSS

graphische Darstellungen in Form von Diagrammen, Graphen sowie Box-Plots erstellt. Mithilfe von MedCalc wurde Cohens Kappa, Intraklassenkorrelationskoeffizient und der Variationskoeffizient berechnet. Eine ROC-Kurvenanalyse zur Ermittlung von Spezifität, Sensitivität und idealen Grenzwerten zur Unterscheidung zweier Gruppen wurde ebenfalls in MedCalc durchgeführt.

## **IV. ERGEBNISSE**

### **1. Statistische Erhebungen**

#### **1.1. Population**

Insgesamt wurden 282 Tiere aus 80 verschiedenen Rassen untersucht. Die häufigsten Rassen waren Labrador Retriever (n=30), Deutscher Schäferhund (n=27) und Dobermann (n=26). Bei 40 der 80 verschiedenen Rassen war nur je ein Tier vertreten.

Für die weitere Auswertung wurden Gruppen entsprechend der FCI-Rassekategorie erstellt. Wie in Abbildung 10 ersichtlich, waren aus FCI-Kategorie 1 (Hütehunde und Treibhunde) 24,8%, aus FCI-Kategorie 2 (Pinscher und Schnauzer - Molosser - Schweizer Sennenhunde) waren 25,8%, aus FCI-Kategorie 3 (Terrier) waren 2%, aus FCI-Kategorie 5 (Spitze und Hunde vom Urtyp) waren 3,8%, aus FCI-Kategorie 6 (Laufhunde, Schweißhunde und verwandte Rassen) waren 5,6%, aus FCI-Kategorie 7 (Vorstehhunde) waren 8%, aus FCI-Kategorie 8 (Apportierhunde - Stöberhunde - Wasserhunde) waren 23%, aus FCI-Kategorie 9 (Gesellschafts- und Begleithunde) waren 1,7% und 4,9% konnten keiner Kategorie zugeordnet werden. Aus den FCI-Kategorien 4 (Dachshunde) und 10 (Windhunde) gab es keine Tiere.

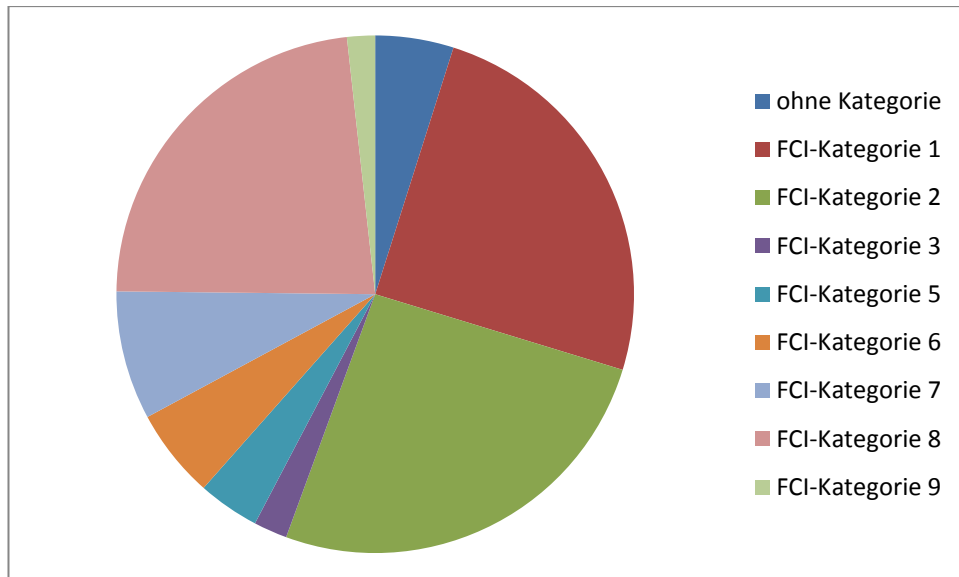


Abbildung 10: Verteilung der FCI-Rassekategorien in Prozent

### 1.2. Alter

Minimales Alter der untersuchten Tiere war 4 Monate, maximales Alter 15 Jahre. Im Durchschnitt 2,61 Jahre. In Abbildung 11 zeigt sich die Altersverteilung in der gesamten untersuchten Population mit der höchsten Anzahl von Tieren im Alter zwischen 1 und 3 Jahren.

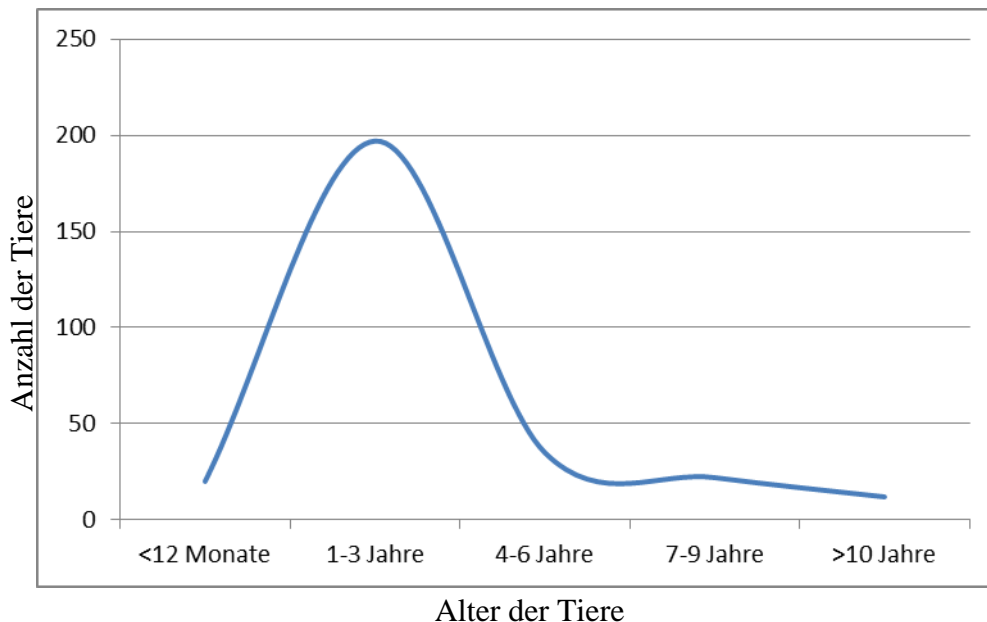


Abbildung 11: Altersverteilung der untersuchten Hunde

### 1.3. Geschlecht

49,6% der Tiere waren männlich und 50,4% weiblich. Bei der Subgruppe der offiziellen Zuchtuntersuchungen waren 50,3% der Tiere männlich und

49,7% weiblich.

#### 1.4. Gewicht

In der Gesamtpopulation lag das mittlere Gewicht bei 29,8kg. Bei den Hunden in der Subgruppe der offiziellen Zuchtuntersuchungen lag das mittlere Gewicht bei 29,3kg. Minimalgewicht war 8kg, Maximalgewicht 73kg. In Abbildung 12 stellt sich die Verteilung des Körpergewichts in der Population dar.

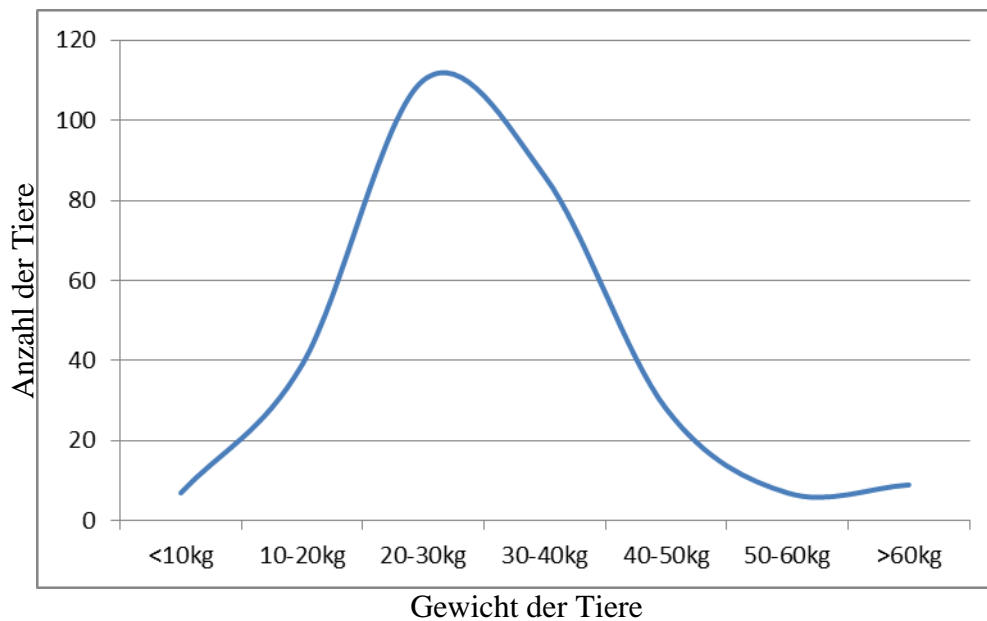


Abbildung 12: Gewichtsverteilung der untersuchten Hunde

#### 1.5. Vorstellungsgrund

58% der Patienten waren Hunde zur offiziellen Zuchtuntersuchung. 24,4% der Patienten wurden aufgrund orthopädischer Probleme vorgestellt und der Rest verteilt sich wie Abbildung 13 dargestellt auf verschiedene andere tiermedizinische Disziplinen.



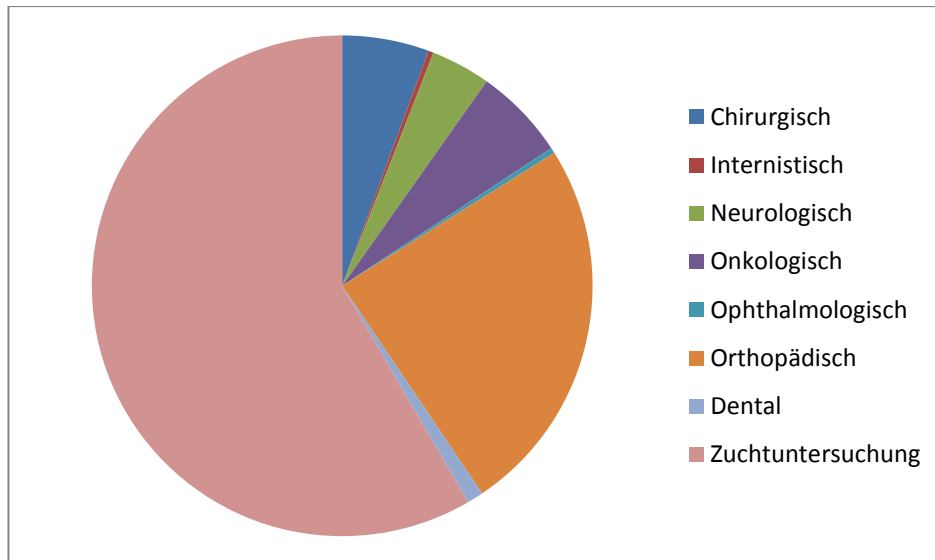


Abbildung 13: Vorstellungsgrund der untersuchten Hunde in Prozent

## 2. Prävalenz

Die Ergebnisse zur Prävalenz beziehen sich auf die Ergebnisse der Klassifizierung nach FCI. Gemäß dem FCI Schema wurden die Grade „C“, „D“ und „E“ zusammengefasst und als erkrankt gewertet.

### 2.1. Gesamtpopulation

In der Gesamtpopulation lag die Prävalenz von Hüftgelenkdysplasie bei 29,8%. Altersdurchschnitt 2,61 Jahre.

### 2.2. Subgruppen

#### 2.2.1. Offizielle Zuchtuntersuchung

Bei den Tieren die zu offiziellen Zuchtuntersuchungen vorgestellt wurden (sowohl Erst- als auch Obergutachten) lag die Prävalenz von Hunden mit Anzeichen von Hüftgelenkdysplasie bei 34,1%. Werden die Obergutachten ausgeschlossen und nur Erstgutachten einbezogen ergibt sich eine Prävalenz von 15,8% für Hunde mit Anzeichen von Hüftgelenkdysplasie.

#### 2.2.2. Hunde mit orthopädischen Problemen

Bei den Hunden mit orthopädischen Problemen lag die Prävalenz von jenen mit Anzeichen von Hüftgelenkdysplasie bei 40,1%. Der Altersdurchschnitt lag in dieser Gruppe bei 4,25 Jahren.

## **2.3. Seitendifferenz**

### **2.3.1. Gesamtpopulation**

Bei der FCI-Auswertung wurden 67,4% der Hunde auf beiden Seiten gleich bewertet, 24,3% links schlechter und 8,3% rechts schlechter.

Der Norbergwinkel der gewerteten (schlechteren) Seite lag im Durchschnitt bei 99,2° und auf der kontralateralen (besseren) Seite bei 103,2°. Der Distraktionsindex der gewerteten Seite lag im Durchschnitt bei 0,417 und auf der kontralateralen bei 0,354.

### **2.3.2. Offizielle Zuchtuntersuchung**

Bei der FCI-Auswertung wurden 55,6% der Hunde auf beiden Seiten gleich bewertet, 32,5% links schlechter und 11,9% rechts schlechter.

Der Norbergwinkel der gewerteten Seite lag im Durchschnitt bei 100,2° und auf der kontralateralen Seite bei 103,6°. Der Distraktionsindex der gewerteten Seite lag im Durchschnitt bei 0,394 und auf der kontralateralen bei 0,375.

## **3. Intraraterreliabilität**

### **3.1. Norbergwinkel versus Distraktionsindex**

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient für den Norbergwinkel betrug 0,975 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,964 bis 0,983.

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient für den Distraktionsindex betrug 0,986 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,979 bis 0,990.

Der Variationskoeffizient für die Messung des Norbergwinkels betrug 1,418% (Mittelwert 102,31°; SD 1,45°) und für den Distraktionsindex 5,828% (Mittelwert 0,36; SD 0,02).

Mit dem Mittelwert zwischen linkem und rechtem Hüftgelenk betrug der Variationskoeffizient 1,102% (Mittelwert 102,31°; SD 1,27°) für den Norbergwinkel und 4,335% (Mittelwert 0,36; SD 0,02) für den Distraktionsindex.

### **3.2. FCI versus Schweizer Punktesystem**

Cohens Kappa für die Übereinstimmung zwischen zwei Ergebnissen des gleichen Auswerters (JK) für das FCI Schema lag bei 0,699 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,609 bis 0,789. Für das Schweizer Punkteschema lag Cohens Kappa bei 0,661 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,556 bis 0,767.

## **4. Interraterreliabilität**

### **4.1. Norbergwinkel versus Distractionsindex**

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient zwischen allen drei Beobachtern für den Norbergwinkel betrug 0,969 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,957 bis 0,978 und für den Distractionsindex 0,972 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,950 bis 0,983.

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient zwischen den beiden erfahrenen Beobachtern (AB, JK) für den Norbergwinkel betrug 0,983 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,969 bis 0,990 und für den Distractionsindex 0,980 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,972 bis 0,986.

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient zwischen einem erfahrenen und einem unerfahrenen Beobachter (AB, SW) für den Norbergwinkel betrug 0,936 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,895 bis 0,959 und 0,947 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,865 bis 0,973 für den Distractionsindex.

Der Variationskoeffizient für Messungen zwischen den beiden erfahrenen Beobachtern (AB, JK) für den Norbergwinkel betrug 1,207% (Mittelwert 102,45°; SD 1,23°) und für den Distractionsindex 7,184% (Mittelwert 0,36; SD 0,03). Der Variationskoeffizient für Messungen zwischen einem erfahrenen und einem unerfahrenen Beobachter (AB, SW) für den Norbergwinkel betrug 2,192% (Mittelwert 102,25°; SD 2,24°) und für den Distractionsindex 12,1% (Mittelwert 0,35; SD 0,04).

### **4.2. FCI versus Schweizer Punktesystem**

Cohens Kappa für die Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen zwei erfahrenen Auswertern (AB, JK) für die Klassifizierung nach dem FCI-

Schema betrug 0,687 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,596 bis 0,778 und für die Klassifizierung nach dem Schweizer Punkteschema 0,681 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,588 bis 0,774.

Für die Übereinstimmung der Ergebnisse zwischen einem erfahrenen und einem unerfahrenen Auswerter (AB, SW) für die Klassifizierung nach dem FCI Schema betrug 0,465 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,344 bis 0,585 und für die Klassifizierung nach dem Schweizer Punkteschema 0,514 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,392 bis 0,635.

## **5. Untersucherassoziierte Variabilität**

### **5.1. Norbergwinkel versus Distaktionsindex**

Der Intraklassen-Korrelationskoeffizient für den Norbergwinkel betrug 0,962 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,941 bis 0,975 und für den Distaktionsindex 0,892 mit einem 95% Konfidenzintervall von 0,833 bis 0,931.

Der Variationskoeffizient für die Messung des Norbergwinkels betrug 1,709% (Mittelwert 101,51°; SD 1,73°) und für den Distaktionsindex 13,722% (Mittelwert 0,36; SD 0,05).

Bei Berücksichtigung der lagerungsbedingten Variabilität durch Verwendung des Mittelwertes zwischen linkem und rechtem Hüftgelenk betrug der Variationskoeffizient 1,143% (Mittelwert 101,51°; SD 1,16°) für den Norbergwinkel und 12,087% (Mittelwert 0,36; SD 0,04) für den Distaktionsindex.

## **6. Übereinstimmung zwischen FCI und PennHIP**

### **6.1. Norbergwinkel im Vergleich zu den FCI-Ergebnissen**

Die Mittelwerte des Norbergwinkels in der Gesamtpopulation sind in Tabelle 5 abgebildet und zur Veranschaulichung in einem Boxplot (Abbildung 14) grafisch dargestellt.

Tabelle 5: Mittelwerte des Norbergwinkels in der Gesamtpopulation, aufgeteilt nach FCI-Kategorie

FCI-Kategorie	n=282	Norbergwinkel	Standardabweichung
A	25,8%	106,0°	2,967°
B	33,3%	101,6°	3,408°
C	29,4%	95,6°	4,933°
D	6,3%	87,2°	11,688°
E	5,2%	85,8°	10,002°
Gesamt	100%	99,3°	7,916°

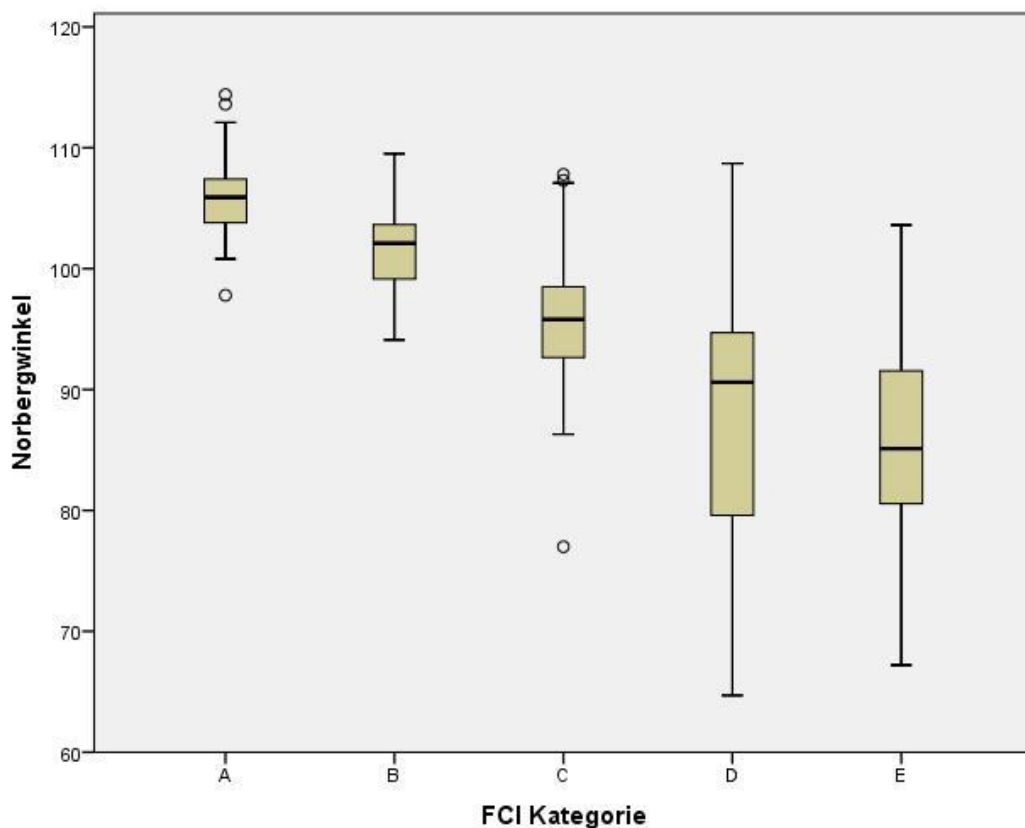


Abbildung 14: Boxplot der Verteilung des Norbergwinkels in der Gesamtpopulation aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E

Für die offiziellen Zuchtuntersuchungen sind die Mittelwerte des Norbergwinkels in Tabelle 6 abgebildet und zur Veranschaulichung in einem Boxplot (Abbildung 15) grafisch dargestellt.

Tabelle 6: Mittelwerte des Norbergwinkels der offiziellen Zuchtuntersuchungen, aufgeteilt nach FCI-Kategorie

FCI-Kategorie	n=167	Norbergwinkel	Standardabweichung
A	28,1%	106,0°	2,700°
B	37,7%	101,3°	3,706°
C	28,7%	95,2°	4,193°
D	4,8%	89,2°	6,762°
E	0,6%	90,6	-
Gesamt	100%	100,2°	6,131°

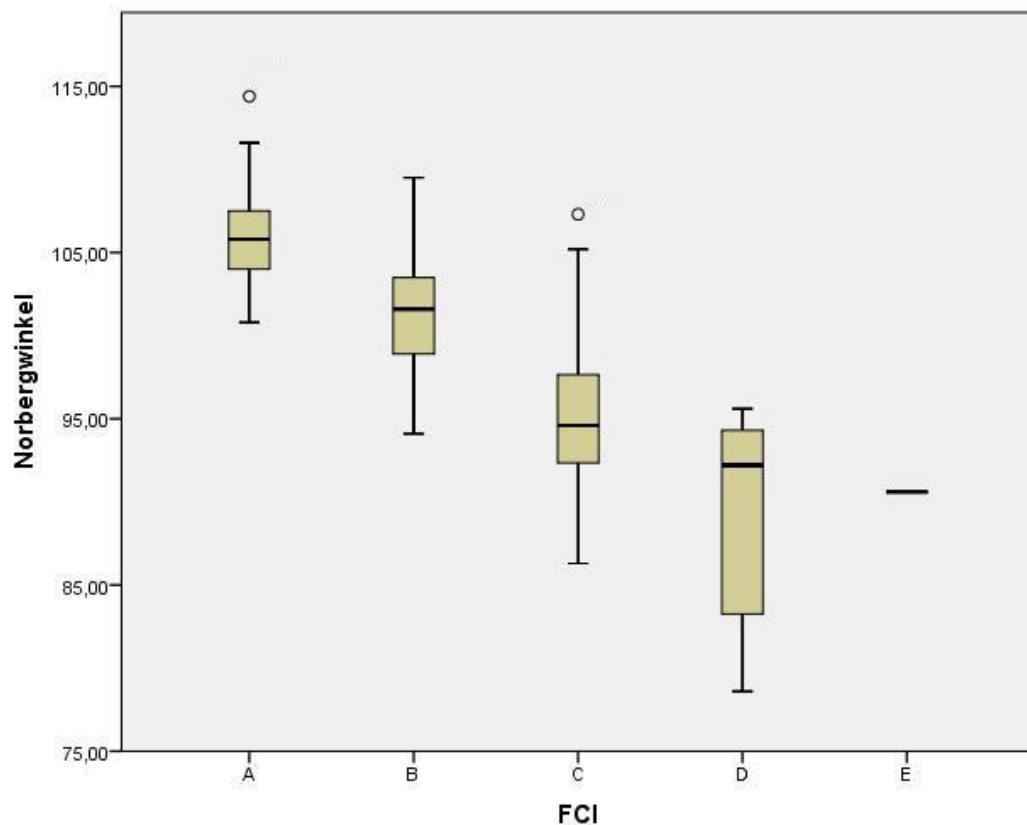


Abbildung 15: Boxplot der Verteilung des Norbergwinkels bei den offiziellen Zuchtuntersuchungen für die FCI-Kategorien A bis E

## 6.2. Distractionsindex im Vergleich zu den FCI-Ergebnissen

Die Mittelwerte des Distractionsindex in der Gesamtpopulation sind in Tabelle 7 abgebildet und zur Veranschaulichung in einem Boxplot (Abbildung 16) grafisch dargestellt.

Tabelle 7: Mittelwert des Distraaktionsindex in der Gesamtpopulation, aufgeteilt nach FCI-Kategorie

FCI-Kategorie	n=282	Distraaktionsindex	Standardabweichung
A	25,8%	0,319	0,109
B	33,3%	0,386	0,108
C	29,4%	0,497	0,136
D	6,3%	0,615	0,219
E	5,2%	0,405	0,129
Gesamt	100%	0,417	0,152

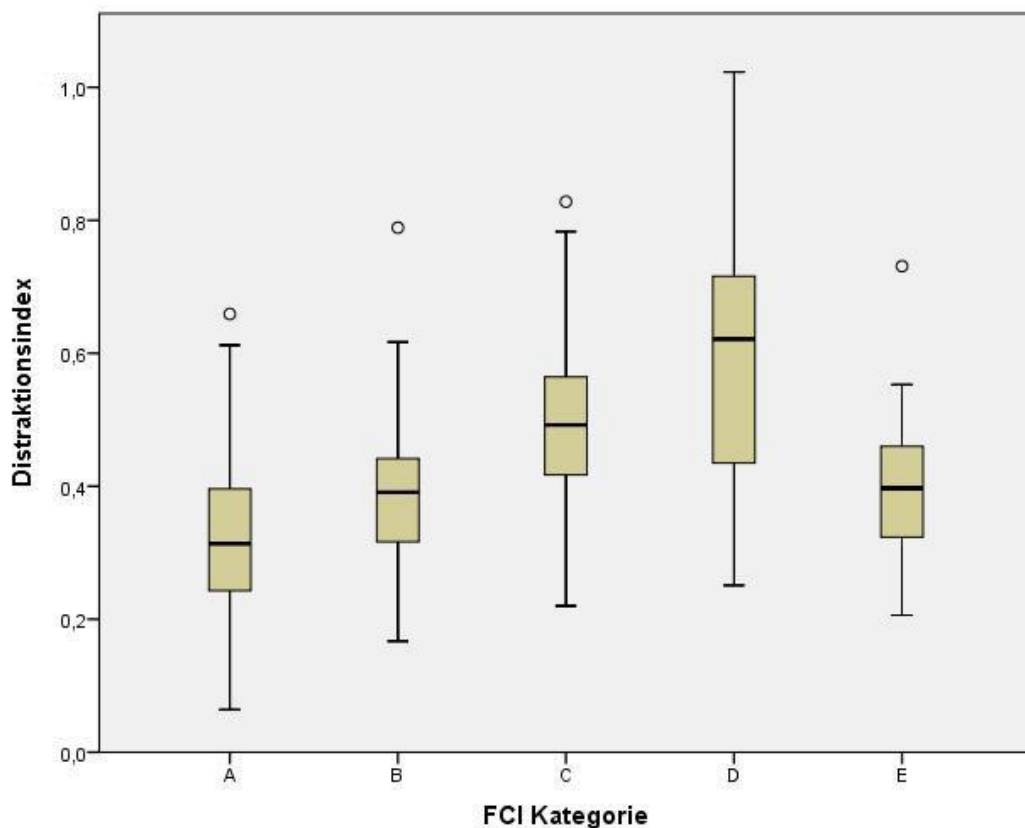


Abbildung 16: Boxplot der Verteilung des Distraaktionsindex in der Gesamtpopulation aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E

Für die offiziellen Zuchtuntersuchungen sind die Mittelwerte des Distraaktionsindex in Tabelle 8 abgebildet und zur Veranschaulichung in einem Boxplot (Abbildung 17) grafisch dargestellt.

Tabelle 8: Mittelwert des Distraaktionsindex der offiziellen Zuchtuntersuchungen, aufgeteilt nach FCI-Kategorie

FCI-Kategorie	n=167	Distraaktionsindex	Standardabweichung
A	28,1%	0,299	0,121
B	37,7%	0,358	0,113
C	28,7%	0,504	0,130
D	4,8%	0,527	0,139
E	0,6%	0,731	-
Gesamt	100%	0,394	0,150

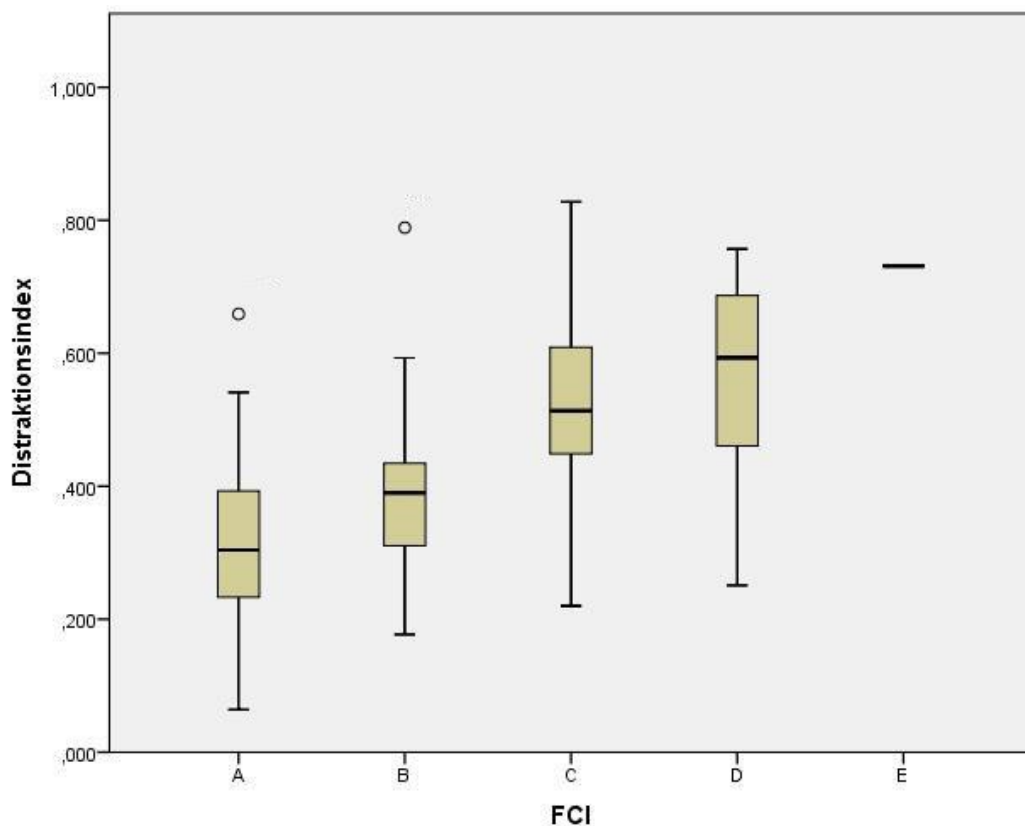


Abbildung 17: Boxplot der Verteilung des Distraaktionsindex bei den offiziellen Zuchtuntersuchungen aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E

### 6.3. Norbergwinkel versus Distraaktionsindex

Zur Bestimmung der Grenzwerte wurden die Ergebnisse der offiziellen Zuchtuntersuchungen gruppiert nach nicht-dysplastischen (A+B) und dysplastischen Gelenken (C, D, E). Der Mittelwert des Norbergwinkels für die Gruppe (A+B) betrug  $103,3^\circ$  (Standardabweichung  $4,045^\circ$ ) und der des Distraaktionsindex 0,333 (Standardabweichung 0,119). Der Mittelwert des Norbergwinkels für die Gruppe (C, D, E) betrug  $94,2^\circ$



(Standardabweichung  $5,004^\circ$ ) und der des Distraktionsindex  $0,512$  (Standardabweichung  $0,132$ ).

Wie in Abbildung 18 dargestellt betrug der ideale Schwellenwert zur Unterscheidung zwischen nicht-dysplastischen Gelenken (A+B) und dysplastischen Gelenken (C, D, E) bei Verwendung der FCI-Methode als Referenz für den Norbergwinkel  $101,8^\circ$  mit einer Sensitivität von  $82,7\%$  und einer Spezifität von  $71,9\%$  und für den Distraktionsindex  $0,436$  mit einer Sensitivität von  $82,7\%$  und einer Spezifität von  $84,21\%$ .

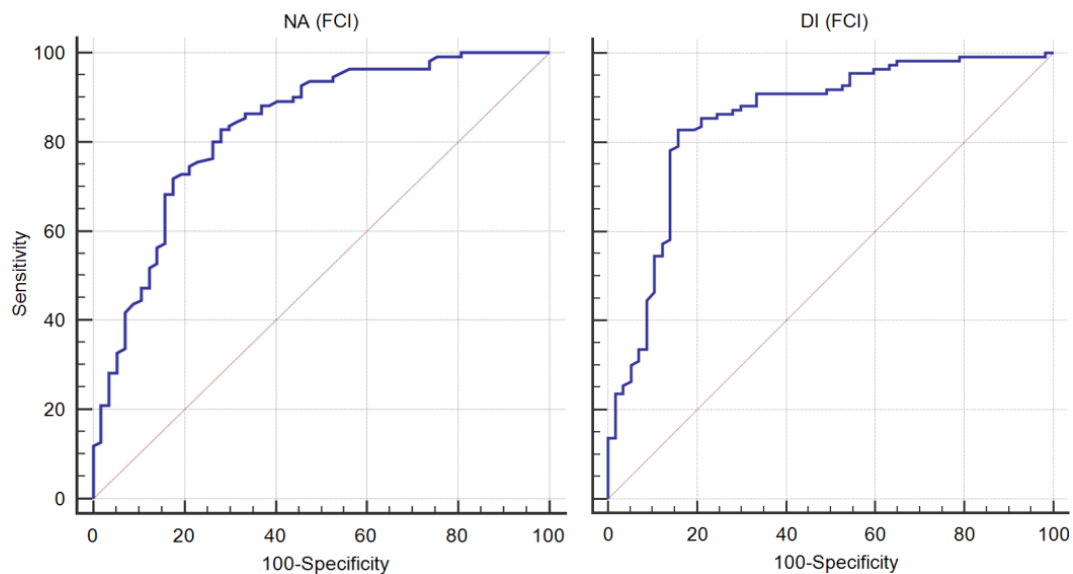


Abbildung 18: ROC-Kurve für Norbergwinkel (NA) und Distraktionsindex (DI) zur Unterscheidung zwischen (A+B) und (C, D, E)

Bei Verwendung der PennHIP-Methode als Referenz für die Unterscheidung zwischen Hunden mit Zuchttempfehlung (bessere  $50\%$ ) und ohne Empfehlung zur Zucht war der optimale Schwellenwert, wie in Abbildung 19 gezeigt  $102,9^\circ$  für den Norbergwinkel mit einer Sensitivität von  $76\%$  und einer Spezifität von  $57,61\%$  und für den Distraktionsindex  $0,391$  mit  $100\%$  Sensitivität und  $97,8\%$  Spezifität.

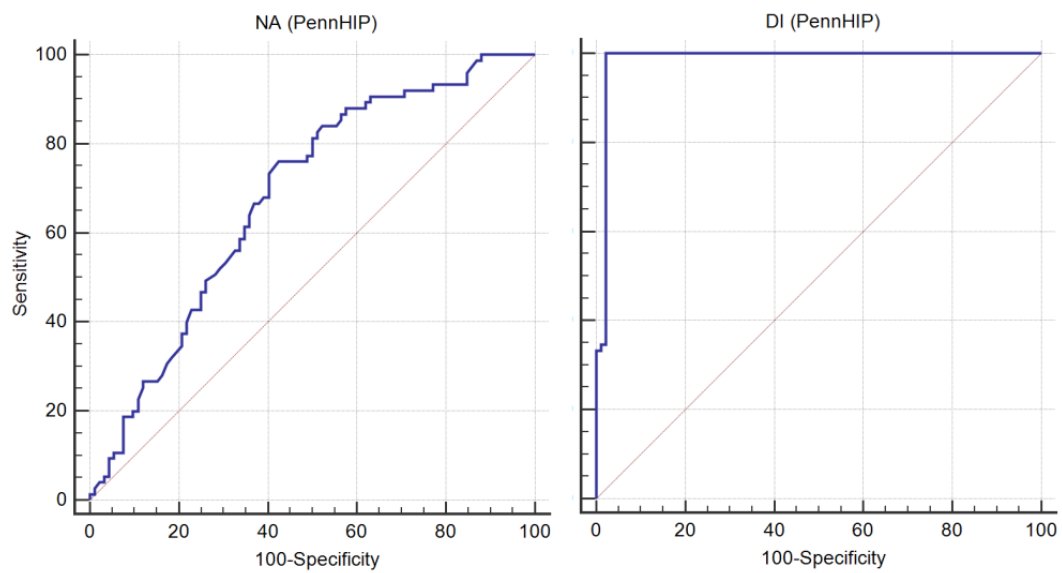


Abbildung 19: ROC-Kurve für Norbergwinkel und Distractionsindex zur Unterscheidung zwischen den besseren 50% und den schlechteren 50% nach der PennHIP-Methode



## V. DISKUSSION

### 1. Methoden & Auswertung

Die Beurteilung des Vorliegens einer degenerativen Gelenkerkrankung (arthrotische Veränderungen) bei älteren Tieren ist derzeit der beste Weg, um zwischen dysplastischen und nicht-dysplastischen Tieren zu unterscheiden. In der Literatur wird die PennHIP-Methode teilweise als verlässlichste oder genaueste Methode zur Vorhersage von späteren Arthrosen beschrieben (Adams et al., 1998; Ginja et al., 2008). In einer Langzeitstudie wurde die Genauigkeit der PennHIP-Methode durch Auswertung degenerativer Gelenkerkrankungen nachgewiesen (Smith et al., 2012). Diese Validierung ist jedoch nicht standardisiert und basiert auf der Annahme, dass nur sekundär durch Hüftgelenksdysplasie verursachte Arthrosen vorliegen. Neben den umweltassoziierten Faktoren variieren bei den Langzeitkontrollen sowohl das Alter der Tiere, als auch die Kriterien eine Veränderung als Arthrose zu werten. Möglicherweise ist eine gewisse Anzahl von degenerativen Gelenkerkrankungen bei älteren Tieren auf "normalen Gelenkverschleiß" (primäre Arthrose) zurückzuführen. Nach Kenntnis des Autors gibt es keine Möglichkeit, zwischen primären und sekundären degenerativen Gelenkveränderungen zu unterscheiden. Die Tatsache, dass durch den Fortschritt der Tiermedizin auch Haustiere ein immer höheres Lebensalter erreichen können (Inoue et al., 2018) lässt vermuten, dass auch primäre Arthrosen weiter zunehmen. Dieser Umstand impliziert, dass es keinen echten Goldstandard gibt, um zwischen dysplastischen und nicht-dysplastischen Tieren zu unterscheiden. Um die Genauigkeit der Hüftscreening-Methoden zu verbessern, wäre es notwendig, zwischen primären und sekundären degenerativen Gelenkveränderungen zu unterscheiden, entweder durch spezifische Röntgenmerkmale oder durch die Bestimmung eines Alters, bei dem eine primäre degenerative Gelenkveränderung unwahrscheinlich ist.

Eine Vielzahl von röntgenologischen Merkmalen zur Diagnostik der Hüftgelenksdysplasie werden in der Literatur beschrieben (siehe Tabelle

9). Oft existieren jedoch in den Richtlinien der Untersuchungsmethoden keine klaren Angaben über die Bewertung dieser Zeichen. Dies gilt auch für die Bewertung zum Vorliegen degenerativer Gelenkveränderungen bei der Auswertung nach der PennHIP-Methode.

Tabelle 9: Röntgenologisch darstellbare Veränderungen der Knochenstruktur

<b>Merkmal</b>	<b>Beschreibung</b>
Kragenlinie (circumferential femoral head osteophyte)	(Risler et al., 2009)
Morganlinie (caudolateral curvilinear osteophyte)	(Morgan, 1987; Risler et al., 2009)
Puppy-Line	(Powers et al., 2004)
Femoral metaphyseal sclerosis	(Risler et al., 2009)
Subchondrale Sklerose	(Mateescu et al., 2008)
Osteophyten	(Mateescu et al., 2008)

Abgesehen von diesen subjektiven Beurteilungskriterien bestehen auch bei den Messungen des Distraktionsindex und des Norbergwinkels Variationen. Dies liegt möglicherweise einerseits an fehlender Übereinkunft über die exakte Positionierung der Messpunkte, andererseits auch an der Auswertungsumgebung. Bei digitaler Messung dürfte der Vergrößerungsfaktor den größten Einfluss auf die Positionierung der Messpunkte haben, aber auch die Linienstärke des Messwerkzeugs und die Art der Positionierung spielen möglicherweise eine Rolle. Des Weiteren ist zu vermuten, dass sowohl für die FCI-Methode, als auch für die PennHIP-Methode, interne Regelungen und Absprachen existieren, die auf Erfahrungen basieren, jedoch nicht publiziert wurden. Methoden zur Qualitätssicherung wie z.B. die Beurteilung durch mehrere Gutachter sind denkbar um systematische Fehler zu vermeiden.

Der große Vorteil dieser Studie besteht darin, dass radiologisch erfahrene und in beiden Methoden geübte Auswerter zum Einsatz kamen, ohne dass finanzielle Aspekte eine Rolle spielten. Vollkommene Unvoreingenommenheit und Objektivität sind bei Studien von offiziellen

Gutachtern nur schwer möglich. Wenn ein Auswerter mit einer Methode enger vertraut ist als mit der anderen oder wenn finanzielle Aspekte eine Rolle spielen, besteht die Gefahr, dass Ergebnisse der „eigenen Methode“ möglicherweise unbewusst wohlwollend interpretiert werden.

Durch Korrelation der eigenen Messungen mit jenen offizieller Ergebnisse wurden die Messpunkte so definiert, dass eine möglichst gute Übereinstimmung erreicht wurde. Bei der Auswertung wurde nach bestem Wissen und Gewissen basierend auf den verfügbaren Informationen und unvoreingenommen ohne Kenntnis der Identität der Tiere bewertet.

Im Gegensatz zu anderen Studien in denen die Hüftgelenke teilweise separat bewertet wurden, wurde in dieser Studie stets die schlechtere Seite gewertet wie bei offiziellen Untersuchungen gemäß der PennHIP- als auch der FCI-Methode üblich.

An der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik stehen eine sehr hochwertige Röntgenanlage mit Fluoroskopie sowie ausreichend personelle Ressourcen zur Optimierung der Lagerung zur Verfügung. Ein Großteil der offiziellen Zuchtuntersuchungen wird von Tierärzten durchgeführt, denen in der Praxis vermutlich weder das entsprechende Equipment noch die personellen Ressourcen zur Verfügung stehen. Dies hat möglicherweise Einfluss auf die Qualität der Lagerung und somit auch auf die untersucherassoziierte Variabilität. Es wurde in dieser Studie keine objektive Beurteilung der korrekten Lagerung durchgeführt. Eine subjektive Beurteilung der Lagerung wurde bei der Auswertung erhoben, da die Unterschiede jedoch zu gering waren und die Lagerung fast ausnahmslos als „gut“ beurteilt wurde, lassen sich hieraus keine weiteren Schlüsse zu. Dies ist möglicherweise relevant, da eine Studie aus Belgien einen Einfluss der korrekten Lagerung auf die Prävalenz von Hüftgelenksdysplasie beschreibt (Broeckx et al., 2014).

## **2. Population**

Bei den Rassen spielt möglicherweise eine Vorauswahl eine Rolle. Rassen mit einer Prädisposition für orthopädische Erkrankungen sind im

Patientengut vermutlich überrepräsentiert. Die große Anzahl verschiedener Rassen limitiert zwar die Aussagekraft für die einzelnen Rassen, bietet jedoch den Vorteil, dass die Methoden an Tieren mit unterschiedlicher Gelenkkonformation miteinander verglichen werden konnten. Da aus keiner Rasse ausreichend viele Einzeltiere für eine differenziertere Auswertung zur Verfügung standen, wurden die Tiere entsprechend ihrer FCI-Rassegruppe gruppiert. Dabei konnten teilweise deutliche Differenzen festgestellt werden. Es gibt jedoch auch innerhalb der FCI-Rassegruppen große Unterschiede, was die Ergebnisse möglicherweise beeinflusst.

Abgesehen von einigen Ausnahmen, treten die meisten orthopädischen Erkrankungen eher im fortgeschrittenen Alter auf. Beim Geschlecht wurde lediglich zwischen männlich und weiblich unterschieden. Angaben zum Kastrationsstatus waren nicht immer zuverlässig im Praxismanagementsystem hinterlegt, weshalb es in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt wurde. Der Kastrationsstatus stellt jedoch einen potentiellen Einfluss auf die Ergebnisse dar.

Da das Gewicht der Tiere auf verschiedenen Waagen erfasst wurde, sind leichte Differenzen nicht auszuschließen, auch Einflüsse durch Leinen oder unruhig auf der Waage stehende Tiere sind möglich, spielen jedoch vermutlich eine untergeordnete Rolle. Das durchschnittliche Körpergewicht in der Klinikpopulation ist minimal höher als unter gesunden Tieren, dies lässt sich durch eventuelle Bewegungseinschränkungen und dadurch reduzierten Kalorienumsatz erklären. Insgesamt war der Unterschied jedoch nicht signifikant und spielt in Bezug auf die Hüftgelenke vermutlich eine untergeordnete Rolle. In dieser Studie wurde keine Evaluation des Body Condition Score durchgeführt, die möglicherweise nähere Aufschlüsse darüber liefern könnte.

### **3. Prävalenz**

Die im Vergleich zu anderen Veröffentlichungen hohe Prävalenz von 29,8% für Hüftgelenkdysplasie in dieser Studie erklärt sich durch die

Beschränkung auf Klinikpatienten. Es wurde initial bewusst keine Präselektion durchgeführt, es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass viele orthopädische Patienten bereits mit klinischen Symptomen vorgestellt werden. Das heißt die Präselektion besteht darin, dass nur wenige gesunde Tiere in der Tierklinik vorgestellt werden, Ausnahmen bilden hier elektive diagnostische und chirurgische Verfahren wie z.B. Kastrationen, HD-Gutachten oder ähnliches. Diese Theorie wird durch das höhere mittlere Alter der Patienten im Vergleich zu anderen Studien, die rein auf Zuchtuntersuchungen beruhen, gestützt.

Da die untersuchte Gesamtpopulation nicht die üblicherweise zur Zuchtuntersuchung vorgestellten Tiere widerspiegelt, wurde eine Subgruppe mit den zur offiziellen Zuchtuntersuchung vorgestellten Tieren erstellt. In dieser Subgruppe war die Prävalenz der Hüftgelenksdysplasie mit 34,1% höher als in der Gesamtpopulation. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass ein nicht zu vernachlässigender Teil der offiziellen Zuchtuntersuchung Obergutachten waren.

Da bei Obergutachten meist Tiere vorgestellt werden, die im Erstgutachten als zuchtuntauglich bewertet wurden ist die Prävalenz von dysplastischen Hüftgelenken in dieser Gruppe entsprechend hoch. Dennoch wurden diese Tiere berücksichtigt, da genau bei dieser Gruppe von Tieren der Bedarf besteht eine zuverlässige Aussage im Hinblick auf das Vorliegen einer Hüftgelenksdysplasie zu treffen.

Die Prävalenz für Hüftgelenksdysplasie der zum Erstgutachten vorgestellten Hunde war mit 15,8% signifikant niedriger und bestätigt die Annahme, dass die Prävalenz einer Hüftgelenksdysplasie unter Zuchttieren deutlich niedriger liegt als unter Klinikpatienten. Mögliche Abhängigkeiten zwischen Hüftgelenksdysplasie und anderen orthopädischen Erkrankungen wie zum Beispiel Ellbogendysplasie könnten jedoch ein weiterer Grund für eine hohe Prävalenz sein (Lavrijsen et al., 2014).

#### **4. Seitendifferenz**

In vielen Studien ist nicht eindeutig angegeben, welche Seite für die Bewertung herangezogen wurde. In dieser Studie wurde immer das schlechtere Hüftgelenk zur Beurteilung herangezogen, wie es bei



offiziellen Vorsorgeuntersuchungen gemacht wird und zusätzlich Werte für die kontralaterale Seite erhoben. Hier gibt es einen deutlichen Unterschied zwischen beiden Hüftgelenken von etwa 3,5% für den Norbergwinkel und 5% für den Distaktionsindex. Wesentlich interessanter scheint das Verhältnis von rechten und linken Hüftgelenken. Es waren in dieser Studie deutlich mehr bessere rechte Hüftgelenke (32,5%) als linke (11,9%). Diese Verteilung war unabhängig von Alter, Geschlecht, Rasse und Gewicht. Eine mögliche Erklärung, die bereits von Genevois (2007) als Ursache für eine Rotation des Beckens diskutiert wurde, könnte die höhere Kraft sein, die auf das linke Bein des Tieres ausgeübt wird, wenn die Untersuchung von einem Rechtshänder durchgeführt wird. Da der Autor Rechtshänder ist und die Lagerung der Tiere durchführte ist diese Erklärung durchaus denkbar. Eine weitere Erklärung könnte ein leichter Unterschied im Muskelvolumen aufgrund von Seitenpräferenzen mit scheinbar häufigerer „Rechtsfüßigkeit“ im Gang der Tiere sein. Beim Menschen ist die Rechtshändigkeit mit 58,4% bis 71,5% ähnlich verteilt (Marian, 1967) wie der Anteil der Hunde mit besseren rechten Hüftgelenken in unserer Studie und vergleichbar mit einer Studie zur Pfotenpräferenz bei Hunden (Tan, 1987). Das Phänomen ist auch bei anderen Quadrupeden bekannt, so zum Beispiel beim Pferd unter dem Begriff der natürlichen Schiefe.

## 5. Vergleich Intra- und Interraterreliabilität

Ein Intraklassenkorrelationskoeffizient von 1 gilt als perfekte Übereinstimmung. Werte des Intraklassenkorrelationskoeffizient unter 0,5, zwischen 0,5 und 0,75, zwischen 0,75 und 0,9 und größer als 0,90 können als schlecht, mäßig, gut bzw. hervorragend interpretiert werden (Koo u. Li, 2016). Der Intraklassenkorrelationskoeffizient zeigte hervorragende Ergebnisse, sowohl für den Norbergwinkel (0,969 – 0,975) als auch für den Distaktionsindex (0,972 – 0,986). Der Variationskoeffizient gilt als gut wenn der Wert unter 10% liegt. Die Auswertung des Variationskoeffizienten zeigte deutliche Unterschiede zwischen den Norbergwinkelmessungen (1,207% - 2,192%) und den Distaktionsindexmessungen (5,828% - 12,1%) mit signifikant niedrigeren

Werten für den Norbergwinkel. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Norbergwinkelmessungen präziser sind als Distractionsindexmessungen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass sich der Intraklassenkorrelationskoeffizient auf die Genauigkeit von zwei (oder mehr) Messungen bezieht, während der Variationskoeffizient die Genauigkeit der Messungen in Bezug auf den Mittelwert aller Messungen darstellt. Die geringere Variabilität des Norbergwinkels könnte somit im Vergleich zum Distractionsindex auf eine weniger breite Streuung der Einzelwerte zurückzuführen sein. Die Interraterreliabilität wie auch die Intraraterreliabilität von Norbergwinkel und Distractionsindex zeigen insgesamt ähnliche Ergebnisse mit einem ausgezeichneten Intraklassenkorrelationskoeffizienten für beide Methoden. Andere Untersuchungen haben dies bereits für den Distractionsindex ergeben (Froes et al., 2009; Smith, LaFond u. Gregor, 1997). Allerdings steht das Ergebnis im Gegensatz zu einer aktuellen Studie, in der die Variabilität des Norbergwinkels viel höher war als beim Distractionsindex (Broeckx et al., 2018). Das ist überraschend und konnte in dieser Studie nicht reproduziert werden. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs in der anderen Studie besteht die Vermutung, dass der Unterschied durch Ausreißer verursacht sein könnte.

Beim Vergleich der Interraterreliabilität zwischen den beiden erfahrenen Auswertern konnte kein Unterschied festgestellt werden, weder für den Norbergwinkel noch für den Distractionsindex. Beim Vergleich des Variationskoeffizienten zwischen einem erfahrenen und einem unerfahrenen Auswerter war die Übereinstimmung für den Distractionsindex (12,1%) im Vergleich mit dem Ergebnis der Intraraterreliabilität etwas schlechter als für den Norbergwinkel (2,192%), aber die Unterschiede scheinen vernachlässigbar und der Intraklassenkorrelationskoeffizient ist sowohl für den Distractionsindex (0,947) als auch den Norbergwinkel (0,936) ausgezeichnet. Dies könnte daran liegen, dass in Deutschland hauptsächlich die FCI-Methode zur Beurteilung von Hüftgelenken verwendet wird und diese Messung daher häufiger durchgeführt wird.

## 6. Untersucherassoziierte Variabilität

Bei der untersucherassoziierten Variabilität wird der Einfluss der Anfertigung der Röntgenaufnahmen untersucht. Um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden muss die Variabilität der Intraraterauswertung berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse zeigen nur geringe Unterschiede bei Betrachtung des Distraktionsindex und des Norbergwinkels. Obwohl in einer Studie bei einer Beckenneigung von weniger als 15° ein vernachlässigbarer Effekt auf den Distraktionsindex festgestellt wurde (Smith et al., 1990) und eigene Beobachtungen zeigen, dass sich eine Beckenneigung auf den Norbergwinkel auswirkt (Hauser et al., 2017), scheint der Norbergwinkel (ICC: 0,962; CoV 1,709%) bei wiederholten Aufnahmen etwas präzisere Ergebnisse zu liefern als der Distraktionsindex (ICC: 0,892; CoV 13,722%). Die Werte des Variationskoeffizient der Intraraterreliabilität liegen bei beiden Methoden (FCI und PennHIP) unter den Werten des Variationskoeffizient der untersucherassoziierten Variabilität. Das unterstützt die Annahme, dass der Einfluss der Messung auf die Beurteilung der untersucherassoziierten Variabilität zu vernachlässigen ist. Die Erfahrung des Untersuchers in einer Methode kann die Wiederholbarkeit beeinflussen. Obwohl der Autor PennHIP-zertifiziert ist, werden Distraktions-Röntgenaufnahmen an der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik nicht regelmäßig durchgeführt, und die Positionierung ist subjektiv schwieriger, da zusätzliche Aufmerksamkeit auf die Positionierung des Distraktors gelegt werden muss.

Eine mögliche Limitation in der Beurteilung der Variabilität zwischen verschiedenen Untersuchern ergibt sich aus der Beschränkung auf die messbaren Werte „Norbergwinkel“ und „Distraktionsindex“.

## 7. Übereinstimmung zwischen FCI und PennHIP

Bei den Auswertungen zeigt sich generell eine Korrelation zwischen FCI-Klasse und Hüftlockerheit, wobei beobachtet werden kann, dass der Distraktionsindex bei Vorliegen mittlerer oder schwerer Hüftgelenksdysplasie weniger aussagekräftig ist als der Norbergwinkel.

Der Norbergwinkel zeigt in dieser Studie mit zunehmendem HD-Grad

kontinuierlich abfallende Werte. Beim Distractionsindex nehmen die Werte bis zur FCI-Kategorie D zu, zeigen jedoch für Hunde in Kategorie E fälschlicherweise bessere Werte. Dieser Effekt kann anderen Studien zufolge durch die Fibrosierung der Gelenkkapsel in zunehmendem Alter bei ursprünglich erhöhter Lockerheit (Gold et al., 2009) erklärt werden. In der Praxis dürfte diese Einschränkung jedoch nicht ins Gewicht fallen, da die meisten dieser Tiere aufgrund von arthrotischen Veränderungen bereits vorher als erkrankt erkannt werden und damit von der Auswertung des Distractionsindex ausgeschlossen werden. Möglicherweise ist die Korrelation mit dem Norbergwinkel durch dessen Einfluss als eines der Kriterien für die FCI-Klassifikation verursacht. Da der Norbergwinkel jedoch neben der Lockerheit auch Rückschlüsse auf die Konformation des Gelenks erlaubt, lässt er sich auch bei Vorliegen degenerativer Veränderungen anwenden. Eine Beschränkung alleine auf das Vorliegen arthrotischer Veränderungen und den Distractionsindex, wie bei der PennHIP-Methode vernachlässigt andere Merkmale, die ebenfalls einen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer Hüftgelenksdysplasie haben können, wie z.B. die Form des kranial-lateralen Acetabulumrands und damit die knöchernen Stabilisierung des Gelenks.

Beide Methoden lieferten ähnliche Ergebnisse bei der Beurteilung als Hüftgelenk ohne Anzeichen für Hüftgelenksdysplasie. Während 28,1% der Hunde nach der FCI-Methode als frei von Hüftgelenksdysplasie "A" eingestuft wurden, hatten mit 24,5% etwa gleich viele Hunde einen DI-Wert unter 0,3, der mit einem geringen Risiko für degenerative Gelenkerkrankungen nach der PennHIP-Methode vereinbar war.

Die Bewertung der Sensitivität und Spezifität der Cut-off-Werte legt nahe, dass der Distractionsindex (Sensitivität von 82,7% und Spezifität von 84,21%) dem Norbergwinkel (Sensitivität von 82,7% und Spezifität von 71,9%) überlegen ist, um zwischen nicht-dysplastischen (A+B) und dysplastischen (C+D+E) Hüften gemäß der FCI-Klassifikation zu unterscheiden.

Die Kategorisierung in die Klassen „A“ – „E“ ist in den Richtlinien der Fédération Cynologique Internationale eindeutig beschrieben, es

existieren jedoch keine Angaben wie zu verfahren ist, wenn einzelne Merkmale von der Beschreibung abweichen. Dies ist möglicherweise eine weitere Erklärung für die hohe Variation der Interraterreliabilität. Ebenso existieren keine genauen Angaben zur Einteilung in die häufig verwendeten Subgruppen „1“ und „2“, welche in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt wurde.

Die Bewertung der subjektiven Merkmale ist schwer zu beurteilen, da häufig ein fließender Übergang besteht. Daher ist eine hohe Variabilität bei der Bewertung zu erwarten, was auch von Geissbühler (2017) festgestellt wurde. Da die fest vorgeschriebenen Merkmalsausprägungen der FCI-Klassifikation keine Rasseunterschiede berücksichtigen sind Differenzen zwischen verschiedenen Rassen zu erklären.

Bei der PennHIP-Methode fällt sowohl die Gruppe mit geringem Risiko für Hüftgelenksdysplasie ( $DI < 0,3$ ) als auch die Gruppe mit erhöhtem Risiko für Hüftgelenksdysplasie ( $DI > 0,7$ ) klein aus, während die Gruppe mit der Übergangsform sehr groß ist. Bei der FCI-Methode zeigen die Gruppen im Vergleich eine wesentlich homogenere Verteilung zwischen den Gruppen A (keine Anzeichen von HD) bis E (schwere Hüftgelenksdysplasie). Abbildung 20 zeigt eine hypothetische Verteilung der Gruppen, die tatsächlichen Ergebnisse dieser Studie sind in Kapitel IV beschrieben. Der mittlere Balken stellt eine hypothetische Diskriminierung zwischen gesunden und kranken Tieren dar. In der Realität lassen sich die beiden Gruppen aus bereits erwähnten Gründen nicht klar voneinander abgrenzen und die Punkte spiegeln einzelne Ausreißer wieder.

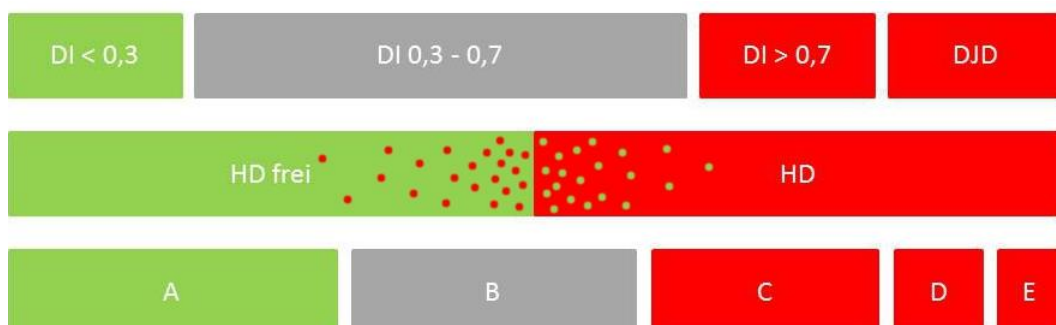


Abbildung 20: Der mittlere Balken stellt die Population dar. Phänotypisch gibt es einen fließenden Übergang zwischen HD-freien Tieren (links) und Tieren mit HD (rechts). Der obere Balken stellt exemplarisch die Kategorisierung nach der PennHIP-Methode dar und der untere Balken die Kategorisierung nach der FCI-Methode. Je nach Wahl des

Schwellenwertes sowie der Anzahl der Kategorien und damit auch der Größe der Kategorien wird auch die Sensitivität und Spezifität beeinflusst.

Obwohl beide Verfahren in der Lage sind, die sehr guten und die sehr schlechten Hüften zu erfassen, erklärt die unterschiedlich große Gruppe der Übergangszonen die unterschiedlichen Ergebnisse von Sensitivität und Spezifität bei verschiedenen Studien.

## **8. Limitationen**

Letztendlich hängt die Selektion der Zuchttiere von vielen Kriterien ab. In dieser Studie werden lediglich die Methoden der Phänotypisierung behandelt. Die Zuchtvorschriften der einzelnen Zuchtverbände variieren und die Auswahl der Zuchttiere erfolgt schlussendlich durch Züchter unter Beachtung weiterer Kriterien. Aus züchterischer Sicht sollte die Selektion nicht nur auf die Eradikation der Hüftgelenkdysplasie ausgerichtet sein, es müssen sowohl andere erbliche Erkrankungen als auch die Rasseziele beachtet werden.

Bei der FCI-Methode werden die Tiere mit Hüften der Kategorie B (Übergangsform) üblicherweise noch zur Zucht zugelassen, es gibt jedoch Ausnahmeregelungen, die hier vernachlässigt wurden und ggf. die Ergebnisse beeinträchtigen. Dies erschwert den Vergleich und erklärt teilweise auftretende Diskrepanzen.

Es gibt deutliche Unterschiede im Norbergwinkel und Distaktionsindex zwischen den verschiedenen FCI Rassekategorien. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit denen anderer Studien, die rassespezifische Unterschiede aufwiesen (Culp et al., 2006; Runge et al., 2010) und sind durch rassespezifische Gelenkkonformität und Lockerheit erklärbar.

Bei der PennHIP-Methode werden die Ergebnisse bereits in Bezug auf die Rasse geliefert, jedoch sollten Unterschiede in den verschiedenen Tierpopulationen (d.h. in verschiedenen Ländern) berücksichtigt werden. Aufgrund der Vielfalt der Rassen in dieser Studie war es nicht möglich die Auswirkungen dieses Faktors bei einzelnen Rassen zu vergleichen.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass rassespezifische Schwellenwerte, wie bei der PennHIP-Methode, auch für den Norbergwinkel sinnvoll wären.

Daher sollte in Betracht gezogen werden, rassespezifische Grenzwerte für den Norbergwinkel festzulegen.

Bei der PennHIP-Methode basiert die Selektion auf den Ergebnissen des ordinalskalierten Distractionsindex. Der Vorteil eines ordinalskalierten Grenzwertes ist eine präzisere Steuerung des Selektionsdrucks und damit des Zuchtfortschritts. Bei der FCI-Methode können die Individuen innerhalb der nominalskalierten Klassen nicht weiter differenziert werden. Allerdings hinkt der Vergleich zwischen dem Distractionsindex und den FCI-Klassen insofern, als dass diese Art der Beurteilung auch für den Norbergwinkel denkbar wäre. So könnte z.B. innerhalb der FCI-Klassen eine zusätzliche Selektion anhand der Norbergwinkelwerte erfolgen.

Eine Angabe der gemessenen Norbergwinkelwerte im Gutachten, wie es in anderen Ländern teilweise durchgeführt wird wäre denkbar um eine höhere Transparenz zu schaffen und erlaubt dem Züchter eigenverantwortlich eine umfassendere und zielgerichtetere Entscheidung bei der Auswahl seiner Zuchttiere zu treffen.

Eine Einschränkung bei der Auswertung des Norbergwinkels besteht durch die feste Einteilung unabhängig von der Rasse. Es gibt jedoch Studien, die deutliche Rasseunterschiede beim Norbergwinkel beschreiben (Comhaire u. Schoonjans, 2011). Bei der FCI-Methode in Deutschland werden Hunde einer Rasse stets vom selben Gutachter bewertet. Das lässt vermuten, dass Rasseunterschiede dadurch individuell ausgeglichen werden. Eine objektivere Methode wäre jedoch wie von Tomlinson (2000) publiziert, rassespezifische Norbergwinkelgrenzwerte zu verwenden oder wie von Comhaire (2011) vorgeschlagen, eine Bewertung anhand eines prozentualen Rangs innerhalb der Rasse zu treffen.

## VI. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass der Distaktionsindex als einzelnes Kriterium für die Beurteilung von Hüften mit degenerativen Gelenkerkrankungen nicht geeignet ist. Dies wird in der offiziellen PennHIP-Bewertung durch die Beurteilung auf das Vorliegen von Arthrosen berücksichtigt. Bei der Auswahl der Methode zur Beurteilung von Gelenken mit degenerativen Gelenkveränderungen scheint die Messung des Norbergwinkels daher besser geeignet.

Während beide Methoden vergleichbar waren, um gute Hüftgelenke („A“, frei von HD, geringes Risiko für Arthrose) zu identifizieren, zeigt der Distaktionsindex im Vergleich zum Norbergwinkel eine signifikant bessere Sensitivität und Spezifität, um zwischen den für die Zucht relevanten Gruppen nicht-dysplastisch (A+B) und dysplastisch (C, D, E) zu unterscheiden. In der Subgruppe zur offiziellen Zuchtuntersuchung auf Hüftgelenksdysplasie war ein Distaktionsindex von 0,436 der beste Wert, um zwischen dysplastischen und nicht-dysplastischen Gelenken zu unterscheiden.

Intra- und Interraterreliabilität zeigen sowohl für den Norbergwinkel als auch für den Distaktionsindex hervorragende Ergebnisse. Damit können sowohl der Norbergwinkel als auch der Distaktionsindex als gleichermaßen zuverlässig messbare Werte angesehen werden. Die untersucherassoziierte Variabilität war für den Norbergwinkel im Vergleich zum Distaktionsindex etwas besser.

Für die Zuchtverbände, die die FCI-Methode anwenden, könnte die Beurteilung des Distaktionsindex als zusätzliches diagnostisches Instrument für Entscheidungen bei Unstimmigkeiten innerhalb der FCI-Methode eingesetzt werden.

Insbesondere die Grundlagenforschung sollte vorangetrieben werden, um bessere Aussagen über primäre und sekundäre Arthrosen treffen zu können. Erst wenn diese Frage geklärt ist und objektive Langzeitkontrollen auf Basis dieser Ergebnisse zur Verfügung stehen, können genauere Aussagen zur Validität getroffen werden.





## VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die Hüftgelenksdysplasie ist die häufigste orthopädische Erkrankung des Hundes. Bei der Hüftgelenksdysplasie handelt es sich um eine multifaktoriell bedingte Erkrankung mit einer polygenetisch erblichen Komponente. Obwohl mit der juvenilen Symphysiodese und der Hüftgelenksendoprothese heutzutage gute Ergebnisse erzielt werden und auch konservative Behandlungsmethoden die Symptome mindern können, existiert keine kausale Therapie für die Hüftgelenksdysplasie des Hundes. Dieser Umstand erklärt den hohen Stellenwert der züchterischen Selektion um die Prävalenz der Erkrankung zu reduzieren. Trotz intensiver Bemühungen über mehrere Jahrzehnte haben diverse Zuchtprogramme aufgrund verschiedener Ursachen teilweise nur limitierten Einfluss auf die Inzidenz der Hüftgelenksdysplasie.

Einige Studien haben gezeigt, dass die Lockerheit des Gelenks, die auch eine relativ hohe Heritabilität aufweist, starken Einfluss auf die Ausprägung der Hüftgelenksdysplasie hat. Wie auch andere Stressaufnahmen des Hüftgelenks, erlaubt die PennHIP-Methode mit der Messung des Distraaktionsindex Rückschlüsse auf die Lockerheit des Gelenks.

In dieser Studie wurden die Ergebnisse der FCI-Methode und der PennHIP-Methode an Röntgenaufnahmen von 282 Hunden in einer deutschen Population verglichen. Um die untersucherassoziierte Variabilität und die Intra- und Interraterzuverlässigkeit zu untersuchen wurden Röntgenaufnahmen und Messungen an einer Subgruppe wiederholt.

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass Intra- und Interraterreliabilität sowohl für den Norbergwinkel als auch für den Distraaktionsindex hervorragende Ergebnisse aufweisen. Damit können sowohl der Norbergwinkel als auch der Distraaktionsindex als gleichermaßen zuverlässig messbare Werte angesehen werden. Die untersucherassoziierte Variabilität war für den Norbergwinkel im Vergleich zum Distraaktionsindex etwas besser.

Der Distraktionsindex zeigt im Vergleich zum Norbergwinkel eine signifikant bessere Sensitivität und Spezifität, um zwischen den für die Zucht relevanten Gruppen nicht dysplastisch (A+B) und dysplastisch (C+D+E) zu unterscheiden. In der Subgruppe zur offiziellen Zuchtuntersuchung auf Hüftgelenksdysplasie war ein Distraktionsindex von 0,436 optimal, um zwischen dysplastischen und nicht-dysplastischen Gelenken zu unterscheiden.

Der Norbergwinkel zeigt in dieser Studie mit zunehmendem HD-Grad kontinuierlich abfallende Werte und ist dem Distraktionsindex bei Vorliegen mittlerer oder schwerer Hüftgelenksdysplasie überlegen.

Schlussfolgernd zeigen die vorliegenden Untersuchungen, dass die Messung des Distraktionsindex in Zweifelsfällen, in dem für die Zucht relevanten Bereich, zwischen der Übergangsform (B) und leichter Hüftgelenksdysplasie (C), wertvolle zusätzliche Informationen liefern kann.

## VIII. SUMMARY

Canine hip dysplasia is the most common orthopaedic disease in dogs. Canine hip dysplasia is a multifactorial disease with a polygenetic hereditary component. Although nowadays good results may be achieved with juvenile pelvic symphysiodesis and total hip replacement and even conservative treatment is able to improve the symptoms, there is no causal therapy for canine hip dysplasia. This explains the importance of breeding selection to reduce the prevalence of the disease. Despite intensive efforts over several decades, various breeding programs have only limited influence on the incidence of canine hip dysplasia due to various causes.

Some studies have shown that laxity of the hip joint, which was shown to have high heritability, has a strong influence on the severity of hip dysplasia. Like other stress radiographs of the hip joint, the PennHIP method allows evaluations of the laxity of the joint by measuring the distraction index.

In this study the results of the FCI method and the PennHIP method were compared on pelvic radiographs of 282 dogs in a German veterinary teaching hospital population. To evaluate intraoperator variability and intra- and interrater reliability radiographs and measurements were repeated in a subgroup.

Intra- and interrater reliability for both the Norberg angle and the distraction index show excellent results. Thus, both the Norberg angle and the distraction index can be regarded as equally reliable measurable values. The intraoperator variability was slightly better for the Norberg angle compared to the distraction index.

The distraction index shows a significantly better sensitivity and specificity compared to the Norberg angle to distinguish between the groups relevant for breeding, non-dysplastic (A+B) and dysplastic (C+D+E). In the subgroup of official breeding examinations for hip dysplasia a distraction index of 0.436 was optimal to distinguish between dysplastic and non-dysplastic joints.

In this study, the Norberg angle shows continuously decreasing values with increasing FCI-Grade and is superior to the distraction index in the presence of moderate or severe hip dysplasia.

In conclusion, the investigations show that the measurement of the distraction index may provide valuable additional information in cases of doubt within the FCI method, to distinguish between borderline (B) and mild hip dysplasia (C).

## IX. LITERATURVERZEICHNIS

Adams, W.M., Dueland, R.T., Meinen, J., O'Brien, R.T., Giuliano, E. & Nordheim, E. V. (1998). Early detection of canine hip dysplasia: comparison of two palpation and five radiographic methods. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 34 (4), 339–347.

Amort, K., Ondreka, N. & Tellhelm, B. (2015). Röntgendiagnostik der Hüftgelenksdysplasie – Anfertigung der Röntgenaufnahmen, Befunde und Besonderheiten. *Deutscher Rottweiler Verein*.

Bergh, M.S. & Budsberg, S.C. (2014). A Systematic Review of the Literature Describing the Efficacy of Surgical Treatments for Canine Hip Dysplasia (1948-2012). *Veterinary Surgery*, 43 (5), 501–506. doi:10.1111/j.1532-950X.2014.12208.x

Bliss, S.P., Todhunter, R.J., Quaas, R., Casella, G., Wu, R., Lust, G. et al. (2002). Quantitative genetics of traits associated with hip dysplasia in a canine pedigree constructed by mating dysplastic Labrador Retrievers with unaffected Greyhounds. *American journal of veterinary research*, 63 (7), 1029–1035.

Boernfors, S., Pallson, K. & Skude, G. (1964). HEREDITARY ASPECTS OF HIP DYSPLASIA IN GERMAN SHEPHERD DOGS. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 145, 15–20.

Broeckx, B., Verhoeven, G., Coopman, F., Van Haeringen, W., Bosmans, T., Gielen, I. et al. (2014). The effects of positioning, reason for screening and the referring veterinarian on prevalence estimates of canine hip dysplasia. *The Veterinary Journal*, 201 (3), 378–384. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tvjl.2014.05.023

Broeckx, B., Vezzoni, A., Bogaerts, E., Bertal, M., Deforce, D., Peelman,

- L. et al. (2018). Comparison of Three Methods to Quantify Laxity in the Canine Hip Joint. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 31, 23–29.
- Budsberg, S.C., Verstraete, M.C. & Soutas-Little, R.W. (1987). Force plate analysis of the walking gait in healthy dogs. *American journal of veterinary research*, 48 (6), 915–8.
- Butler, J.A., Colles, C.M., Dyson, S.J., Kold, S.E. & Poulos, P.W. (2017). *Clinical Radiology of the Horse* (4th Editio.). Wiley-Blackwell.
- Comhaire, F.H. & Schoonjans, F. a. (2011). Canine hip dyslasia: the significance of the Norberg angle for healthy breeding. *The Journal of small animal practice*, 52 (10), 536–542. doi:10.1111/j.1748-5827.2011.01105.x
- Corfield, G.S., Read, R. a, Eastley, K. a, Richardson, J.L., Robertson, I.D. & Day, R. (2007). Assessment of the hip reduction angle for predicting osteoarthritis of the hip in the Labrador Retriever. *Australian veterinary journal*, 85 (6), 212–216. doi:10.1111/j.1751-0813.2007.00143.x
- Culp, W.T.N., Kapatkin, A.S., Gregor, T.P., Powers, M.Y., McKelvie, P.J. & Smith, G.K. (2006). Evaluation of the Norberg angle threshold: a comparison of Norberg angle and distraction index as measures of coxofemoral degenerative joint disease susceptibility in seven breeds of dogs. *Veterinary surgery*, 35 (5), 453–459. doi:10.1111/j.1532-950X.2006.00174.x
- Dassler, C.L. (2003). CHD Diagnosis and nonsurgical treatment. *Slatter - Small Animal Surgery*.
- Dennis, R. (2012). Interpretation and use of BVA/KC hip scores in dogs. *In Practice*, 34 (4), 178–194. doi:10.1136/inp.e2270

- Edwards, S.M., Woolliams, J.A., Hickey, J.M., Blott, S.C., Clements, D.N., Sánchez-Molano, E. et al. (2018). Joint genomic prediction of canine hip dysplasia in UK and US labrador retrievers. *Frontiers in Genetics*, 9 (MAR), 1–12. doi:10.3389/fgene.2018.00101
- Engler, J. (2009). *Populationsgenetische Analysen zur Ellbogen- und Hüftgelenkdysplasie beim Labrador Retriever*. Dissertation.
- Ettinger, S. & Feldman, E. (2010). *Textbook of veterinary internal medicine* (7th Auflage). Saunders.
- Evans, H. & de Lahunta, A. (2013a). Arthrology. In H. Evans & A. de Lahunta (Hrsg.), *Miller's Anatomy of the Dog* (4. Auflage, S. 158–184). St. Louis: Elsevier.
- Evans, H. & de Lahunta, A. (2013b). The Skeleton. In H. Evans & A. de Lahunta (Hrsg.), *Miller's Anatomy of the Dog* (4. Auflage, S. 80–157). Elsevier.
- Farese, J.P., Todhunter, R.J., Lust, G., Williams, A.J. & Dykes, N.L. (1998). Dorsolateral subluxation of hip joints in dogs measured in a weight-bearing position with radiography and computed tomography. *Veterinary surgery*, 27 (5), 393–405.
- Fédération Cynologique Internationale. (2009). Anforderungen an die Röntgenaufnahmen zur Diagnose der Hüftgelenkdysplasie. Zugriff am 24.3.2016. Verfügbar unter: <http://www.fci.be/medias/SCI-REG-DYS-HAN-PRO-de-618.pdf>
- Fels, L. & Distl, O. (2014). Identification and validation of Quantitative Trait Loci (QTL) for Canine Hip Dysplasia (CHD) in German Shepherd Dogs. *PLoS ONE*, 9 (5). doi:10.1371/journal.pone.0096618



- Fikse, F., Malm, S. & Lewis, T.W. (2013). Opportunities for international collaboration in dog breeding from the sharing of pedigree and health data. *Veterinary Journal*, 197 (3), 873–875. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tvjl.2013.04.025
- Flückiger, M. (2007a). Scoring radiographs for canine Hip Dysplasia - The big three organisations in the world. *European journal of companion animal practice*, 17 (2), 135–140.
- Flückiger, M. (2007b). How to take and read hip joint radiographs in a structured way. *European journal of companion animal practice*, 17 (2), 133–134.
- Flückiger, M., Friedrich, G. & Binder, H. (1999). A radiographic stress technique for evaluation of coxofemoral joint laxity in dogs. *Veterinary surgery*, 28 (1), 1–9.
- Freeman, B., Evans, V.B. & McEwan, N.R. (2013). Canine hip dysplasia in Irish water spaniels: two decades of gradual improvement. *Veterinary Record*, 173 (3), 72–72. doi:10.1136/vr.101152
- Froes, T.R., Garcia, D. a a, Schmidlim, P.C., Parchen, H.D. & Souza, a C.R. (2009). Estudo comparativo e análise interobservador entre dois métodos de avaliação da displasia coxofemoral de cães. *Archives of Veterinary Science*, 14 (4), 187–197.
- Geissbühler, U., Drazovic, S., Lang, J. & Howard, J. (2017). Inter-rater agreement in radiographic canine hip dysplasia evaluation. *Veterinary Record*, 180 (14), 357. doi:10.1136/vr.104053
- Genevois, J.-P., Chanoit, G., Carozzo, C., Remy, D., Fau, D. & Viguiet, E. (2006). Influence of anaesthesia on canine hip dysplasia score. *Journal of veterinary medicine. A, Physiology, pathology, clinical medicine*, 53 (8), 415–417. doi:10.1111/j.1439-0442.2006.00845.x

- Genevois, J.P., Cachon, T., Fau, D., Carozzo, C., Viguier, E., Collard, F. et al. (2007). Canine hip dysplasia radiographic screening. Prevalence of rotation of the pelvis along its length axis in 7,012 conventional hip extended radiographs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, 20 (4), 296–298. doi:10.1160/VCOT-07-01-0007
- Ginja, M.M.D., Gonzalo-Orden, J.M., Melo-Pinto, P., Bulas-Cruz, J., Orden, M. a., San-Roman, F. et al. (2008). Early hip laxity examination in predicting moderate and severe hip dysplasia in Estrela mountain dog. *The Journal of small animal practice*, 49 (12), 641–646. doi:10.1111/j.1748-5827.2008.00629.x
- Gold, R.M., Gregor, T.P., Huck, J.L., McKelvie, P.J. & Smith, G.K. (2009). Effects of osteoarthritis on radiographic measures of laxity and congruence in hip joints of Labrador Retrievers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 234 (12), 1549–1554. doi:10.2460/javma.234.12.1549
- Greene, L.M., Marcellin-little, D.J. & Lascelles, B.D.X. (2013). Associations among exercise duration, lameness severity, and hip joint range of motion in Labrador Retrievers with hip dysplasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242 (11).
- Guilliard, M. (2014). The PennHIP method of predicting canine hip dysplasia. *In Practice*, 36 (2), 66–74. doi:10.1136/inp.f7486
- Hare, W.C.D. (1961). The Ages at Which the Centers of Ossification Appear Roentgenographically in the Limb Bones of the Dog. *American journal of veterinary research*, 22 (90), 825–835.
- Hartmann, P., Stock, K.F. & Distl, O. (2010). Multivariate genetische Analyse der Hüft- und Ellbogengelenkdysplasie sowie der Osteochondrose des Schultergelenks beim Berner Sennenhund. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, 123 (11/12), 488–

495.

Hauser, S., Hoffmann, A.-S., Klever, J. & Brühschwein, Andreas Meyer-Lindenberg, A. (2017). Vergleich der Auswertung und deren Einfluss auf die Befunderhebung bei verschiedenen Lagerungen des Beckens und der Femora bei der HD-Auswertung. *VETResearchRetreat*. LMU Munich.

Hays, L., Zhang, Z., Mateescu, R.G., Lust, G., Burton-Wurster, N.I. & Todhunter, R.J. (2007). Quantitative genetics of secondary hip joint osteoarthritis in a Labrador Retriever-Greyhound pedigree. *American journal of veterinary research*, 68 (1), 35–41. doi:10.2460/ajvr.68.1.35

Hermanson, J.W. (2013). The Muscular System. In H. Evans & A. de Lahunta (Hrsg.), *Miller's Anatomy of the Dog* (4. Auflage, S. 185–280). Elsevier.

Heyman, S. & Smith, G.K. (1993). Biomechanical study of the effect of coxofemoral positioning on passive hip joint laxity in dogs. *American journal of Veterinary Research*, 54 (2), 210–215.

Hou, Y., Wang, Y., Lu, X., Zhang, X., Zhao, Q., Todhunter, R.J. et al. (2013). Monitoring Hip and Elbow Dysplasia Achieved Modest Genetic Improvement of 74 Dog Breeds over 40 Years in USA. *PLoS ONE*, 8 (10). doi:10.1371/journal.pone.0076390

Hou, Y., Wang, Y., Lust, G., Zhu, L., Zhang, Z. & Todhunter, R.J. (2010). Retrospective analysis for genetic improvement of hip joints of cohort labrador retrievers in the United States: 1970-2007. *PLoS ONE*, 5 (2). doi:10.1371/journal.pone.0009410

Inoue, M., Kwan, N. & Sugiura, K. (2018). Estimating the life expectancy of companion dogs in Japan using pet cemetery data. *Journal of Veterinary Medical Science, ahead of p.*

doi:<https://doi.org/10.1292/jvms.17-0384>

International Commission on Radiological Protection. (1977). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Zugriff am 4.4.2016. Verfügbar unter: [http://ani.sagepub.com/content/suppl/2013/06/25/1.3.DC1/P\\_026\\_JAI\\_CRP\\_1\\_3\\_Recommendations\\_of\\_the\\_ICRP\\_Alt\\_Cover\\_X.pdf](http://ani.sagepub.com/content/suppl/2013/06/25/1.3.DC1/P_026_JAI_CRP_1_3_Recommendations_of_the_ICRP_Alt_Cover_X.pdf)

Katic, N., Bockstahler, B., Mueller, M. & Peham, C. (2009). Fourier analysis of vertical ground reaction forces in dogs with unilateral hind limb lameness caused by degenerative disease of the hip joint and in dogs without lameness. *American journal of veterinary research*, 70 (1), 118–126. doi:10.2460/ajvr.70.1.118

Kealy, R.D., Lawler, D.F., Ballam, J.M., Lust, G., Biery, D.N., Smith, G.K. et al. (2000). Evaluation of the effect of limited food consumption on radiographic evidence of osteoarthritis in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 217 (11), 1678–1680.

Kealy, R.D., Olsson, S. & Monti, K. (1992). Effects of limited food consumption on the incidence of hip dysplasia in growing dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 201 (6), 857–863.

Kirberger, R.M. & McEvoy, F.J. (2016). *BSAVA Manual of Canine and Feline Musculoskeletal Imaging*. British Small Animal Veterinary Association.

Kirkby, K. a & Lewis, D.D. (2011). Canine Hip Dysplasia: Reviewing the Evidence for Nonsurgical Management. *Veterinary surgery*, 41, 2–9. doi:10.1111/j.1532-950X.2011.00928.x

König, H.-G. & Liebich, H.E. (2014). *Anatomie der Haussäugetiere* (6. Auflage).

- Koo, T.K. & Li, M.Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine*, 15 (2), 155–163. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.jcm.2016.02.012
- Köppel, E. (1989). Die Entwicklung des Azetabulum - eine Möglichkeit zur Frühdiagnostik der HD? *Der praktische Tierarzt*, (12), 31.
- Kräußlich, H. & Brem, G. (1997). *Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner*. Enke. Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Heritabilität>
- Lavrijsen, I.C.M., Heuven, H.C.M., Meij, B.P., Theyse, L.F.H., Nap, R.C., Leegwater, P. a J. et al. (2014). Prevalence and co-occurrence of hip dysplasia and elbow dysplasia in Dutch pure-bred dogs. *Preventive Veterinary Medicine*, 114 (2), 114–122. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.prevetmed.2014.02.001
- Leighton, E. (1997). Genetics of canine hip dysplasia. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 210 (10), 1474–1479.
- Leppänen, M. & Saloniemi, H. (1999). Controlling canine hip dysplasia in Finland. *Preventive veterinary medicine*, 42 (2), 121–131. doi:10.1016/S0167-5877(99)00059-8
- Lewis, T.W., Blott, S.C. & Woolliams, J.A. (2013). Comparative analyses of genetic trends and prospects for selection against hip and elbow dysplasia in 15 UK dog breeds. *BMC Genetics*, 14 (1), 1. BMC Genetics. doi:10.1186/1471-2156-14-16
- Lühmann, D., Haunschild, B. & Raspe, H.-H. (2000). *Hüftgelenkendoprothetik bei Osteoarthrose: eine Verfahrensbewertung*.

- Lust, G., Todhunter, R.J., Erb, H.N., Dykes, N.L., Williams, A.J., Burton-Wurster, N.I. et al. (2001). Comparison of three radiographic methods for diagnosis of hip dysplasia in eight-month-old dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219 (9), 1242–1246.
- Malm, S., Fikse, F., Danell, B. & Strandberg, E. (2008). Genetic variation and genetic trends in hip and elbow dysplasia in Swedish Rottweiler and Bernese Mountain Dog. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 125 (6), 403–412. doi:10.1111/j.1439-0388.2008.00725.x
- Malm, S., Fikse, F., Egenvall, A., Bonnett, B.N., Gunnarsson, L., Hedhammar, ??ke et al. (2010). Association between radiographic assessment of hip status and subsequent incidence of veterinary care and mortality related to hip dysplasia in insured Swedish dogs. *Preventive Veterinary Medicine*, 93 (2–3), 222–232. doi:10.1016/j.prevetmed.2009.09.017
- Marian, A. (1967). The binomial distribution of right, mixed and left handedness. *The Quarterly journal of experimental psychology*, 19 (4), 327–333. doi:10.1080/14640746708400109
- Mateescu, R.G., Burton-Wurster, N.I., Tsai, K., Phavaphutanon, J., Zhang, Z., Murphy, K.E. et al. (2008). Identification of quantitative trait loci for osteoarthritis of hip joints in dogs. *American journal of veterinary research*, 69 (10), 1294–1300. doi:10.2460/ajvr.69.10.1294
- Morgan, J.P. (1987). Canine Hip Dysplasia. *Veterinary Radiology*, 28 (1), 2–5. doi:10.1111/j.1740-8261.1987.tb01714.x
- Nickel, R., Schummer, A. & Seiferle, E. (2003). *Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Band I: Bewegungsapparat*.
- Oberbauer, A.M., Keller, G.G. & Famula, T.R. (2017). Long-term genetic selection reduced prevalence of hip and elbow dysplasia in 60 dog

breeds. *PLoS ONE*, 12 (2), 1–21. doi:10.1371/journal.pone.0172918

Ohlerth, S., Busato, A., Rauch, M., Weber, U. & Lang, J. (2003). Comparison of three distraction methods and conventional radiography for early diagnosis of canine hip dysplasia. *The Journal of small animal practice*, 44 (12), 524–529.

Powers, M.Y., Biery, D.N., Lawler, D.F., Evans, R.H., Shofer, F.S., Mayhew, P.D. et al. (2004). Use of the caudolateral curvilinear osteophyte as an early marker for future development of osteoarthritis associated with hip dysplasia in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 225 (2), 233–237.

Powers, M.Y., Karbe, G.T., Gregor, T.P., McKelvie, P.J., Culp, W.T.N., Fordyce, H.H. et al. (2010). Evaluation of the relationship between Orthopedic Foundation for Animals' hip joint scores and PennHIP distraction index values in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 237 (5), 532–541. doi:10.2460/javma.237.5.532

Riser, W. (1973). The Dysplastic Hip Joint: Its Radiographic and Histologic Development. *Veterinary Radiology*, 14, 35–50.

Risler, A., Klauer, J.M., Keuler, N.S. & Adams, W.M. (2009). Puppy Line, Metaphyseal Sclerosis, and Caudolateral Curvilinear and Circumferential Femoral Head Osteophytes in Early Detection of Canine Hip Dysplasia. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 50 (2), 157–166. doi:10.1111/j.1740-8261.2009.01509.x

Runge, J.J., Kelly, S.P., Gregor, T.P., Kotwal, S. & Smith, G.K. (2010). Distraction index as a risk factor for osteoarthritis associated with hip dysplasia in four large dog breeds. *The Journal of small animal practice*, 51 (5), 264–269. doi:10.1111/j.1748-5827.2010.00937.x

Sánchez-Molano, E., Woolliams, J.A., Pong-wong, R., Clements, D.N.,

- Blott, S.C. & Wiener, P. (2014). Quantitative trait loci mapping for canine hip dysplasia and its related traits in UK Labrador Retrievers. *BMC Genomics*, 15 (833), 1–10.
- Schnelle, G.B. (1935). Some new diseases in dogs. *Am. Kennel Gaz*, (52), 25–26.
- Silvestre, A.M., Ginja, M.M.D., Ferreira, A.J. & Colaço, B.J. (2007). Comparison of estimates of hip dysplasia genetic parameters in Estrela Mountain Dog using linear and threshold models. *Journal of Animal Science*, 85 (8), 1880–1884. doi:10.2527/jas.2007-0166
- Smith, G.K. (2009). PennHIP more than „complementary“ to FCI hip screening method. *The Journal of small animal practice*, 50 (2), 105–106. doi:10.1111/j.1748-5827.2008.00738.x
- Smith, G.K., Biery, D.N. & Gregor, T.P. (1990). New concepts of coxofemoral joint stability and the development of a clinical stress-radiographic method for quantitiating hip joint laxity in the dog. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 196 (1), 59–70.
- Smith, G.K., Gregor, T.P., Rhodes, W. & Biery, D.N. (1993). Coxofemoral joint laxity from distraction radiography and its contemporaneous and prospective correlation with laxity, subjective score, and evidence of degenerative joint disease from conventional hip-extended radiography in dogs. *American journal of Veterinary Research*, 54 (7), 1021–1042.
- Smith, G.K., LaFond, E. & Gregor, T.P. (1997). Within-and between-examiner repeatability of distraction indices of the hip joints in dogs. *American journal of Veterinary Research*, 58 (10), 1076–1077.
- Smith, G.K., LaFond, E. & Heyman, S. (1997). Biomechanical characterization of passive laxity of the hip joint in dogs. *American*



*Journal of Veterinary Research*, 58 (10), 1078–1082.

Smith, G.K., Lawler, D.F., Biery, D.N., Powers, M.Y., Shofer, F.S., Gregor, T.P. et al. (2012). Chronology of Hip Dysplasia Development in a Cohort of 48 Labrador Retrievers Followed for Life. *Veterinary surgery*, 41 (1), 20–33. doi:10.1111/j.1532-950X.2011.00935.x

Smith, G.K., Mayhew, P.D., Kapatkin, A.S., McKelvie, P.J., Shofer, F.S. & Gregor, T.P. (2001). Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, and Rottweilers. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 219 (12), 1719–1724.

Smith, G.K., Paster, E.R., Powers, M.Y., Lawler, D.F., Biery, D.N., Shofer, F.S. et al. (2006). Lifelong diet restriction and radiographic evidence of osteoarthritis of the hip joint in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 229 (5), 690–693. doi:10.2460/javma.229.5.690

Smith, G.K., Popovitch, C. & Gregor, T.P. (1995). Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 206 (5), 642–647.

Stock, K.F., Klein, S., Tellhelm, B. & Distl, O. (2011). Genetic analyses of elbow and hip dysplasia in the German shepherd dog. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 128 (3), 219–229. doi:10.1111/j.1439-0388.2010.00901.x

Sturaro, E., Menegazzo, L., Piccinini, P., Bittante, G., Carnier, P. & Gallo, L. (2006). Prevalence and genetic parameters for hip dysplasia in Italian population of purebred dogs. *Italian Journal of Animal Science*, 5 (June), 107–116.

- Tan, Ü. (1987). Paw preferences in dogs. *International Journal of Neuroscience*, 32 (3–4), 825–829. doi:10.3109/00207458709043336
- Thrall, D.E. & Robertson, I.D. (2016). *Atlas of Normal Radiographic Anatomy & Anatomic Variants in the Dog and Cat*.
- Todhunter, R.J. & Lust, G. (2003). Hip Dysplasia: Pathogenesis. *Slatter - Small Animal Surgery*.
- Tomlinson, J. & Johnson, J.C. (2000). Quantification of measurement of femoral head coverage and Norberg angle within and among four breeds of dogs. *American journal of Veterinary Research*, 61 (12), 1492–1500.
- Verhoeven, G., Coopman, F., Duchateau, L., Saunders, J.H., Van Ryssen, B. & Van Bree, H. (2007). Interobserver agreement in the diagnosis of canine hip dysplasia using the standard ventrodorsal hip-extended radiographic method. *The Journal of small animal practice*, 48 (7), 387–393. doi:10.1111/j.1748-5827.2007.00364.x
- Verhoeven, G., Fortrie, R.R., Van Ryssen, B. & Coopman, F. (2012). Worldwide Screening for Canine Hip Dysplasia: Where Are We Now? *Veterinary surgery*, 41 (1), 10–19. doi:10.1111/j.1532-950X.2011.00929.x
- Vezzoni, A., Dravelli, G., Vezzoni, L., Lorenzi, M. de, Corbari, A., Cirila, A. et al. (2008). Comparison of conservative management and juvenile pubic symphysiodesis in the early treatment of canine hip dysplasia. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, (3), 267–279.
- Wiesner, M. (2015). *Spätergebnisse nach zementierter Totalendoprothetik des Hüftgelenks beim Hund*.

- Wigger, A., Tellhelm, B., Kramer, M. & Rudolf, H. (2008). Influence of femoral head and neck conformation on hip dysplasia in the German Shepherd dog. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, 49 (3), 243–248. doi:10.1111/j.1740-8261.2008.00358.x
- Wilson, B.J., Nicholas, F.W., James, J.W., Wade, C.M., Tammen, I., Raadsma, H.W. et al. (2012). Heritability and phenotypic variation of Canine hip Dysplasia radiographic traits in a cohort of Australian German shepherd dogs. *PLoS ONE*, 7 (6), 1–12. doi:10.1371/journal.pone.0039620
- Wilson, B.J., Nicholas, F.W., James, J.W., Wade, C.M. & Thomson, P.C. (2013). Estimated Breeding Values for Canine Hip Dysplasia Radiographic Traits in a Cohort of Australian German Shepherd Dogs. *PLoS ONE*, 8 (10), e77470. doi:10.1371/journal.pone.0077470
- Wilson, B.J., Nicholas, F.W. & Thomson, P.C. (2011). Selection against canine hip dysplasia: Success or failure? *Veterinary journal*, 189 (2), 160–168. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tvjl.2011.06.014
- Woolliams, J.A., Lewis, T.W. & Blott, S.C. (2011). Canine hip and elbow dysplasia in UK Labrador retrievers. *Veterinary Journal*, 189 (2), 169–176. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tvjl.2011.06.015
- Zhang, Z., Zhu, L., Sandler, J., Friedenber, S., Egelhoff, J., Williams, A.J. et al. (2009). Estimation of heritabilities, genetic correlations, and breeding values of four traits that collectively define hip dysplasia in dogs. *American journal of veterinary research*, 70 (4), 483–492. doi:10.2460/ajvr.70.4.483
- Zhu, L., Zhang, Z., Friedenber, S., Jung, S.-W., Phavaphutanon, J., Vernier-Singer, M. et al. (2009). The long (and winding) road to gene discovery for canine hip dysplasia. *Veterinary journal*, 181 (2), 97–110. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.tvjl.2009.02.008

## TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Heritabilität der canainen Hüftgelenksdysplasie in verschiedenen Studien der letzten 12 Jahre. ....</i>	<i>8</i>
<i>Tabelle 2: Verschiedene Röntgenverfahren für Hüftgelenksdysplasie.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabelle 3: Klassifizierung der Hüftgelenksdysplasie bei der FCI-Methode nach Flückiger (2007a).....</i>	<i>14</i>
<i>Tabelle 4: Klassifizierung des Distraktionsindex, nach Smith (1990).....</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 5: Mittelwerte des Norbergwinkels in der Gesamtpopulation, aufgeteilt nach FCI-Kategorie.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabelle 6: Mittelwerte des Norbergwinkels der offiziellen Zuchtuntersuchungen, aufgeteilt nach FCI-Kategorie.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabelle 7: Mittelwert des Distraktionsindex in der Gesamtpopulation, aufgeteilt nach FCI-Kategorie.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabelle 8: Mittelwert des Distraktionsindex der offiziellen Zuchtuntersuchungen, aufgeteilt nach FCI-Kategorie.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabelle 9: Röntgenologisch darstellbare Veränderungen der Knochenstruktur.....</i>	<i>46</i>



## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: Röntgenologisch kein Hinweis auf Hüftgelenksdysplasie ....</i>	<i>10</i>
<i>Abbildung 2: Bilateral hochgradige Gelenkveränderungen eines Hundes mit Hüftgelenksdysplasie .....</i>	<i>11</i>
<i>Abbildung 3: PennHIP-Distraktor.....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 4: Messung des Distraktionsindex.....</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 5: Lagerung des Hundes für die Röntgenaufnahme in Position 1 nach FCI .....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 6: Lagerung des Hundes für die Kompressionsaufnahme nach PennHIP.....</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 7: Lagerung des Hundes für die Distraktionsaufnahme nach PennHIP.....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 8: Merkmale bzw. Kriterien der Beurteilung nach FCI-Richtlinien .....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 9: Messung des Distraktionsindex im DICOM-Viewer.....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 10: Verteilung der FCI-Rassekategorien in Prozent.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 11: Altersverteilung der untersuchten Hunde.....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 12: Gewichtsverteilung der untersuchten Hunde .....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 13: Vorstellungsgrund der untersuchten Hunde in Prozent.....</i>	<i>34</i>
<i>Abbildung 14: Boxplot der Verteilung des Norbergwinkels in der Gesamtpopulation aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E.....</i>	<i>38</i>
<i>Abbildung 15: Boxplot der Verteilung des Norbergwinkels bei den offiziellen Zuchtuntersuchungen für die FCI-Kategorien A bis E.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 16: Boxplot der Verteilung des Distraktionsindex in der Gesamtpopulation aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E.....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 17: Boxplot der Verteilung des Distraktionsindex bei den offiziellen Zuchtuntersuchungen aufgeteilt nach FCI-Kategorien A bis E.</i>	<i>41</i>
<i>Abbildung 18: ROC-Kurve für Norbergwinkel (NA) und Distraktionsindex (DI) zur Unterscheidung zwischen (A+B) und (C, D, E).....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 19: ROC-Kurve für Norbergwinkel und Distraktionsindex zur Unterscheidung zwischen den besseren 50% und den schlechteren 50% nach der PennHIP-Methode .....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 20: Der mittlere Balken stellt die Population dar. Phänotypisch</i>	

---

*gibt es einen fließenden Übergang zwischen HD-freien Tieren (links) und Tieren mit HD (rechts). Der obere Balken stellt exemplarisch die Kategorisierung nach der PennHIP-Methode dar und der untere Balken die Kategorisierung nach der FCI-Methode. Je nach Wahl des Schwellenwertes sowie der Anzahl der Kategorien und damit auch der Größe der Kategorien wird auch die Sensitivität und Spezifität beeinflusst.*

..... 54

*Abbildung 21: Patientenaufklärungsbogen zum Einverständnis der Teilnahme an der Studie* ..... 83

*Abbildung 22: Eingabemaske zur Erfassung aller ausgewerteten Kriterien* ..... 84

..... 84

*Abbildung 23: Eingabemaske der Interreaderauswertung zur Dokumentation der Mess- und Auswertungsergebnisse nach der FCI-Methode*..... 85

..... 85

*Abbildung 24: Eingabemaske der Interreaderauswertung zur Dokumentation der Auswertungs- und Messergebnisse nach der PennHIP-Methode*..... 86

..... 86

**GERÄTE & MATERIAL**

Axiom Luminos dRF, Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Deutschland
dicomPACS, Oehm&Rehbein GmbH, Rostock, Deutschland
Dräger Medical GmbH, Stuttgart, Deutschland
Office 2010 Excel, Microsoft, Redmond, USA
SPSS 24, IBM, Armonk, USA
MedCalc, MedCalc Software, Ostend, Belgien
PennHIP, ANTECH Imaging Services, Irvine, USA
Vetera, GP.Software, Eltville am Rhein, Deutschland
Propofol 1 – 8 mg/kg (Narcofol 10mg/ml), CP-Pharma GmbH, Burgdorf, Deutschland
Diazepam 0,1 - 0,5 mg/kg (Ziapam 5mg/ml), Ecuphar GmbH, Greifswald, Deutschland
Medetomidin 0,01 - 0,04 mg/kg (Dorbene vet 1mg/ml), Zoetis Deutschland GmbH, Berlin, Deutschland
Dexmedetomidin 0,01 - 0,02 mg/kg (Dexdomitor 0,5mg/ml), Vetoquinol, Ismaning, Deutschland
Isofluran MAC:1,5 - 3% (IsoFlo), Zoetis Deutschland GmbH, Berlin, Deutschland





## X. ANHANG



CHIRURGISCHE UND GYNÄKOLOGISCHE  
KLEINTIERKLINIK  
Prof. Dr. A. Meyer-Lindenberg  
Telefon: +49 (0)89 21802628  
Telefax: +49 (0)89 2180395341  
vora@chirurgischekleintierklinik.de  
www.vstaugary.de  
Postanschrift  
Vestring 13  
80539 München

### Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich mit der Teilnahme meines Hundes an der Studie „konventionelles Röntgen auf Hüftgelenkdysplasie im Vergleich mit Distraktionsaufnahmen“ einverstanden.

Ich bestätige, dass ich darüber aufgeklärt wurde, dass während der geplanten Narkose insgesamt drei Röntgenaufnahmen des Beckens angefertigt und Daten wie Rasse, Alter und Gewicht des Hundes statistisch erfasst werden.

Bei Interesse können die Röntgenaufnahmen eingesehen werden. Die Aufnahmen im Rahmen der Studie werden nicht in Rechnung gestellt und bleiben Eigentum der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik.

München, den \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Besitzer

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Tierarzt

Dierengebäude  
Königsplatz 14  
80539 München

Öffentliche Verkehrsmittel  
U-Bahn Linie U5 / U6  
Haltestelle „Universität“

Bayrische Landesbank München  
Kto. 24 868 812 700 800 00  
IBAN/AG: DE 911 205 325

Abbildung 21: Patientenaufklärungsbogen zum Einverständnis der Teilnahme an der Studie

Patientendaten	
Patienten ID:	111572 (1/229)
Auswerter:	jfk
<b>NORBERGWINKEL</b>	
	Rechts Links
	<input type="text"/> <input type="text"/>
Kongruent	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nein
Femurkopffläche (HE)	<input type="text"/> <input type="text"/>
Femurkopfabstand (HE)	<input type="text"/> mm
Lagerung (HE)	gut <input type="text"/>
<b>Hip extended index</b>	
	Rechts Links
	<input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Distractionsindex</b>	
	Rechts Links
	<input type="text"/> <input type="text"/>
Degenerative Joint Disease	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nein
Lagerung (DI)	gut <input type="text"/>
Distraktorbreite	<input type="text"/> mm
<b>Kompressionsindex</b>	
	Rechts Links
	<input type="text"/> <input type="text"/>
<b>Beurteilung nach FCI</b>	
	Rechts Links
	<input type="text"/> <input type="text"/>
<b>GELENKSPALT + ÜBERDACHUNG DES FEMURKOPFES</b>	
	Rechts Links
Gelenkspalt eng, Gelenkflächen kongruent	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Gelenkspalt medial minimal aufgeweitet, mehr als die Hälfte des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Gelenkspalt medial leicht aufgeweitet, die Hälfte des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Gelenkspalt mäßig aufgeweitet, mehr als ein Drittel des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Gelenkspalt stark aufgeweitet, mehr als ein Viertel des Femurkopfes überdacht, Subluxation	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
weniger als ein Viertel des Femurkopfes überdacht, massive Subluxation oder Luxation	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>KRANIOLATERALER RAND DES AZETABULUMDACHES</b>	
	Rechts Links
nach lateral nachfassend	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
horizontal	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
leicht abgeflacht oder leichte Zubildung	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
mäßig abgeflacht, leichte Zubildung	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
stark abgeflacht, mäßige Zubildung	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Rand fehlt, Pfanne stark verformt	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>SUBCHONDRALER KNOCHEN AM KRANIALEN ACETABULUMRAND</b>	
	Rechts Links
fein, gleichmäßig dick	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
gleichmäßig dick	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
lateral leicht verdickt, medial leicht reduziert	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
lateral mäßig verdickt, medial mäßig reduziert oder zweiteilige Gelenkfläche	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
lateral stark verdickt oder nur lateral ausgebildet	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
Sklerose oder nicht ausgebildet	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>VERÄNDERUNGEN AM FEMURKOPF UND FEMURHALS</b>	
	Rechts Links
rund, glatt, deutlich abgesetzt	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
rund, schlecht abgesetzt (walzenförmig)	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
leicht abgeflacht, leichte Zubildungen	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
leicht abgeflacht, mäßige Zubildungen	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
mäßig abgeflacht, starke Zubildungen	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
stark verformt, sehr starke Zubildungen	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>GELENKKAPSELANSATZ / MORGANLINIE</b>	
	Rechts Links
nicht sichtbar	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
feiner scharfer Grat	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
deutlicher Grat	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
breite Leiste	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
starke Zubildungen oder überlagert durch Exostosen	<input type="radio"/> <input type="radio"/>
<b>Kommentar</b>	
	Kommentar:
Übergangswirbel (Qualität, Lagerung, Abweichungen, Nebenbefunde...)	<input type="checkbox"/>
	<input type="text"/>
<input type="button" value="Eingeben"/>	
<input type="button" value="Zur Tabelle"/>	

Abbildung 22: Eingabemaske zur Erfassung aller ausgewerteten Kriterien

Patientendaten		
Patienten ID:	17078 (1/59)	
Auswerter:	jfk	
Vergrößerungsfaktor 100% - Linienstärke Messtool 1px		
NORBERGWINKEL		
	Rechts	Links
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kongruent	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> ja
	<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> nein
Beurteilung nach FCI		
	Rechts	Links
<a href="#">FCI-Kategorien</a>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GELENKSPALT + ÜBERDACHUNG DES FEMURKOPFES		
	Rechts	Links
Gelenkspalt eng, Gelenkflächen kongruent	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gelenkspalt medial minimal aufgeweitet, mehr als die Hälfte des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gelenkspalt medial leicht aufgeweitet, die Hälfte des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gelenkspalt mäßig aufgeweitet, mehr als ein Drittel des Femurkopfes überdacht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gelenkspalt stark aufgeweitet, mehr als ein Viertel des Femurkopfes überdacht, Subluxation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
weniger als ein Viertel des Femurkopfes überdacht, massive Subluxation oder Luxation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KRANIOLATERALER RAND DES AZETABULUMDACHES		
	Rechts	Links
nach lateral nachfassend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
horizontal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
leicht abgeflacht oder leichte Zubildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mäßig abgeflacht, leichte Zubildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
stark abgeflacht, mäßige Zubildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rand fehlt, Pfanne stark verformt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SUBCHONDRALER KNOCHEN AM KRANIALEN ACETABULUMRAND		
	Rechts	Links
fein, gleichmäßig dick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
gleichmäßig dick	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lateral leicht verdickt, medial leicht reduziert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lateral mäßig verdickt, medial mäßig reduziert oder zweiteilige Gelenkfläche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lateral stark verdickt oder nur lateral ausgebildet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sklerose oder nicht ausgebildet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
VERÄNDERUNGEN AM FEMURKOPF UND FEMURHALS		
	Rechts	Links
rund, glatt, deutlich abgesetzt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
rund, schlecht abgesetzt (walzenförmig)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
leicht abgeflacht, leichte Zubildungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
leicht abgeflacht, mäßige Zubildungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mäßig abgeflacht, starke Zubildungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
stark verformt, sehr starke Zubildungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
GELENKKAPSELANSATZ / MORGANLINIE		
	Rechts	Links
nicht sichtbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
feiner scharfer Grat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
deutlicher Grat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
breite Leiste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
starke Zubildungen oder überlagert durch Exostosen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kommentar		
(Qualität, Lagerung, Abweichungen, Nebenfunde...)	Kommentar:	
	<input type="text"/>	
<input type="button" value="Eingeben"/> <input type="button" value="Zur Tabelle"/>		

Abbildung 23: Eingabemaske der Interreaderauswertung zur Dokumentation der Mess- und Auswertungsergebnisse nach der FCI-Methode

<b>Patientendaten</b>	
Patienten ID:	109815 (20/59)
Auswerter:	jfk
Vergrößerungsfaktor 100% - Linienstärke Messtool 1px	
<b>Distractionsindex</b>	
	Rechts Links
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Degenerative Joint Disease	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> ja
	<input type="radio"/> nein <input type="radio"/> nein
<b>Kommentar</b>	
(Qualität, Lagerung, Abweichungen, Nebenbefunde...)	Kommentar: <input type="text"/>
<input type="button" value="Eingeben"/>	
<input type="button" value="Zur Tabelle"/>	

Abbildung 24: Eingabemaske der Interreaderauswertung zur Dokumentation der Auswertungs- und Messergebnisse nach der PennHIP-Methode

## **XI. DANKSAGUNG**

Besonderer Dank gilt meiner Doktormutter, Frau Prof. Dr. Andrea Meyer-Lindenberg, für die Überlassung des Themas, die Betreuung und Förderung sowie den interessanten Einblick in die Arbeit als Gutachter der GRSK.

Ebenfalls ganz besonderer Dank gilt Dr. Andreas Brüschwein für viele inspirierende und motivierende Diskussionen, seinen Einsatz als Auswerter, die Unterstützung während der Studie und das in mich gesetzte Vertrauen. Für alles was ich von ihm lernen durfte und den Enthusiasmus für die Radiologie.

Herrn PD Dr. Sven Reese danke ich für wertvolle Ideen und Hilfe bei der statistischen Auswertung dieser Studie. Silvia Wagner danke ich für Ihren Einsatz als Auswerterin.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen der Chirurgischen und Gynäkologischen Kleintierklinik bedanken. Allen voran bei den Mitarbeitern der Radiologie, Dr. Katharina Flatz, Dr. Martin Zöllner, Sven Klußmann, Thomas Bauer, Rolf Grauert und ganz besonders Birgit Wegmershaus, ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Dank gilt auch den Anästhesisten für die Geduld bei der Anfertigung der Aufnahmen.

Ich möchte mich auch bei allen Kollegen aus aller Welt bedanken, die ich auf tollen Fortbildungen kennenlernen durfte und die mir so viel Freude und Motivation für unseren interessanten Beruf geben.

Abschließend danke ich allen meinen Freunden und meiner Familie sowie den vielen Hunden die Ihren Beitrag zu dieser Studie geleistet haben, insbesondere Louis und Joschi.