Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

VALIDIERUNG DER AUSWERTUNGSMETHODEN FÜR HÜFTGELENKSDYSPLASIE BEIM HUND AUS GENETISCHER SICHT

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

Eingereicht von
MATTHIAS GUTMANN

Gießen 2003

Aus dem Institut für Tierzucht und Haustiergenetik
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. G. Erhardt

VALIDIERUNG DER AUSWERTUNGSMETHODEN FÜR HÜFTGELENKSDYSPLASIE BEIM HUND AUS GENETISCHER SICHT

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

Eingereicht von
MATTHIAS GUTMANN
Tierarzt aus Schlitz

Gießen 2003

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

Dekan: Prof. Dr. Dr. h. c. Hoffmann

---

1. Berichterstatter: Prof. Dr. G. Erhardt

2. Berichterstatter: Prof. Dr. E. Schimke

Tag der mündlichen Prüfung: 29.4.2003

Meinen Eltern

Inhalt

VERZEICHNIS DER TABELLEN VII
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN X
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN XI

1 EINLEITUNG 1

2 LITERATURÜBERBLICK 3

2.1 Anatomie des Hüftgelenkes beim Hund 3

2.2 Definition und Krankheitsbild 5

2.3 Klinische Diagnostik 8

2.3.1 Bardenstest 8
2.3.2 Verkürzung des Musculus pectineus (Spreizprobe) 9
2.3.3 Ortolanizeichen 9
2.3.4 Palpationsmethode nach Eisenmenger 10

2.4 Radiologische Diagnostik 10

2.4.1 Identifikation und technische Qualität der Röntgenaufnahmen 10
2.4.2 Lagerung des Hundes für die Röntgenuntersuchung 11
2.4.2.1 Gestreckte Aufnahme (Position 1) 11
2.4.2.2 Gebeugte Aufnahme (Position 2) 13
2.4.2.3 Röntgenaufnahme am stehenden Hund 13
2.4.2.4 Aufnahme zur Darstellung des dorsalen Azetabulumrandes 14
2.4.3 Röntgenaufnahmen und Methoden zur Darstellung der „lockeren Hüfte“ 14
2.4.4 Messungen an den Röntgenbildern 16
2.4.4.1 Hilgenreiner Linie 16
2.4.4.2 Azetabularindex nach Rhodes und Jenny 17
2.4.4.3 Shentons Linie 17
2.4.4.4 Trochanter major Abstand 18
2.4.4.5 Norberg-Winkel (NW) 18
2.4.4.6 Pfannentiefe nach PIEHLER 22
2.4.4.7 Öffnungswinkel Beta (β) nach RICHTER 24
2.4.5 Subjektive Einzelkriterien 25
2.4.5.1 Morganlinie 25

2.4.6 Beurteilungsmethoden 25
2.4.6.1 Deutsche HD-Auswertung nach FCI 25
2.4.6.2 Britische HD-Auswertung nach BVA/KC (Hipscore) 30
2.4.6.3 Nordamerikanische HD-Auswertung nach OFA 36
2.4.6.4 Schweizer HD-Auswertung 37
2.4.7 Übertragung der Auswertungen zwischen den Beurteilungsmethoden 43

2.5 Korrelationen zwischen Einzelkriterien und HD-Auswertungen 45

2.6 Index aus HD-Kriterien 46

2.7 Erbgang 46

2.8 Heritabilitäten 48

2.9 Zuchtprogramme und -erfolge 57

2.10 Zuchtziele in der Rassehundezucht unter besonderer Berücksichtigung der HD 61

2.11 Der Berger des Pyrénées 62

3 MATERIAL UND METHODEN 64

3.1 Daten und Röntgenbilder der Rasse Berger des Pyrénées 64

3.2 Datenerfassung 66
3.2.1 Norbergwinkelmessungen von zwei Ausmessern 67
3.2.2 Parallele Auswertung der Röntgenbilder von 1984 bis 1993 nach FCI, Schweizer Methode und Hipscore 68
3.2.2.1 FCI-Auswertung (Auswerter 2) 69
3.2.2.2 Schweizer Auswertung (Auswerter 3) 71
3.2.2.3 Hipscore Auswertung (Auswerter 4) 72
3.2.3 Übertragung der Hipscorepunkte in HD-Grade 72
3.2.4 Besitzerbefragung nach klinischen Symptomen aufgrund HD 73

3.3 Anzahl der beurteilten Röntgenbilder bei den verschiedenen Auswertungen 73

3.4 Reduktion des Datenmaterials (Datensatz 2) 74

3.5 Statistische Methoden 74

3.5.1 Berechnung der phänotypischen Korrelationen und Regressionen 75
3.5.2 Schätzung der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen 76
3.5.3 Selektionsindex 77

4 ERGEBNISSE 79

4.1 Entwicklung der Population und der HD-Röntgendichte des Berger des Pyrénées in Deutschland 79

4.2 Röntgenalter 80

4.3 Verteilungen 81
4.3.1 HD-Grade von Auswerter 1 81
4.3.2 HD-Grade von Auswerter 2 81
4.3.3 Punktzahlen der Einzelkriterien der FCI-Auswertung 82
4.3.4 Gesamtpunktzahl aller FCI-Kriterien 85
4.3.5 HD-Grade von Auswerter 3 (Schweiz) 86
4.3.6 Punktzahlen der Einzelkriterien der Schweizer Auswertung 87
4.3.7 Gesamtpunktzahl aller Schweizer Kriterien 90
4.3.8 Punktzahlen der Einzelkriterien der Hipscore Auswertung (Auswerter 4) 91
4.3.9 Gesamtpunktzahl aller Hipscore-Kriterien 93

4.4 Verteilung der Norbergwinkel-Messungen (Ausmesser 5 und 6) 94

4.5 Gegenüberstellung der HD-Grade untereinander und mit dem Hipscore 95
4.5.1 Vergleich der HD-Grade untereinander 95
4.5.2 Vergleich der HD-Grade mit Übertragungen der Hipscore Gesamtpunktzahl in HD-Grade 98
4.5.3 Verteilung der Hipscore-Punkte auf die HD-Grade 100

4.6 Besitzerbefragung: Vergleich der Endergebnisse (Auswerter 1-4) mit Fällen klinischer Symptome 102

4.7 Phänotypische und genetische Korrelationen 104
4.7.1 Korrelationen innerhalb der Auswertungsmethoden FCI, Schweiz und Hipscore 104
4.7.1.1 Korrelationen zwischen den FCI-Kriterien 104
4.7.1.2 Korrelationen der FCI-Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen 107

4.7.1.3 Korrelationen zwischen den Schweizer Kriterien 109
4.7.1.4 Korrelationen der Schweizer Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen 111
4.7.1.5 Korrelationen zwischen den Hipscore-Kriterien 113
4.7.1.6 Korrelationen der Hipscore-Kriterien mit der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen 115
4.7.2 Korrelationen zwischen den HD-Graden und den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen 116
4.7.3 Korrelationen zwischen den Norbergwinkeln der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und den NW-Messungen (Ausmesser 5 + 6) 118
4.7.4 Korrelationen der NW-Messung mit HD-Graden, Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen 119
4.7.5 Korrelationen der Einzelkriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung 120
4.7.6 Phänotypische Korrelationen zwischen den Einzelkriterien der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) 122

4.8 Regressionen 124
4.8.1 Einfluss der Einzelkriterien auf das Endergebnis der Auswertungsmethode 124
4.8.1.1 HD-Grade (Auswerter 2) 124
4.8.1.2 Schweizer HD-Grade (Auswerter 3) 125
4.8.1.3 Hipscore-Gesamtpunktzahl (Auswerter 4) 125
4.8.2 Einfluss aller Kriterien auf die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3 126
4.8.3 Einfluss der NW-Messung auf die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3 127
4.8.4 Einfluss aller Kriterien auf Arthrosen 127
4.8.5 Einfluss aller Kriterien auf klinische Symptome 128

4.9 Korrelationen zwischen HD-Graden, Gesamtpunktzahlen und Indices aus Einzelkriterien im Hinblick auf einen Übertragungsschlüssel zwischen den Auswertungsmethoden 129

4.10 Heritabilitäten 131
4.10.1 Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen 131
4.10.2 Heritabilitäten der Kriterien 132
4.10.3 Heritabilitäten der NW-Auswertungen und der NW-Messung 135

4.11 Darstellung des zu erwartenden Zuchtfortschrittes mit Selektionsindices 136

5 DISKUSSION 138

5.1 Röntgenbildqualität 138

5.2 Verteilungen 139

5.3 Vergleich der HD-Grade untereinander 140

5.4 Besitzerbefragung und klinischen Symptomen 142

5.5 Phänotypische und genetische Korrelationen 143

5.6 Regressionen 148

5.7 Heritabilitäten (h^2) 151

5.7.1 Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen 152

5.7.2 Heritabilitäten der Einzelkriterien 154

5.7.3 Heritabilitäten der Norbergwinkel 156

5.8 Selektionsindex 157

5.9 Generelle Aussagen und Thesen 158

6 ZUSAMMENFASSUNG 161

7 SUMMARY 163

8 LITERATURVERZEICHNIS 165

9 ANLAGEN 179

9.1 Anlage 1: Vergleichstabelle zwischen fünf HD-Klassifizierungen 179

9.2 Anlage 2: Die Auswertungsbögen von FCI, Hipscore und Schweizer Methode 180

9.3 Anlage 3: Fragebogen zur Mitgliederbefragung des CBP 183

9.4 Anlage 4: Anzahl (n) der Auswertungen 185

9.5 Anlage 5: Verteilung der Hipscore-Punkte auf die HD-Grade 186

9.6 Anlage 6: Gesamtpunktzahl Schweiz und Hipscore im Vergleich mit klinischen Symptomen 191

9.7 Anlage 7: Phänotypische Korrelationen der Kriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit dem HD-Grad oder der Punktzahl einer Seite 192

9.8 Anlage 8: Korrelationen der Einzelkriterien mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung 193

9.9 Anlage 9: Phänotypische Korrelationen zwischen den Kriterien der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) 195

9.10 Anlage 10: Regressionsskoeffizienten (b) zu den Informationsmerkmalen der Selektionsindices 197

9.11 Anlage 11: Kriterienschlüssel 198

10 DANKSAGUNG 199

VERZEICHNIS DER TABELLEN

Seite

Literaturübersicht

Tab. 1: Der Norbergwinkel (NW) und seine Bewertung bei FCI, Schweizer Methode und Hipscore 20
Tab. 2: Gegenüberstellung der Richtlinien der FCI-Auswertung von 1978 (BRASS et al., 1978) und 1990 (nach REIBEL, 1992) 27
Tab. 3: Richtlinien der FCI-Auswertung von 1993 (nach LINNMANN, 1998) 28
Tab. 4: Criteria for scoring for the BVA/KC Hip Dysplasia Scheme (updated GIBBS 1997) 32
Tab. 5: Radiologische Kriterien zur Schweizer HD-Klassifizierung (FLÜCKIGER, 1993) 40
Tab. 6: Derzeitige radiologische Kriterien zur Schweizer HD-Klassifizierung (FLÜCKIGER, 1996) 41
Tab. 7: Gegenüberstellung der Übertragung Schweizer Punkte zum FCI-HD-Grad von 1993 und 1996 42
Tab. 8: Übertragungsschlüssel zwischen den verschiedenen Auswertungssystemen nach Clayton Jones (1997) 44
Tab. 9: Heritabilitätsschätzungen bei HD 48

Material und Methode

Tab. 10: Kriterien im deutschen Verfahren (FCI) mit Skala und Detailnummern 70
Tab. 11: Kriterien im Schweizer Verfahren mit Skala und Detailnummern 71
Tab. 12: Kriterien im Hipscore Verfahren mit Skala und Detailnummern 72
Tab. 13: Verteilung der FCI-HD-Grade bei den beiden HD-Extremvererber und deren Nachkommen 74

Verteilungen

Tab. 14: Verteilung der HD-Grade in % in den Jahren 1984 - 1993 und 1984 – 1996 (FCI, Auswerter 1) 81
Tab. 15: Verteilung der HD-Grade in % (FCI, Auswerter 2) 82
Tab. 16: Verteilung der Summe der HD-Grade beider Gelenke in % (FCI, Auswerter 2) 82
Tab. 17: Vergleich der FCI-Auswertungen von linkem und rechtem Hüftgelenk in % (FCI, Auswerter 2) 82
Tab. 18: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (FCI, Auswerter 2) 83
Tab. 19: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (FCI, Auswerter 2) 84
Tab. 20: Verteilung der HD-Grade in % (Schweiz, Auswerter 3) 87
Tab. 21: Verteilung der Summe der HD-Grade beider Gelenke in % (Schweiz, Auswerter 3) 87
Tab. 22: Vergleich der FCI-Auswertungen von linkem und rechtem Hüftgelenk in % (Schweiz, Auswerter 3) 87
Tab. 23: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (Schweiz, Auswerter 3) 88
Tab. 24: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (Schweiz, Auswerter 3) 88
Tab. 25: Prozentuale Verteilung der Norbergwinkelmessung in Grad (Schweiz, Auswerter 3) 89
Tab. 26: Prozentuale Verteilung der Norbergwinkelmessung in Grad, Summe beider Gelenke (Schweiz, Auswerter 3) 89

Tab. 27: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (Hipscore, Auswerter 4) 91
Tab. 28: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (Hipscore, Auswerter 4) 92
Tab. 29: Durchschnittlicher HD-Grad bei Auswerter 1 (FCI), 2 (FCI) und 3 (Schweiz) 95
Tab. 30: Übereinstimmung von Auswerter 1 (FCI) und Auswerter 2 (FCI) in % 97
Tab. 31: Übereinstimmung von Auswerter 1 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) in % 97
Tab. 32: Übereinstimmung von Auswerter 2 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) in % 97
Tab. 33: Mittelwerte, Standardabweichung und Minimum/Maximum der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes und der Gesamtpunktzahl zu den HD-Graden (Auswerter 2) 100
Tab. 34: HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 im Vergleich mit klinischen Symptomen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum/Maximum) 102
Tab. 35: HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 im Vergleich mit klinischen Symptomen (Verteilung) 103
Tab. 36: Hipscore Punkte (Auswerter 4) im Vergleich mit klinischen Symptomen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum/Maximum) 103

Korrelationen

Tab. 37: Genetische (unterhalb) und phänotypische (oberhalb) Korrelationen zwischen den FCI-Kriterien 105
Tab. 38: Genetische und phänotypische Korrelationen der FCI-Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen 108
Tab. 39: Genetische (unterhalb) und phänotypische (oberhalb) Korrelationen zwischen den Schweizer Kriterien 110
Tab. 40: Genetische und phänotypische Korrelationen der Schweizer Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen 112
Tab. 41: Genetische (unterhalb) und phänotypische (oberhalb) Korrelationen zwischen den Hipscore-Kriterien 114
Tab. 42: Genetische und phänotypische Korrelationen der Einzelkriterien mit der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen (Hipscore) 115
Tab. 43: Genetische (unterhalb) und phänotypische (oberhalb) Korrelationen zwischen den HD-Graden (FCI, Schweiz) und der Gesamtpunktzahl (Hipscore) der Auswertungsmethoden 117
Tab. 44: Phänotypische Korrelationen zwischen den HD-Graden und den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen 118
Tab. 45: Genetische und phänotypische Korrelationen zwischen den NW der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und den NW-Messungen (Ausmesser 5 + 6) 119
Tab. 46: Genetische und phänotypische Korrelationen zwischen NW-Messung und den HD-Graden, den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen 120

Regressionen

Tab. 47: Einfluss der FCI-Einzelkriterien auf den HD-Grad (Auswerter 2) 124
Tab. 48: Einfluss der Schweizer Einzelkriterien auf den HD-Grad (Auswerter 3) 125
Tab. 49: Einfluss der Hipscore-Einzelkriterien auf die Gesamtpunktzahl (Auswerter 4) 125

Tab. 50: Einfluss aller Kriterien auf die Summe des HD-Grades von Auswerter 2 und 3 126
Tab. 51: Einfluss aller Kriterien auf die Summe des HD-Grades von Auswerter 2 und 3 unter Ausschluss des Schweizer NW (1) 127
Tab. 52: Einfluss aller Kriterien auf klinische Symptome 128

Übertragungsschlüssel

Tab. 53: Phänotypische Korrelationen zwischen Indices aus den Schweizer Einzelkriterien und den Endergebnissen von FCI und Hipscore 129
Tab. 54: Phänotypische Korrelationen zwischen Indices aus den Hipscore Einzelkriterien und den Endergebnissen von FCI und Schweizer Methode 130

Heritabilitäten

Tab. 55: Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen 131
Tab. 56: Heritabilitäten bei eingeschränkter HD-Grad Skala 132
Tab. 57: Heritabilitäten der Einzelkriterien 134
Tab. 58: Heritabilitäten aller NW-Auswertungen und der NW-Messung 135
Tab. 59: Heritabilitäten der NW-Messung an Teilpopulationen 135

Selektionsindex

Tab. 60: Zuchtfortschritt mit der NW-Messung, den Schweizer- und Hipscore-Kriterien als Züchtungsinformation in einem Selektionsindex 137

Anlagen

Tab. 61: Vergleichstabelle zwischen fünf HD-Klassifizierungen (BRASS et al., 1978) 179
Tab. 62: Anzahl (n) der Auswertungen 185
Tab. 63: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl und der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade (Auswerter 2, FCI) 186
Tab. 64: Mittelwerte, Standardabweichung und Minimum/Maximum der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes und der Gesamtpunktzahl zu den HD-Graden (Auswerter 3, Schweiz) 187
Tab. 65: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl und der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes zu den HD-Graden (Auswerter 3, Schweiz) 188
Tab. 66: Gesamtpunktzahl Schweiz und Hipscore im Vergleich mit klinischen Symptomen 191
Tab. 67: Phänotypische Korrelationen der Kriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit dem HD-Grad oder der Punktzahl einer Seite 192
Tab. 68: Korrelationen der Einzelkriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung 193
Tab. 69: Phänotypische Korrelationen der FCI-Kriterien mit den Schweizer und Hipscore-Kriterien 195
Tab. 70: Phänotypische Korrelationen zwischen Schweizer- und Hipscore-Kriterien 196
Tab. 71: Regressionskoeffizienten (b) zu den Informationsmerkmalen der Selektionsindices 197

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN Seite

Literaturübersicht

Abb. 1: Anatomie des Hüftgelenks des Hundes modifiziert nach KÜRSTEINER (1990) 3
Abb. 2: Röntgenbild einer HD-freien Hüfte in gestreckter Lagerung (Position 1) 6
Abb. 3: Radiologische Darstellung verschiedener Schweregrade der HD 7
Abb. 4: Hilgenreiner Linie bei einem neugeborenen Kind aus ROCHE (1998, mod.) 16
Abb. 5: Die beiden Messstrecken A und B für den Azetabularindex nach RHODES und JENNY (1960, mod.) 17
Abb. 6: Darstellung des Trochanter major Abstandes (A) und der Shentons Linie (B) nach SINGLETON (1960, mod.) 18
Abb. 7: Ermittlung des Femurkopfmittelpunktes und Ablesen des NW anhand einer Schablone (REIBEL, 1992, mod.) 19
Abb. 8: Entfernung zwischen den tiefsten Punkten beider Azetabula (Strecke 1) (PIEHLER, 1967, mod.) 22
Abb. 9: Entfernung zwischen den Azetabulardächern (Strecke 2) (PIEHLER, 1967, mod.) 23
Abb. 10: Öffnungswinkel Beta (β) nach RICHTER (1977) 24
Abb. 11: Die Einzelkriterien des FCI-Auswertungsbogen nach den HD-Zentralen (1990) 29
Abb. 12: Berger des Pyrénées 63

Material und _Methoden

Abb. 13: Überblick über die erfassten Hunde und die Auswertungen der Röntgenbilder 66

Ergebnisse

Abb. 14: Anzahl der jährlich neu eingetragenen und geröntgten Hunde der Rasse Berger des Pyrénées (CBP) im Zeitraum 1979 bis 1996 79
Abb. 15: Verteilung der Hunde nach dem Röntgenalter in % 80
Abb. 16: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (FCI, Auswerter 2) 86
Abb. 17: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (Schweiz, Auswerter 3) 90
Abb. 18: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (Hipscore, Auswerter 4) 93
Abb. 19: Verteilung der Norbergwinkel beider Hüftgelenke in % (Ausmesser 5 und 6) 94
Abb. 20: Vergleich der HD-Grade von Auswerter 1 (offizielle Ausw./FCI), 2 (FCI) und 3 (Schweiz) in % 96
Abb. 21: Vergleich der HD-Grade (Auswerter 1, 2, 3) mit der Hipscore-FCI-Übertragung nach CLAYTON JONES (Auswerter 4) 99
Abb. 22: Vergleich der HD-Grade (Auswerter 1, 2, 3) mit der Hipscore-FCI-Übertragung nach REIBEL (Auswerter 4) 99
Abb. 23: Verteilung der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade des Auswerters 2 (FCI) 101
Abb. 24: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl auf die HD-Grade des Auswerters 2 (FCI) 101
Abb. 25: Verteilung der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade des Auswerters 3 (Schweiz) 190
Abb. 26: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl auf die HD-Grade des Auswerters 3 (Schweiz) 190

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN

Abb.	Abbildung
b	Regressionskoeffizient
Berger d. P.	Berger des Pyrénées
BLUP	Best Linear Unbiased Prediction
BVA	British Veterinary Association
bzw.	beziehungsweise
CBP	Club Berger des Pyrénées e.V.
CHD	Canine Hip Dysplasia
DI	Distraktionsindex des PennHIP©
DSH	Deutscher Schäferhund
DS1	Datensatz 1
DS2	Datensatz 2
dt.	deutsch
e.V.	eingetragener Verein
FCI	Fédération Cynologique Internationale
h	Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp der Zielgröße
h^2	Heritabilität
HD	Hüftgelenksdysplasie
KC	Kennel Club
Max	Maximum
Min	Minimum
Mm.	Musculi
MTDF-REML	Multi Trait Derivative Free – Restricted Maximum Likelihood
n	Anzahl
NW	Norbergwinkel
OFA	Orthopedic Foundation for Animals
r_g	genetische Korrelation
r_p	phänotypische Korrelation
r_{AI}	Korrelation des phänotypischen Indexes zum additiven Genotyps der Zielgröße
re/li	rechts/links
R^2	Bestimmtheitsmaß
REML	Restricted Maximum Likelihood
SD	Standardabweichung
SPSS	Statistical Package for Social Science
SI	Subluxationsindex
SIP	Selektionsindexprogramm
Tab.	Tabelle
usw.	und so weiter
VCE	Variance Component Estimation
VDH	Verein für Deutsches Hundewesen e.V.
ξ	Mittelwert

1 Einleitung

Die Hüftgelenksdysplasie (HD) ist die häufigste, bekannteste und am Besten erforschte Erkrankung des Bewegungsapparates des Hundes. Sie ist eine postnatale Entwicklungsstörung von Gelenkpfanne und Femurkopf, die zu degenerativen Veränderungen führt.
Die Bekämpfung der HD ist eine für die Kynologie besonders herausragende, nahezu alle Rassen betreffende Herausforderung. Die züchterischen Aktivitäten haben eine mehr als 40-jährige Geschichte (OLSSON, 1961).
Insbesondere war es das Ziel Gebrauchshunde, insbesondere Schutzhunde (WAMBERG, 1967), Militärhunde, Katastrophenhunde und Blindenhunde mit gesunden Hüften zu züchten.
In den letzten Jahren sind durch veränderte Einstellungen vieler Halter zu ihrem Hund und die Novellierung des Tierschutzgesetzes weitere Aspekte in den Vordergrund getreten. Bei Auftreten von klinischen Symptomen durch HD, die Schmerzen und Leiden verursachen, ist ein Zuchtverbot nach Paragraph 11b vorstellbar (WEGNER, 1994 a,b) bzw. eine Bekämpfung aus Tierschutzgründen geboten (HERZOG, 2001).

Trotz mancher anfänglichen Verbesserungen der HD-Situation haben mangelnde oder unbefriedigende Selektionserfolge gegen die HD (ANDRESEN et al., 1994; FLÜCKIGER et al., 1995; LEPPANEN und SALONIEMI, 1999) dazu geführt, dass ganze Zuchtprogramme in Frage gestellt werden. Die HD-Häufigkeit ist trotz Selektion nicht selten gleich geblieben oder angestiegen. Das Problem ist daher bis heute aktuell.
Die Bekämpfung der HD beruht auf Röntgenbildauswertungen und ist eine gut organisierte Maßnahme im nationalen und internationalen Hundewesen. Dabei sind die HD-Programme schwerpunktmäßig Diagnoseprogramme. Die ersten HD-Beurteilungen beruhten auf Messungen an den Gelenken, die aber als Gesundheitsgutachten, mit der dazugehörigen Prognose für die HD-Freiheit in der Zukunft, nicht ausreichten. Es entwickelten sich Methoden, welche sekundäre Veränderungen, z.B. Arthrosen, als Indikator für klinische Symptome und schmerzhafte Eskalationen einbezogen. Auch die für HD als ursächlich erkannte „lockere Hüfte“ wurde neben der Messung der Azetabulumtiefe durch Berücksichtigung des Gelenkschlusses integriert.
Um eine Standardisierung der Gutachten zu erreichen, entwickelten sich verschiedene festgeschriebene Auswertungsmethoden. Einige zeichnen sich durch eine Klassifizierung auf

einer relativ groben Skala aus, andere versuchen der zugrundeliegenden kontinuierlichen Variation durch eine Punkteskala gerecht zu werden. Hier sind insbesondere der Hipscore (LAWSON, 1963) im Vereinigten Königreich, die Methode nach FCI (Fédération Cynologique Internationale) (BRASS et al., 1978) in Deutschland, die Methode der Schweizer HD-Kommissionen (FLÜCKIGER, 1993) und die Methode der OFA (Orthopedic Foundation for Animals) (BURNS et al., 1987) in den Vereinigten Staaten zu nennen.

Die zum Teil fehlenden Zuchterfolge zeigten, dass nur durch moderne Zuchtprogramme und konsequentes Management ein Erfolg bei der HD-Bekämpfung erzielt werden kann.
Im Rahmen von Zuchtprogrammen kann nur dann eine effiziente Zucht gegen HD erreicht werden, wenn die den Erfolg der HD-Bekämpfung bestimmenden vier Komplexe optimal gestaltet werden. Es handelt sich um die Komplexe Merkmalserfassung (Diagnose der HD), genetische Charakterisierung der Einzeltiere, zielorientierte Paarungsplanung und die Ausschöpfung des Zuchtpotentials.
Die hier vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Komplex der Merkmalserfassung, aus der eine Züchtungsinformation hervorgeht. Die Merkmalserfassung beruht bei den heutigen Auswertungsmethoden auf einer subjektiven Beurteilung des Röntgenbildes mit einer festgeschriebenen Auswertungsmethode. Der Erkenntniszuwachs bei der Interpretation radiologischer Befunde hat in den letzten Jahrzehnten zu einer Veränderung der HD-Diagnostik geführt. Auswertende Radiologen haben Forschungsergebnisse (MORGAN, 1987; HARHOFF-RIEPE, 1997) in ihre Beurteilung mit einfließen lassen und sich so in ihrer HD-Auswertung in den Jahren verändert. Für eine Züchtungsinformation ist aber eine eindeutige und konstante Definition wichtig, um Tiere verschiedener Altersgruppen vergleichen zu können.
Es ist das Ziel dieser Arbeit, beispielhaft an einer Population die Merkmalserfassung unter den Aspekten der Züchtung und der Gesundheitsprognose zu thematisieren und zu überprüfen, ob eine weitere Optimierung der HD-Bekämpfung über eine verbesserte Merkmalserfassung (Züchtungsinformation) für die Ansprüche der Selektion zu erreichen ist.

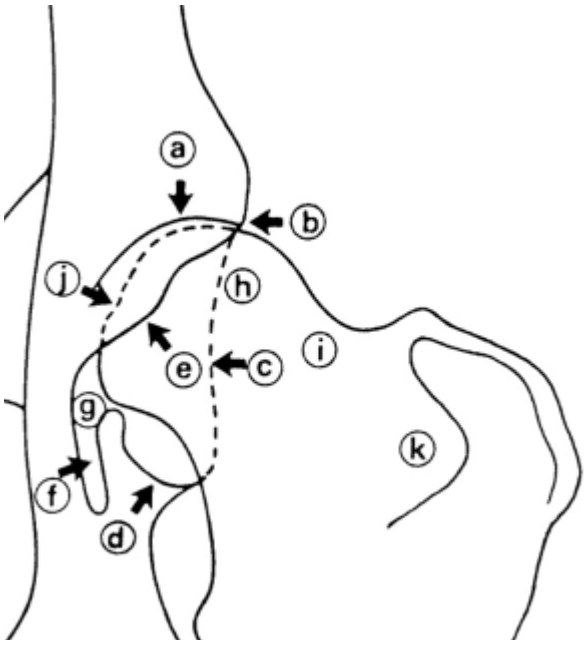
2 LITERATURÜBERBLICK

2.1 Anatomie des Hüftgelenkes beim Hund

Die Anatomie des Hüftgelenkes wird unter besonderer Berücksichtigung der radiologischen Beurteilung und der Nomenklatur dargestellt.

Das Hüftgelenk besteht aus dem Azetabulum und dem Femurkopf. Das Azetabulum entsteht durch das Verschmelzen der Ossifikationskerne des Darm- (Os ilium), Scham- (Os pubis) und Sitzbeines (Os ischii). Die Verschmelzung ist mit etwa 6 Monaten abgeschlossen. Im Welpenalter ist im Grund der Hüftgelenkspfanne noch ein vierter winziger Knochen (Os acetabuli) zu erkennen, der frühzeitig mit den übrigen Hüftknochen verwächst (BUDRAS, 1987). KÖPPEL (1989) beschrieb neben dem Os acetabuli einen Pfannendachkern (Os coxae quartum), der etwa zwischen der 11. und 14. Woche radiologisch an der dorsalen Pfannendachkontur abgrenzbar ist.

Folgend werden in Abb. 1 die knöchernen Strukturen des Hüftgelenkes anatomisch-radiologisch durch 11 Einzelstrukturen dargestellt, modifiziert nach KÜRSTEINER (1990). Aufgrund des in der Arbeit genutzten englischen Auswertungsverfahren Hipscore sind die anatomischen Strukturen auch in englischer Sprache benannt.



a) kraniale Azetabulumkontur mit subchondraler Knochenplatte (cranial acetabular edge)
b) kraniolateraler Azetabulumrand (cranial effective acetabular rim)
c) dorsaler Azetabulumrand (lateral acetabular edge)
d) kaudaler Azetabulumrand (caudal acetabular edge)
e) ventraler Azetabulumrand (ventral acetabular margin)
f) Incisura acetabuli
g) Fossa acetabuli (acetabular fossa)
h) Femurkopf (femoral head)
i) Femurhals (femoral neck)
j) Bandgrube (fovea capitis)
k) Fossa trochanterica (trochanteric fossa)

Abb. 1: Anatomie des Hüftgelenks des Hundes modifiziert nach KÜRSTEINER (1990)

Das Hüftgelenk beim Hund variiert in seiner physiologischen Gestalt zwischen den Rassen.
So beschrieb SCHNELLE (1937, 1954) das auffallend flache Azetabulum beim Neufundländer, beim Bernhardiner und bei der Bulldogge.
Dagegen verglich SCARTAZZINI (1970) die sechs großen Rassen Bernhardiner, Boxer, Labrador Retriever, Deutscher Schäferhund, Rottweiler und Berner Sennenhund. Er unterschied Boxer und Labrador Retriever mit den flachsten Azetabuli, den Deutschen Schäferhund und den Rottweiler mit mäßig tiefen Azetabuli und Bernhardiner sowie Berner Sennenhund mit den tiefsten Azetabuli. Das kraniale Azetabulum beim Bernhardiner ist gebogen, beim Berner Sennenhund dagegen gerade. Bei den anderen Rassen variiert das kraniale Azetabulum stark.
WHITTINGTON et al. (1961) beobachteten, dass der Basset ein eher elliptisches Azetabulum aufweist, beim Mops kranial der Gelenkfläche ein Sporn zu finden ist und bei Bulldoggen das kaudale Azetabulum schlecht entwickelt erscheint.
Beim Dackel sah SCHREINERT (1962) einen höher und stärker gewölbten Azetabulumrand.
RICHTER (1977) merkte an, dass der kraniale Azetabulumrand des Dackels von der Spina iliaca ventralis caudalis (BUDRAS, 1987) dem Ursprung des Musculus rectus femoris als Anteil des Musculus quadriceps femoris begrenzt wird. Die Spina überragt den kranialen Azetabulumrand nach lateral. Auch beim Boxer ist diese kraniale Begrenzung des Azetabulums kantig abgesetzt, ragt aber nicht weiter lateral als die Gelenkfläche des Azetabulums. Beim Schäferhund und beim Pudel beschreibt das Profil des Muskelansatzes einen flachen Bogen nach kaudolateral.
JENNY (1973) sah beim Boxer einen Bandhöcker in der Nähe des kranialen Azetabulumrandes.
Die Foramina obturata zeigen große Unterschiede bei den Rassen. Beim Deutschen Schäferhund sind die Foramina klein und haben eine längsovale bis dreieckige Form, beim Boxer sind die Foramina ebenfalls klein aber nahezu dreieckig. Im Gegensatz dazu hat der Dackel ein sehr groß wirkendes und fast rundes bis quadratisches Foramen (RICHTER, 1977).

2.2 Definition und Krankheitsbild

Die Dysplasie (*gr.* dys: schlecht, übel; plasis: Form, Gebilde, Bildung) des Hüftgelenks (HD) wurde von SCHNELLE (1935) erstmals beschrieben und ist die häufigste Erkrankung des Bewegungsapparates des Hundes. Die HD entwickelt sich in der Wachstumsperiode und ist somit als postnatale Entwicklungsstörung des Azetabulums und des Femurs definiert. Die dysplastischen Veränderungen am Azetabulum und Femurkopf (LARSEN, 1973) treten bei fast allen Hunderassen auf. Der Gelenkschluss ist durch ein zu flaches Azetabulum (SCHALES, 1957) und einen abgeflachten oder zu kleinen Femurkopf verschlechtert. In schweren Fällen wird eine Subluxation oder Luxation des Femurkopfes beobachtet. Durch die Entstehung von sekundären Degenerationen und Arthrosen wird das Krankheitsbild weiter manifestiert. Für das Auftreten der Dysplasie wird eine Lockerheit des Gelenkes verantwortlich gemacht (RISER, 1964; KELLER, 1991; LUST et al., 1993; MADSEN und SVALASTOGA, 1995; FRIEDRICH, 1996; SMITH et al. 1990 und 2001). Bei allen großen und schweren, aber auch einigen kleineren Hunderassen (ZAKEL, 1993) kann es zu Symptomen kommen, die sich in Nachhandschwächen und Lahmheiten bis hin zum fehlenden Aufstehvermögen manifestieren. Nur die Windhund- und Schlittenhundrassen, bei denen der Rennbetrieb eine große Rolle spielt, sind von der HD extrem selten betroffen. Die Dysplasie tritt außerdem nachweislich bei in Zoos gehaltenen Wölfen und Dingos (CHRISTOPH et al., 1969) auf.

Eine radiologische Darstellung einer gesunden Hüfte eines Berger des Pyrénées und verschiedener Schweregrade der HD findet sich in Abb. 2 und Abb. 3.

Abb. 2: Röntgenbild einer HD-freien Hüfte in gestreckter Lagerung (Position 1)

HD-Übergang

HD-leicht

HD-mittel

HD-schwer

Abb. 3: Radiologische Darstellung verschiedener Schweregrade der HD

2.3 Klinische Diagnostik

Alle Versuche durch klinische Untersuchungen die HD sicher zu diagnostizieren, schlugen bisher fehl (BURNS et al., 1987). Trotzdem gibt es einige Ansätze, die sich insbesondere mit der Frühdiagnostik beschäftigen. Hierbei sind der Bardenstest, die Spreizprobe und das Ortolanizeichen zu nennen. Mit der Methode nach EISENMENGER (1985) sind fortgeschrittene und schwere Fälle der HD erkennbar.

2.3.1 Bardenstest

BARDENS und HARDWICK (1968) entwickelten eine Palpationsmethode zur Frühdiagnostik der HD. Zur Palpation wird der tief sedierte Welpe auf eine Seite gelegt. Mit der einen Hand wird das Becken am Ilium und am Tuber ischiadicum fixiert und mit dem Daumen die Bewegungen des Trochanter majors verfolgt. Mit der anderen Hand wird der Femur im mittleren Drittel erfasst und nach kaudal und aufwärts bewegt. Der Femurkopf eines gesunden Hüftgelenks sollte sich dabei nicht mehr als 1 mm nach oben bewegen lassen. Ist eine Bewegung zwischen 2 und 4 mm vorhanden, besteht eine Dysplasie 1. oder 2. Grades, bewegt sich der Femurkopf um 4 bis 8 mm, besteht eine Dysplasie 3. oder 4. Grades. Die Technik ist nach Meinung der Autoren geeignet, bei Welpen in einem Alter von vier Wochen eine Aussage über ihren zukünftigen HD-Status zu treffen. Die Vorhersage hat eine Sicherheit von 95%, wobei keine als dysplastisch beurteilten Hunde normale Hüften entwickelten. Bei 55 Welpen, die in einem Alter von acht Wochen untersucht wurden, wurde durch Röntgenbilder - im Alter von sechs bis zwölf Monaten - festgestellt, dass 85% der Vorhersagen stimmten.

LUST et al. (1973) überprüften den Test an 92 Hunden. Die im Alter von 7 bis 11 Wochen durch Palpation gestellte Prognose stimmte in 65% der Fälle bei dysplastischen und in 53% der Fälle bei dysplasiefreien Hunden mit der Röntgenuntersuchung im Alter von 12 Monaten überein. Die Autoren stellen deshalb den Wert der Palpationsmethode genauso infrage wie GODDARD und MASON (1982), die eine Korrelation von 0,46 zwischen Palpationsergebnis und späterem Röntgenergebnis fanden. Auch ADAMS et al. (1998) konnten keine sicheren Vorhersagen auf sich entwickelnde Arthrosen anhand des Bardenstest machen.

2.3.2 Verkürzung des Musculus pectineus (Spreizprobe)

BARDENS und HARDWICK (1968) beobachteten, dass eine Verkürzung oder ein erhöhter Muskeltonus des Musculus pectineus zur HD führt.

Von ihnen wird eine Spreizprobe zur Frühdiagnose bei 7 - 9 Wochen alten sedierten Welpen vorgeschlagen, wobei der Welpe in Rückenlage auf einen Tisch gelegt wird und die Oberschenkel mit einem Winkel von 90° zum Rücken des Tieres maximal abduziert werden. Bei normaler Spannung der Mm. pectinei berühren beide Kniegelenke die Tischplatte.

Danach werden die Welpen auf den Bauch gedreht und die Oberschenkel so weit abduziert, bis beide Kniegelenke und das Schambein auf der Tischplatte zu liegen kommen. Gelingt dies nicht, liegt eine starke Kontraktion der Mm. pectinei vor.

2.3.3 Ortolanizeichen

Das Ortolanizeichen weist eine Instabilität der Hüftgelenke nach (HENRICSON et al., 1965; BURNS et al., 1987). Es kann in schweren Fällen schon ab einem Alter von 14 Tagen festgestellt werden, ansonsten etwa in einem Alter von 4 bis 8 Wochen bis zu 8 Monaten. Der sedierte Hund liegt bei der Untersuchung auf dem Rücken vor dem Tierarzt. Dieser fasst mit den Händen beide gebeugten Kniegelenke, so dass die Oberschenkel senkrecht und parallel nebeneinander stehen und drückt die Femora nach dorso-lateral. In einem instabilen Gelenk entsteht beim Nachlassen des Drucks ein knackendes Geräusch, dessen Intensität im Verhältnis zur Instabilität des Gelenkes steht. Das Geräusch entsteht, wenn das subluxierte Gelenk wieder in die Normalstellung zurückschnellt. Das „Knacken“ wird intensiver, wenn das Becken verknöchert. Im Alter zwischen 4 und 8 Monaten ist es am Besten hörbar. Es verschwindet später oft durch degenerative Gelenksveränderungen wieder. Bei Hunden mit leichter oder mittlerer HD ist das Auslösen des Ortolanizeichens häufiger möglich als bei Hunden mit schwerer Dysplasie. Oft lässt sich auch bei HD-freien Hunden ein leichtes Geräusch hervorrufen.

LUST et al. (1973) bezweifelten die Aussagekraft des Palpationsbefundes. Nach SCHIMKE und PAATSAMA (1986) ist das Ortolanizeichen beim Welpen nicht zur Frühdiagnose der HD geeignet, da die Lockerheit in einigen Fällen wieder verschwindet. Schon SCARTAZZINI (1970) stellte bei fast allen Bernhardinern einer Untersuchung schlaffe Gelenke fest, ohne dass sie später HD entwickelten. Diese Ergebnisse bestätigten ADAMS et al. (1998), die keine sichere Vorhersage vom Ergebnis der Ortolaniprobe auf sich entwickelnde Arthrosen machen konnten.

2.3.4 Palpationsmethode nach Eisenmenger

Bei schweren bzw. fortgeschrittenen Fällen der HD lässt sich durch die Palpationsmethode nach EISENMENGER (1985) die Diagnose erhärten. Der Hund wird im Stehen untersucht. Der hinter dem Hund stehende Untersucher drückt diesen nacheinander nach links und rechts. Ein knackendes Geräusch und ein deutliches Hervortreten des Trochanter major weisen auf eine Subluxation und eine Degeneration des Ligamentum capitis als Anzeichen von schwerer HD hin.

2.4 Radiologische Diagnostik

2.4.1 Identifikation und technische Qualität der Röntgenaufnahmen

Zunächst muss jedes Röntgenbild eindeutig und zweifelsfrei zu identifizieren sein. Hierfür ist eine Beschriftung in permanenter Form auf dem Röntgenbild nötig, welche die Identitätsangaben für das entsprechende Tier wiedergeben (MEISEN und FLÜCKIGER, 1993). Nach BRASS et al. (1978) gehört hierzu mindestens die Tätowier- und Zuchtbuchnummer, die Rasse des Hundes sowie das Datum der Röntgenuntersuchung. Weiterhin sollten Geschlecht und Wurftag des Hundes, Name des Besitzers und des Röntgentierarztes angegeben werden oder aus dem Begleitschreiben hervorgehen. Aus dem Röntgentag und dem Wurftag ergibt sich das Alter des Hundes bei der Röntgenuntersuchung.

Die Röntgenaufnahme muss von hoher technischer Qualität sein (MÜLLER und SAAR, 1966; BRASS, 1987) und eine genaue Detailerkennbarkeit ermöglichen. Sowohl Röntgenbilder mit Überbelichtung als auch mit Unterbelichtung, die geringgradige arthrotische Auflagerungen und Veränderungen der Knochenstruktur nicht mehr erkennen lassen, sind für die Auswertung nicht geeignet. Dabei führt die Unterbelichtung zu einer Überlagerung der Knochenstrukturen durch Weichteilschatten und die Überbelichtung zu einer verringerten Erkennung von Details in der Knochenstruktur durch zu hohe Schwärzung. Für Tiere über 30 kg ist das Röntgen mit Streustrahlenraster notwendig, um eine ausreichende Detailerkennbarkeit zu gewährleisten, da die Streustrahlung sonst einen Grauschleier auf dem Röntgenbild bewirkt (TELLHELM und BRASS, 1989).

Jede Röntgenaufnahme muss hinreichend lange entwickelt und fixiert werden. Der Röntgenfilm soll an den Stellen, wo die Strahlung direkt auf den Röntgenfilm trifft soweit

geschwärzt sein, dass ein zwischen Betrachtungsschirm und Röntgenbild gehaltener Finger gerade noch sichtbar ist (LOEFFLER, 1989).
Die Aufnahmen sollen frei von Flecken, Folienfehlern, anderen Artefakten und Verwacklungsunschärfen sein.
Die Hoffnung auf gleichbleibend exzellente Röntgenbilder ist nach GIBBS (1997) unrealistisch, so dass es manchmal nötig wird Kompromisse einzugehen. Eine Zurückweisung der Röntgenbilder wegen technischer Unzulänglichkeiten, die sich besonders schnell an den hierauf sehr empfindlichen Strukturen dorsaler Azetabulumrand, kraniolateraler Azetabulumrand und Textur des Femurkopfes zeigen, kann aber gerechtfertigt sein (GIBBS, 1997).

2.4.2 Lagerung des Hundes für die Röntgenuntersuchung

2.4.2.1 Gestreckte Aufnahme (Position 1)

Weltweit wird für die verschiedenen Auswertungsmethoden (WHITTINGTON et al., 1961; MÜLLER und SAAR, 1966; RENANDO und RYAN, 1985; BURNS et al., 1987; CORLEY, 1992; HENRY, 1992; WILLIS, 1992; FLÜCKIGER, 1993) die gestreckte Aufnahme gefordert. Ein Röntgenbild der Hüfte in Position 1 ist in Abb. 2 dargestellt.
Schon SCHNELLE (1937) stellte eine Lagerung der Hüfte mit gestreckten Hintergliedmaßen vor, die das Röntgenbild eines stehenden Menschen nachahmt. MÜLLER und SAAR (1966) veröffentlichten eine Vereinheitlichung der Lagerung in Anlehnung an OLSSON (1961). Hierzu liegt der Hund auf dem Rücken, seine Körperachse ist so zu strecken, dass das Becken symmetrisch zu liegen kommt. Auf mögliche Fehlbeurteilungen durch unsymmetrische Lagerung des Beckens wird hingewiesen. Die Hinterextremitäten müssen maximal gestreckt werden und die Oberschenkel parallel zueinander liegen. Die Kniescheibe soll durch leichte Innenrotation in der Mitte zwischen den Kondylen liegen.
Die benötigte Größe des Röntgenfilms ist durch die Anforderungen an die auf dem Bild gewünschten Strukturen vorgegeben. Auf dem Bild sollen das vollständige Becken und die Femora einschließlich der Kniegelenke mit der Patella dargestellt werden. Bei sehr großen Rassen sollten zumindest die Femurkondylen und die Patella zu sehen sein, wobei dadurch am oberen Bildrand Teile des Kreuz- und Darmbeines nicht abgebildet werden. Im Normalfall wird eine 30x40 cm große Röntgenplatte eingesetzt.
TELLHELM und BRASS (1989) beschäftigten sich weitergehend mit der gestreckten Aufnahme. Die korrekte symmetrische Lage des Beckens kann an den letzten Lendenwirbeln

und dem Kreuzbein, den beiden Darmbeinschaufeln und den beiden Foramina obturata beurteilt werden. Beide letztgenannten Strukturen sollten sich beidseitig vollkommen gleich darstellen, auch geringe Asymmetrien können zu einem begünstigten und einem benachteiligten Gelenk führen. Das begünstigte Gelenk ist an einem größeren Foramen obturatum, einem schmaleren Darmbeinflügel und einer Neigung der Querfortsätze des letzten Lendenwirbels und des Kreuzbeines zu dieser Seite hin zu erkennen. Die Begünstigung des Gelenks manifestiert sich auf dem Röntgenbild in einem besseren Schluss des Gelenkspaltes und einem tiefer im Azetabulum liegenden Femurkopf. Eine korrekte Auswertung ist nicht möglich (FLÜCKIGER, 1993), da Veränderungen kaschiert werden könnten. Weiterhin ist zur Beurteilung der symmetrischen Lagerung die Breite der Kontur des Schambeins am Übergang zum Darm- und Sitzbein im Bereich des Azetabulums ein empfindliches Kriterium (LOEFFLER, 1989). Die Fossa azetabuli, falls sichtbar, weist bei gleicher Größe des Aufhellungsbezirks auf eine symmetrische Lagerung hin (LOEFFLER, 1989; GIBBS, 1997).

Die Forderungen, dass die Femora parallel zueinander, zum Tisch und zur Wirbelsäule bei gestreckten Hintergliedmaßen abgebildet sein müssen und dabei die Patella in der Höhe der vesalischen Sesambeine in der Fossa condylaris liegen soll, sind bei großen und muskulösen Hunden zum Teil nicht vollständig zu erfüllen (TOLHUYSEN, 1997). Notfalls sollte auf die optimale Streckung verzichtet werden (TELLHELM und BRASS, 1989).

Trotz aller Bemühungen ist es nur in der Theorie möglich, eine absolut standardisierte Lagerung zu erreichen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass geringe Variationen bei der Lagerung akzeptiert werden müssen (GIBBS, 1997). Insbesondere eine geringe Rotation um die Längsachse, die durch ein größeres und ein kleineres Foramen obturatum zu erkennen ist, ist schwer zu vermeiden und führt zu einem bevorzugten und einem benachteiligten Gelenk. Nach GIBBS (1997) verursacht dies bei einer Addition beider Gelenksbeurteilungen keine wesentlichen Probleme. HENNINGER und KÖPPEL (1994) beschäftigten sich besonders mit der lagerungsabhängigen Darstellung des kraniolateralen Azetabulumrandes. Insbesondere bei einer Verkippung um die Querachse beobachteten sie große Unterschiede der Darstellung, die zu unterschiedlichen Norbergwinkel(NW)-Messungen von bis zu 10° führen können.

Messungen am Hüftgelenk, die in der HD-Diagnostik angewandt wurden oder werden, beruhen ebenfalls auf dieser Lagerung. Beispiele sind der NW, die Pfannentiefe nach Piehler, der Öffnungswinkel Beta nach Richter, der Trochanter major Abstand, die Shenton´s Line, der Azetabularindex nach Rhodes und Jenny und die Hilgenreiner-Linie.

2.4.2.2 Gebeugte Aufnahme (Position 2)

Die gebeugte Aufnahme wird von den Schweizer HD-Zentralen (FLÜCKIGER, 1993) und von den FCI-Gutachtern an den Universitätskliniken Hohenheim (SCHNEIDER-HAISS und LOEFFLER, 1987) und Utrecht für die Auswertung gefordert. Bei der FCI-Methode wird außerdem bei jedem HD-Obergutachten (LOEFFLER, 1989) die gebeugte Aufnahme verlangt.

Hierbei werden bei dem sich in Rückenlage befindlichen Hund Sprung- und Kniegelenke gebeugt und die Fersenhöcker nach vorn und seitlich gedrückt, das Becken sollte sich dabei nicht vom Röntgentisch abheben. Der Strahlengang verläuft ventrodorsal. Durch die Spreizung der Hüfte wird diese Position auch Froschhaltung genannt.

FLÜCKIGER (1993) hielt die gebeugte Aufnahme zur genaueren Beurteilung der Beziehung des Azetabulums zum Femurkopf und zur Beurteilung dysplastischer Veränderungen an Femurkopf und –hals für wichtig. Um gegenüber der gestreckten Aufnahme durch die gebeugte Aufnahme zusätzliche Informationen zu Femurkopf und –hals zu erhalten, soll bei der gebeugten Aufnahme der Strahlengang leicht von kaudomedial nach kraniolateral verlaufen bei deutlich von der Tischplatte abgehobenen Sprunggelenken. So wird der Trochanter major nach kaudal projiziert und überlagert den Femurhals nur gering. Die Knie sollen nicht nach kranial gekippt werden, weil sonst der kraniomediale Kopfrand in die Pfanne projiziert wird.

Für wissenschaftliche Zwecke (FLÜCKIGER, 1997) sind die Ergebnisse des Schweizer Punktesystems auch ohne gebeugte Aufnahme auswertbar.

2.4.2.3 Röntgenaufnahme am stehenden Hund

Für biomechanische Forschungen wurde von SCHAWALDER et al. (1996) die Hundehüfte in physiologisch-stehender Position schräg ventrodorsal geröntgt. Es wurden Tiere mit Diskrepanz zwischen dem Lockerheitsgrad des Hüftgelenks in der gestreckten und gebeugten HD-Aufnahme, aber mit keinen oder nur geringgradigen sekundären Veränderungen untersucht. Bei diesen Tieren lagen unter physiologisch stehenden Verhältnissen normale Artikulationsverhältnisse vor. Die Subluxation in der gestreckten Aufnahme soll durch die lagerungsbedingte Innenrotation provoziert sein. Röntgenkontrollen dieser Tiere nach einem möglichst langen Zeitraum ergaben keine oder kaum Spuren einer Coxarthrose.

ALBRECHT und ARNOLD (1972) erstellten Aufnahmen in schräg dorsoventralem Strahlengang. Der Röntgenvergleich zur gestreckten Aufnahme bei 111 Schäferhunden ergab

bei einigen wenigen Tieren Diskrepanzen, wobei durch das Röntgen im Stehen eine eindeutige Beurteilung möglich war.

VEIT (1991) wertete Aufnahmen von 100 Hunden nach FCI-Kriterien aus, die sowohl im Stehen als auch sediert in gestreckter Lagerung geröntgt wurden. Hierbei wurden 37 Hunde identisch ausgewertet, bei 60 Hunden wurden die Röntgenbilder am stehenden Hund bis zu 3 FCI-HD-Grade besser ausgewertet als bei der gestreckten Aufnahme. Aus drei Gründen wurde das Röntgen am stehenden Hund abgelehnt: erstens lässt sich ein gewisser Teil der Hunde schlecht im Stehen röntgen, da sie nicht ruhig auf dem Röntgentisch stehen, zweitens wurde eine schlechtere Röntgenbildqualität erreicht und drittens eine schlechtere Detailerkennbarkeit beobachtet.

2.4.2.4 Aufnahme zur Darstellung des dorsalen Azetabulumrandes

Der Hund wird so gelagert, dass auf dem Röntgenbild der gewichtstragende Teil des Azetabulums einsehbar wird (SLOCUM, 1990). Die Hinterbeine des anästhesierten und auf dem Bauch liegenden Hundes werden parallel zur Wirbelsäule nach kranial gezogen. Ein Gürtel wird um die Oberschenkel und den Rücken geschlungen, so dass die Oberschenkelknochen nahe am Körper zu liegen kommen. Der Winkel zwischen Femur und Tibia soll 120° betragen. Die Hüfte wird um 45° rotiert, um zu verhindern, dass der Trochanter major den dorsalen Azetabulumrand überlagert. Eine Zwischenplatte wird unter die Fersenbeinhöcker geschoben und die Hüfte symmetrisch gelagert. Die exakte Darstellung der Veränderungen am dorsalen Azetabulumrand soll eine direkte Erkennung von HD und möglichen Schmerzen und Leiden des Tieres ermöglichen.

2.4.3 Röntgenaufnahmen und Methoden zur Darstellung der „lockeren Hüfte“

An der radiologischen Darstellung der lockeren Hüfte ist frühzeitig geforscht worden (HENRY und PARK, 1972).

Stressaufnahmen zur besseren Erkennung der Subluxierbarkeit der Hüfte bzw. der lockeren Hüfte wurden in den letzten Jahren in den Vereinigten Staaten (KELLER, 1991; SMITH et al., 1990) und in der Schweiz (FRIEDRICH, 1996) erstellt. Gemeinsam ist beiden Methoden, dass aus einer Aufnahme mit möglichst subluxiertem Gelenk durch Messung der Unterschiede zwischen Femurkopfzentrum und Azetabularzentrum eine dimensionslose Zahl errechnet wird, die den Grad der Lockerheit des Gelenks ausdrückt. SMITH et al. (1990) nennen diese Zahl Distraktionsindex (DI), FRIEDRICH (1996) spricht von Subluxationsindex (SI). Der Grad der Lockerheit und das Auftreten von Arthrosen bzw. degenerativen

Gelenkserkrankungen zeigen einen engen Zusammenhang (SMITH, 1997; FLÜCKIGER et al., 1998). SMITH et al. (2001) konnten für vier Rassen einen DI bestimmen, bei dem mit 100% Sicherheit keine Arthrosen auftreten.

KELLER (1991) röntgte 81 Deutsche Schäferhunde mit durchschnittlich 6,8 Monaten erstmals und nochmals in einem Alter um 24 Monate. An einer Aufnahme mit subluxiertem Gelenk wurde an den 6,8 Monaten alten Hunden der Norbergwinkel (NW) und die Entfernung zwischen den medialsten Punkten beider Femurköpfe gemessen. Die Röntgenbilder mit gestreckter Aufnahme (Position 1) der erwachsenen Hunde wurden nach OFA (siehe Kapitel 2.4.6.3) ausgewertet. Die Messungen an der subluxierten Hüfte mit 6,8 Monaten sagten zu 90% die OFA-Auswertung der Hüfte richtig voraus , wobei die Messung des Femurkopfabstandes einfacher und genauer war als die des Norbergwinkels. Bei der Stressröntgenaufnahme nach Flückiger (FRIEDRICH, 1996) wurde auch eine hohe Wiederholbarkeit der Ergebnisse, hohe Übereinstimmungen mit dem offiziellen HD-Ergebnis und eine hohe Heritabilität erreicht.

Der von SMITH et al. (1990) anhand der Stressaufnahmen entwickelte Distraktionsindex (DI), als Methode auch PennHIP© genannt, wird routinemäßig als Information für die Zucht eingesetzt (SMITH, 1997; SMITH et al., 2001), z.B. in Blindenhundzuchten (LEIGHTON, 1997). Der PennHIP© kann als Früherkennung bei Hunden mit 16 Wochen und älter verwendet werden und ist bei 14000 Hunden überprüft. Der DI beruht auf einer linearen Skala zwischen 0 und über 1. Die Messungen sind weniger durch Lagerungsfehler beeinflusst als die subjektiven Auswertungen. Die Überprüfung der Wiederholbarkeit der Ergebnisse an etwa 140 Hunden, die mit 4, 6, 12 und 24 Monaten geröntgt wurden, hat für den DI eine höhere Wiederholbarkeit als für den Norbergwinkel und einer dem OFA-Schema (siehe Kapitel 2.4.6.3) sehr ähnlichen Auswertungsmethode ergeben. Außerdem ist nur mit dem PennHIP© bei einem Welpenalter von 4 Monaten eine signifikante Vorhersage auf die Entwicklung einer degenerativen Gelenkserkrankung möglich. Neben der Angabe des absoluten DI-Wertes wird in den USA auch ein Vergleich mit den bisher von dieser Rasse erhobenen DI-Werten vorgenommen, so dass es für jeden Besitzer möglich ist, den DI seines Tieres im Rassedurchschnitt einzuschätzen.

2.4.4 Messungen an den Röntgenbildern

Die zur HD-Diagnostik des Hundes entwickelten oder aus der Humanmedizin übernommenen Messungen werden an der gestreckten Aufnahme (Position 1) vorgenommen.

2.4.4.1 Hilgenreiner Linie

Die Hilgenreiner Linie wurde in der Humanmedizin 1925 von HILGENREINER beschrieben. GEIßNER (1977) war der Ansicht, dass die Hilgenreiner Linie auch beim Hund als Hilfsmittel herangezogen werden kann. Diese Methode soll schon im frühesten Alter eine Auswertung erlauben. Dazu werden auf dem Röntgenbild die Fugenknorpel der Pfanne durch eine Linie (H) verbunden, die nach den Seiten über diese hinausführt. Darauf errichtet man vom zentralen Diaphysenende des Femur eine Senkrechte (0), die den Femurhochstand der luxierten Seite darstellt. Die Entfernung des Schnittpunktes der Senkrechten und der Verbindungslinie kennzeichnet die Pfannennähe bzw. Pfannenweite des Femur. Der Pfannenwinkel (α) wird von der Verbindungslinie und einer Linie, welche die Enden der Pfannenränder an der Darmbeinsäule verbindet und auf die Verbindungslinie auftrifft, gebildet. Beim Hund beträgt der Pfannenwinkel (α) bei einem normalen Hüftgelenk 25°. Eine Luxation oder HD liegt vor, wenn dieser Winkel größer als 25° ist.
Die Abb. 4 stellt die Hilgenreiner Linie mit Femurhochstand und vergrößertem Winkel rechts (re) dar.

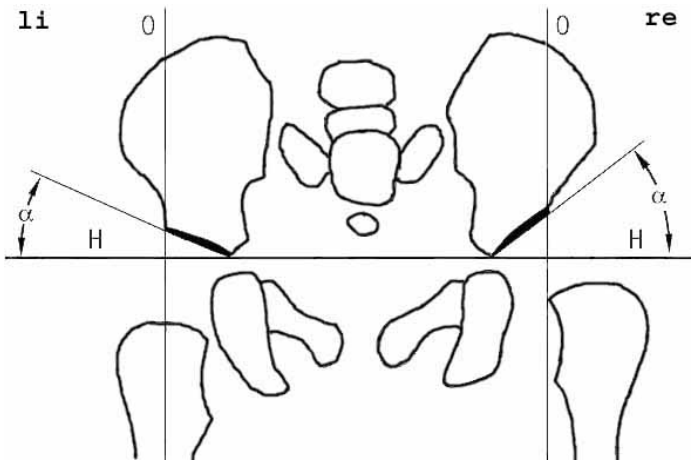


Abb. 4: Hilgenreiner Linie bei einem neugeborenen Kind aus ROCHE (1998, mod.)

Nach MAHNIG (1968) ist die Verwendung der Hilgenreiner Linie am noch nicht vollständig verknöcherten Becken des jungen Hundes keine sichere Methode zur Diagnostik der HD. An

umfangreichem Hundematerial stellte SPIESS (1984) fest, dass die Hilgenreiner Linie den HD-Grad nicht beeinflusst.

2.4.4.2 Azetabularindex nach Rhodes und Jenny

RHODES und JENNY (1960) entwickelten einen Azetabularindex zur Bestimmung der Tiefe des Azetabulums. Sie tragen den Abstand der kraniolateralen Azetabulumränder auf der Abszisse (Strecke A) und den Abstand der kranialen Rami des Schambeinwinkels auf der Ordinate eines Diagramms ein (Strecke B). Abb. 5 stellt die beiden Strecken A und B dar.

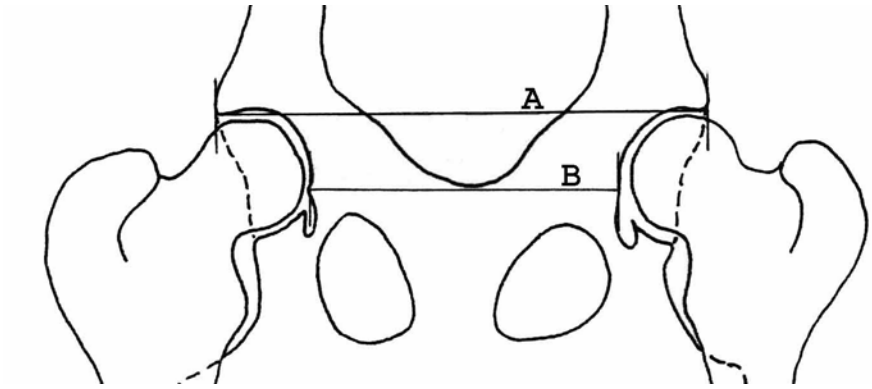


Abb. 5: Die beiden Messstrecken A und B für den Azetabularindex nach RHODES und JENNY (1960, mod.)

Die Punkte gesunder Hunde liegen alle auf oder sehr nahe bei einer Geraden durch den Nullpunkt, mit der Steigung 0,67 (45°). Wenn ein Punkt 4 mm und mehr über der Linie liegt, ist das Azetabulum flacher als üblich und weist auf HD hin. Der Azetabularindex dient zur Erkennung der Tiefe des Azetabulums, und nicht als Diagnosemöglichkeit für HD.
MAHNIG (1968) berücksichtigte, dass die HD auch einseitig auftreten kann und maß beide Strecken von der Symmetrieachse des Beckens aus. Die berechneten Quotienten zwischen gesunden und befallenen Hunden unterschieden sich signifikant.

2.4.4.3 Shentons Linie

Um den Grad einer Subluxation zu demonstrieren, verwendete SINGLETON (1960) die Shentons-Linie aus der Humanmedizin (Abb. 6). Auf dem Röntgenbild wird eine Linie eingezeichnet, die einer Verlängerung des kranialen Randes des Foramen obturatum folgt und in einer Kreisbahn über den Femur zieht. Ist der Femur nicht subluxiert, schneidet die angelegte Linie das Femurkopfzentrum. Je stärker der Femur subluxiert ist, desto weiter kaudal des Femurkopfzentrums verläuft die Linie.

SINGLETON (1960) hielt die Shentons-Linie für die HD Beurteilung bei Hunden für weniger wertvoll, auch SCHWARZ (1971) war der Ansicht, dass die Shentons-Linie als Hilfsmittel für die Diagnosestellung der HD unbrauchbar ist.

2.4.4.4 Trochanter major Abstand

Unabhängig von der Humanmedizin schlug SINGLETON (1960) vor, den Abstand zwischen kraniolateralem Azetabulumrand und dem Trochanter major zu messen, um die Subluxation des Femurs sicherer darstellen zu können. Nach SCHWARZ (1971) kann der Trochanterabstand nicht zur Diagnostik der HD herangezogen werden, da er keine sichere Messung und dadurch keine sichere Aussage ermöglicht. Die Messstrecke für den Trochanter major Abstand ist in Abb. 6 am linken Gelenk dargestellt.

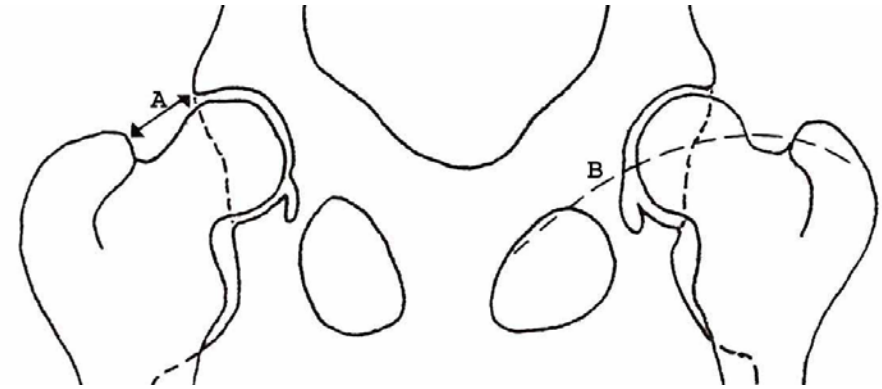


Abb. 6: Darstellung des Trochanter major Abstandes (A) und der Shentons Linie (B) nach SINGLETON (1960, mod.)

2.4.4.5 Norberg-Winkel (NW)

Der Winkel nach NORBERG wurde von OLSSON 1961 erstmals beschrieben und damals an der gebeugten Aufnahme angewandt. Der Winkel ist aus der Humanmedizin übernommen und für den Hund modifiziert (LAWSON, 1963). Um den Norberg-Winkel (SMITH, 1963; LAWSON, 1963) zu messen, werden mittels konzentrischer Kreise, die auf durchsichtiger Folie aufgebracht sind, die Mittelpunkte beider Femurköpfe der Hüfte bestimmt. Die Femurkopfzentren werden gekennzeichnet. Eine Schablone wird angelegt, wobei die Grundlinie durch beide Femurkopfzentren geht. Eine weitere Linie in einem Winkel von 105° zur Grundlinie führt durch das Femurkopfzentrum. Liegt die kraniale Kante des Azetabulums innerhalb des Winkels, ist das Azetabulum flacher als normal. So kann durch den Norbergwinkel der Sitz des Femurs innerhalb des Azetabulums beurteilt werden. Außerdem kann eine Aussage über die Ausprägung des kraniolateralen Pfannendachs gemacht werden.

MÜLLER und SAAR (1966) wendeten den Norberg-Winkel an der gestreckten Aufnahme an und unterschieden HD-freie Hunde von leichten HD-Fällen an einem Norbergwinkel über oder unter 105°. Bei mittleren und schweren Fällen hielten sie die Messung für überflüssig, da der Augenschein die Dysplasie beweist. Außerdem hielten sie die Messung in diesen Fällen oft nicht für einsetzbar, da die Messung einen runden Femurkopf zum Aufsuchen des Femurkopfmittelpunktes voraussetzt.
Die Abb. 7 stellt das Anlegen der NW-Schablone zum Aufsuchen des Femurmittelpunktes und Ablesen der Gradzahl dar.

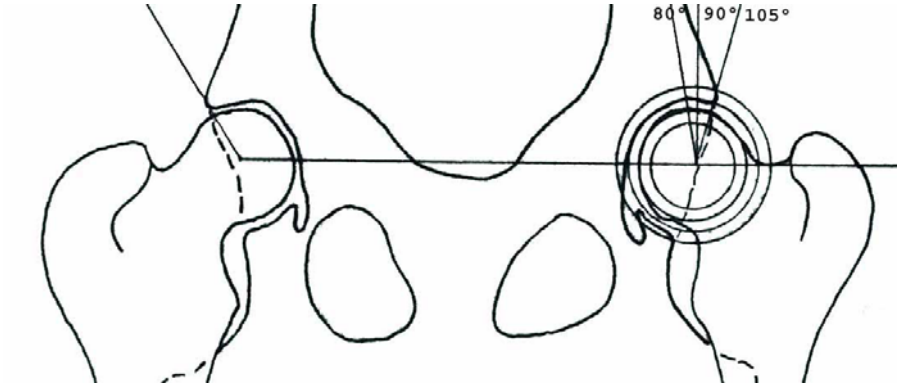


Abb. 7: Ermittlung des Femurkopfmittelpunktes und Ablesen des NW anhand einer Schablone (REIBEL, 1992, mod.)

Die Bedeutung des Norbergwinkels für die HD-Diagnostik wird allgemein anerkannt (MÜLLER und SAAR, 1966; LOEFFLER und VOLCKART, 1969; VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG, 1983). FREUDIGER (1973) sah im NW ein objektives, jederzeit reproduzierbares Kriterium. Bei den Auswertungsmethoden nach FCI (BRASS et al., 1978), Hipscore (LAWSON, 1963) und den Schweizer HD-Zentralen (FLÜCKIGER, 1993) wird der Norbergwinkel zur HD-Beurteilung herangezogen. Die Tab. 1 stellt die NW-Messung und Punktzahlen bzw. HD-Graden der drei Methoden gegenüber. Alle Methoden unterscheiden sich untereinander.

Tab. 1: Der Norbergwinkel (NW) und seine Bewertung bei FCI, Schweizer Methode und Hipscore

	NW-Bewertung		
NW in °	**FCI**	**Schweiz**	**Hipscore**
≥ 105°	HD-frei	0 Punkte	0 Punkte
< 105° / >105° [1]		1 Punkt[1]	
≥ 100°	HD-Übergang oder leicht	2 Punkte	1 Punkt
≥ 95°			2 Punkte
≥ 90°	HD-mittel	3 Punkte	3 Punkte
≥ 85°			4 Punkte
≥ 80°	< 90° HD-schwer	4 Punkte	5 Punkte
< 80°		5 Punkte	6 Punkte

[1] ein NW von unter 105° mit kongruentem Gelenkspalt und ein NW von über oder gleich 105° bei inkongruentem Gelenkspalt bekommt 1 Punkt bei der Schweizer Methode

Bei der FCI-Methode ist der Norbergwinkel ein wichtiges Kriterium für die Einteilung der Hüfte in die fünf HD-Grade (siehe Kapitel 2.4.6.1, Tab. 2 und Tab. 3). Der NW bestimmt allerdings nicht allein den HD-Grad, auch andere Kriterien beeinflussen die Gewichtung des NW. Bei der Auswertungsmethode nach den Schweizer HD-Zentralen (siehe Kapitel 2.4.6.4, Tab. 6) ist der NW einer von sechs Kriterien. Die Skala für den NW erstreckt sich dabei von 0 bis 5 Punkten. In der Auswertung nach Hipscore (siehe Kapitel 2.4.6.2, Tab. 4) ist der NW einer von neun Kriterien. Die Skala der Kriterien erstreckt sich von 0 - 6 Punkte. In Großbritannien wird von einem Grundwinkel von 90° ausgegangen und die Grad-Verschiebungen nach oben oder unten angegeben, zum Beispiel sind 105° bei der FCI gleich + 15° beim Hipscore. Der Übersicht halber sind die Gradangaben auf die FCI-Nomenklatur umgerechnet.

In allen drei Auswertungsmethoden wird von einem idealen Hüftgelenk ein NW über 105° erwartet. HARHOFF-RIEPE (1997) nahm gradgenaue NW-Messungen an HD-freien, HD-Übergang und HD-leicht Hunden der Rassen Berger des Pyrènèes, Bearded Collie, Lhasa Apso, Tibet Terrier und Samojede vor. Dabei konnte sie nachweisen, dass nur die wenigsten Hunde einen NW von 105° erreichten. Beim Berger d. P. erreichten nur 50% der Hunde einen NW von über 97°, NW über 104° erreichten nur 5%. Aus ihren Ergebnissen schloss sie, dass der Referenzwert 105° für den Berger d. P. nicht haltbar ist.

Bei der Darstellung der einzelnen Kriterien des Hipscore (GIBBS, 1997) wird an einem Beispielbild als Messpunkt für den Norbergwinkel der Schnittpunkt zwischen kranialem und dorsalem Azetabulumrand gewählt, theoretisch ist aber als Messpunkt der kraniolaterale Azetabulumrand angegeben. Auch SMITH (1963), der erstmals die Hipscore-Kriterien

beschrieb, orientierte sich bei seiner Beschreibung des Norbergwinkels an der kranialen wahrscheinlich äußersten Kante des Azetabulums als Messpunkt. HENRY (1992) beschrieb den Norbergwinkel als Auswertungsmethode für HD neben der Klassifikation der Orthopedic Foundation for Animals Inc. (OFA) in den Vereinigten Staaten von Amerika. Die Gradzahl soll am tatsächlichen Azetabulumrand (kraniodorsaler Rand) gemessen werden. Ein Röntgenbild zur Verdeutlichung des Norbergwinkels stellt die Messung am äußersten lateralen Rand dar. Für HENNINGER und KÖPPEL (1994) zeigt der Schnittpunkt des Pfannendaches mit dem kranioventralen Azetabulumrand auf Höhe der kranialen Pfannenkontur die laterale Begrenzung der Facies lunata und damit den Messpunkt an. TELLHELM und BRASS (1991) stellten an zwei Fallbeispielen die NW-Messung für die FCI-Methode und die Probleme der NW-Messung dar. Der NW soll am Rand der physiologischen Pfannenbildung gemessen werden, abgeflachte kraniolaterale Azetabulumrandanteile sollen nicht zur Winkelmessung herangezogen werden. Bei den Beispielen verbessert sich der NW durch fehlerhafte Messung um 12 bzw. 5 Grad. Bei den fehlerhaften Messungen wurde am äußersten kraniolateralen Azetabulumrand bzw. am Ansatz des M. rectus femoris gemessen.

GIBBS (1997) beschrieb drei mögliche Fehlerquellen bei der Messung. Erstens die unkorrekte Kennzeichnung des Femurkopfzentrums durch einen nicht exakt runden Kopf, zweitens die unsichere Erkennung des kraniolateralen Azetabulumrandes durch eine Kippung des Beckens um die Querachse und drittens eine Kippung des Beckens um die Längsachse, wobei eine bevorzugte Seite mit einem höheren NW und eine benachteiligte Seite mit einem niedrigeren NW entsteht. Bei einer Verkantung des Beckens um die Längsachse kommt es zu größeren Winkelwerten auf der Seite der optisch tieferen Pfanne (HENNINGER und KÖPPEL, 1994; SMITH, 1963). Diese Verkantung ist gut festzustellen. Dagegen ist die Verkippung des Beckens um die Querachse nicht so leicht zu erkennen und kann durch unterschiedliche Wahl der Bezugspunkte bis zu 10° variierende Norbergwinkel beim gleichen Hund hervorrufen (HENNINGER und KÖPPEL, 1994).

Neben der Lagerung des Hundes und der Festlegung der Messpunkte beeinflusst auch die Anfertigung des Röntgenbildes in Sedierung oder wachem Zustand den NW. KLIMT (1990) maß einen im Durchschnitt um 2,57° bis 4,40° kleineren NW beim sedierten Hund.

Nach GAMBOA HUAMÁN et al. (1998) erhöht der Einsatz eines digitalen Bildverarbeitungssystems die Messgenauigkeit beim NW nicht, WODECKI und SCHIMKE (1997) stellten im Gegensatz dazu bei NW-Messungen an Rassekatzen eine größere Genauigkeit der Messungen im Vergleich zu den herkömmlichen manuellen Meßmethoden

fest. Messungen der lateralen Verlagerung des Femurkopfzentrums mit einem digitalen Bildverarbeitungssystem bei 78 Rhodesian Ridgebacks (GAMBOA HUAMÁN et al., 1998) ergaben eine hohe Korrelation zum HD-Grad, dem NW und Gelenkveränderungen.
STUR et al. (1996) erreichten eine Korrelation von 0,70 bei der parallelen Auswertung des NW durch zwei Auswerter und HARHOFF-RIEPE (1997) beschrieb eine Korrelation von 0,94 bei einer gradgenauen Messung von 2 Auswertern.
VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG (1983) wiesen darauf hin, dass der NW allein die Anforderungen an eine HD-Bewertung nicht erfüllt, wenn durch den NW ein „Final Score" von Einzelkriterien ersetzt oder ausreichend beschrieben werden soll. Trotzdem sehen sie, wie auch SMITH et al. (1990), einen statistisch abgesicherten Zusammenhang zwischen dem HD-Grad und der Größe des NW.

2.4.4.6 Pfannentiefe nach PIEHLER

PIEHLER (1967) bestimmt die relative Tiefe der Azetabula. Als erste Strecke wird die Entfernung zwischen den tiefsten Punkten beider Azetabula (Strecke 1) bestimmt (Abb. 8). Danach wird die Entfernung von der Mitte des Daches der einen Seite zur Mitte des Daches der anderen Seite (Strecke 2) gemessen (Abb. 9). Strecke 1 wird durch Strecke 2 dividiert und mit 100 multipliziert. Je abgeflachter das Azetabulum, desto höher ist die Prozentzahl. Physiologisch sind Werte zwischen 55% und 69%. Pathologische Befunde werden der HD-Einteilung nach SCHNELLE (1954) zugeordnet. Dabei entspricht HD 1. Grades: 70 - 73%, 2. Grades: 74 - 79% und 3. und 4. Grades: > 80%. PIEHLER sieht als Vorteile seiner Methode, dass eine Sedation der Tiere nicht nötig ist, da sich eine leichte bis mittlere Verkantung des Beckens kaum auf das Ergebnis auswirkt (SCHWARZ, 1971). Das Erscheinungsbild der HD wird objektiv erfasst und in Zahlen ausgedrückt.

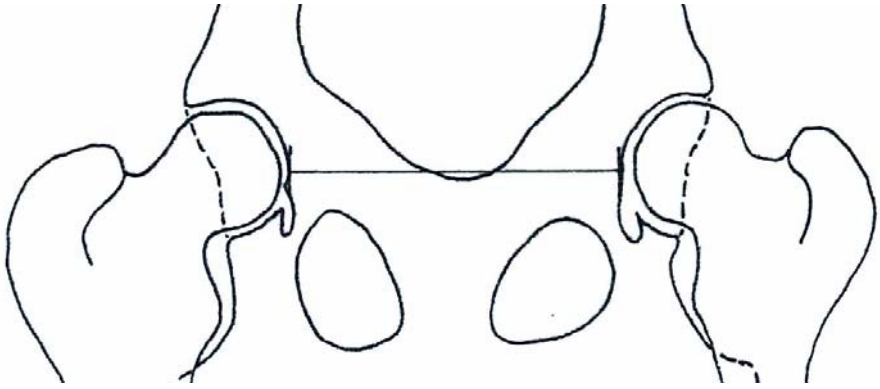


Abb. 8: Entfernung zwischen den tiefsten Punkten beider Azetabula (Strecke 1) (PIEHLER, 1967, mod.)

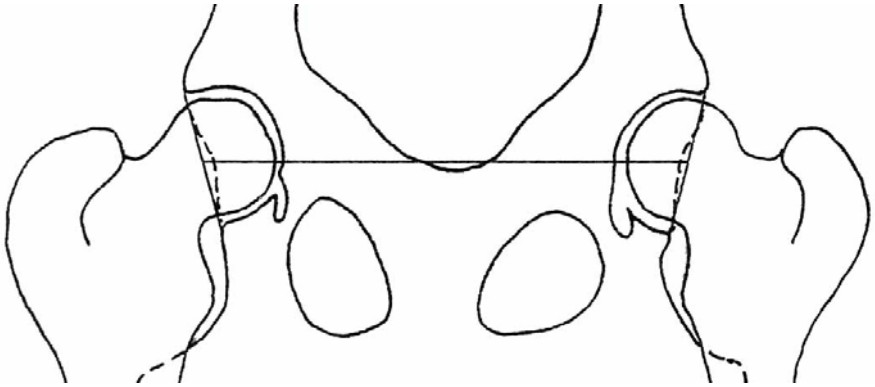


Abb. 9: Entfernung zwischen den Azetabulardächern (Strecke 2) (PIEHLER, 1967, mod.)

SCHWARZ (1971) stellte eine weitgehende Übereinstimmung der Piehlerwerte mit der HD-Gradeinteilung fest. Sie hielt die Verbindung der Meßmethode nach PIEHLER mit der HD-Gradeinteilung nach SCHNELLE (1954) für die geeignetste Methode zur möglichst sicheren Diagnosestellung. Durch die Methode nach PIEHLER können die möglichen Fehler durch das subjektive HD-Urteil weitgehend ausgeschaltet werden.

LOEFFLER und VOLCKART modifizierten 1969 die Methode, indem sie den Abstand der beiden tiefsten Punkte der Azetabula zum Abstand der beiden Pfannendächer in der gleichen Ebene in Beziehung setzten. Sie verglichen die Auswertung von 62 Aufnahmen mit dem Beurteilungsschema nach MÜLLER und SAAR (1966) und fanden in 33 Fällen ein abweichendes Ergebnis. Deshalb lehnten sie die Methode nach PIEHLER als zu unsicher ab. Als besonders nachteilig nannten sie, dass schon ein leichtes Verkanten des Beckens es sehr schwierig macht, den tiefsten Punkt der Pfanne zu bestimmen. Die von PIEHLER in solchen Fällen vorgeschlagene Methode, die Pfannenkontur zu verlängern lehnten sie ab, da diese zu positiveren Resultaten führe. Außerdem machen Veränderungen eines Azetabulums, z.B. durch Traumata, die Beurteilung des anderen Azetabulums unmöglich. Exostosen am Pfannendach verlängern die Strecke 2 und führen so zu unberechtigt günstigen Resultaten. Auch SANCHEZ (1972) modifizierte die Methode nach PIEHLER. Seiner Ansicht nach bezeichnete PIEHLER als Strecke 2 nicht den Abstand der Mitte des Pfannendaches, sondern den Abstand des Mittelpunktes einer Strecke, die den kranialen und kaudalen Azetabulumrand verbindet. Dadurch kommt es zu einer Veränderung der Strecke 2 und der daraus folgenden Piehlerwerte.

2.4.4.7 Öffnungswinkel Beta (β) nach RICHTER

RICHTER (1977) drückte die Tiefe des Azetabulums durch einen Winkel aus. Dadurch wird die Weite des Azetabulums in die Messung mit einbezogen. Um den Winkel zu bestimmen, sind drei Punkte auf der Röntgenaufnahme zu ermitteln (Abb. 10): Punkt A ist der lateralste Punkt am vorderen Pfannenrand. Mit Punkt B wird das Ende der Facies lunata bezeichnet und Punkt C ist der lateralste Punkt am kaudalen Pfannenrand. Der Öffnungswinkel β ist der Winkel, der von den Strecken AB und BC eingeschlossen wird. Wenn der vom Azetabulum gebildete Kreissektor genau ein Halbkreis ist, ist der Winkel β genau 90° (Satz des Thales). Ist der vom Azetabulum gebildete Kreissektor größer als ein Halbkreis, dann ist der Öffnungswinkel β kleiner als 90°, ist der Kreissektor kleiner so ist β größer als 90°. Bei einem abgeflachtem Azetabulum ist der Winkel größer als normal.

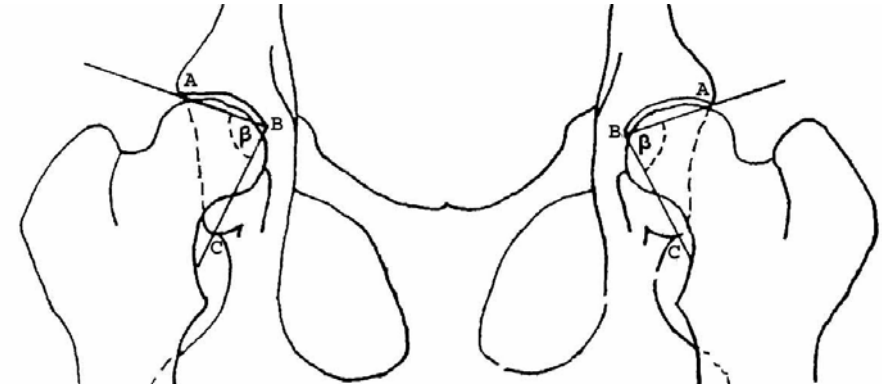


Abb. 10: Öffnungswinkel Beta (β) nach RICHTER (1977)

Da die Azetabula rasseabhängig verschieden ausgeprägt sind veröffentlichte RICHTER Normbereiche für verschiedene Rassen. Er nennt physiologische Öffnungswinkel zwischen 76,2° und 93,1°, wobei die Pudel die kleinsten und die Teckel die größten physiologischen Winkel aufweisen. NOWAK (1978, zitiert nach LOEFFLER, 1979) überprüfte die Anwendbarkeit dieses Verfahren und hielt es für gut geeignet die Pfannentiefe zu bestimmen.

2.4.5 Subjektive Einzelkriterien

2.4.5.1 Morganlinie

1987 beschrieb MORGAN erstmals die nach ihm benannte Linie. Es handelt sich um eine auf der gestreckten Aufnahme radiologisch sichtbare Verdichtungslinie bzw. Knochenleiste am kaudalen Femurhals, wobei die Position des Femurs bei der Lagerung die Darstellung der Linie verändert. In Morgans Studie wurden 605 Röntgenbilder der Rassen Deutscher Schäferhund, Golden Retriever, Pyrenäenberghund, Labrador Retriever und Bernhardiner untersucht. Dabei war bei 54% der dysplastischen Hunde die Linie zu sehen, dagegen nur bei 15% der gesunden Hunde. Zwischen den Rassen ergaben sich große Unterschiede bei der Ausbildung der Linie zwischen 40 - 75% bei den dysplastischen Hunden und 8 - 29% bei den gesunden Hunden. Bei den gesunden Pyrenäenberghunde zeigten 29% eine Morganlinie. Tiere mit schwerer HD zeigten oft so starke Umbauvorgänge am Femurkopf, dass die Morganlinie nicht mehr zu erkennen war. Die Morganlinie ist als Frühindikator für sekundäre arthrotische Veränderungen und als Anzeiger einer lockeren Hüfte interessant. Anatomisch entspricht sie nach KLIMT et al. (1992) einer Osteophytenleiste im Bereich des Gelenkkapselansatzes am kaudalen Femurhals und entwickelt sich aus Umbauprozessen infolge einer vermehrten Gelenksinstabilität. Sie bestätigten die Ergebnisse von MORGAN, laut denen eine enge Korrelation zwischen dem Auftreten der Morganlinie und einer vermehrten Subluxierbarkeit im Hüftgelenk besteht. Weiterhin wiesen sie auf die höheren Ansprüche an die Röntgenbildqualität hin.

Bei Untersuchungen von HARHOFF-RIEPE (1997) an Hunden von 5 Rassen ohne weitere osteoarthrotischen Veränderungen zeigten 0% der Lhasa Apsos, 12% der Bearded Collies, 20% der Berger d. P. und sogar 22,5% der Tibet Terrier eine Morganlinie.

2.4.6 Beurteilungsmethoden

Aus den ersten Messungen zur Erkennung der HD entwickelten sich eine Vielzahl von Methoden (SCHNELLE, 1954; MÜLLER und SAAR, 1966) zur HD-Beurteilung, von denen sich einige kontinuierlich weiterentwickelten:

2.4.6.1 Deutsche HD-Auswertung nach FCI

Von der Wissenschaftskommission der Fédération Cynologique Internationale (FCI) wurden 1978 Richtlinien zur HD-Beurteilung vorgelegt (BRASS et al., 1978). In der Kommission

waren die Bundesrepublik Deutschland, die Schweiz, Finnland und die Niederlande vertreten. Es wurde über die Klassifizierung in HD-Grade eine Einigung erzielt und diese für Deutschland übernommen.

Die Beschreibung der HD-Grade nach FCI wurde 1990 in Deutschland anlässlich des Treffens der HD-Zentralen (Hohenheimer Kreis) überarbeitet, zu weiteren Veränderungen kam es 1993 durch die FCI (nach LINNMANN, 1998). Die Unterschiede in den drei Definitionen zeigen den Willen, neue Erkenntnisse wie z.B. die Morganlinie oder das Verhältnis von Femurkopfzentrum zu dorsalem Azetabulumrand in die Methodik zu integrieren. In allen 5 Graden wurden inhaltliche und formelle Veränderungen vorgenommen. Die beiden ersten Beschreibungen zu den HD-Graden sind in Tab. 2 gegenübergestellt, die momentan gültige ist in Tab. 3 dargestellt.

Die HD-Zentralen stellten 1990 weiterhin einen von HARTUNG, LOEFFLER, TELLHELM und WITTEBORG (nach REIBEL, 1992) entwickelten HD-Auswertungsbogen vor. Der Bogen listet eine Vielzahl von Auswertungskriterien auf. Für jedes Kriterium entsteht eine kleine Skala mit zwei bis drei Abstufungen. Beim NW umfasst die Skala vier Abstufungen.

Der Auswertungsbogen hat keinen bindenden Charakter und wird nicht von allen Auswertern und Vereinen genutzt, insbesondere weil vollständig gleich angekreuzte Auswertungsbögen nicht zwangsläufig zur Einteilung in den gleichen HD-Grad führen. Die Versendung der angekreuzten Auswertungsbögen an die Rassehundevereine wurde von LOEFFLER (1992) nicht für praktikabel gehalten. Die Einzelkriterien des FCI-Auswertungsbogen sind in Abb. 11 dargestellt.

Die Beurteilung der HD-Röntgenbilder wird in Deutschland von den Mitgliedern der „Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e.V.“ vormals Hohenheimer Kreis, vorgenommen. Der Gesellschaft gehörten Anfang 1996 38 Auswerter an, die HD-Röntgenaufnahmen von 65 Rassen aus etwa 130 Zuchtverbänden auswerteten. Einzelne Mitglieder kommen aus Österreich, der Schweiz, den Niederlanden und Italien. Die Beurteilung der HD-Röntgenbilder jeder Rasse bzw. jedes Rassehundezuchtvereins wird von einem einzigen Auswerter vorgenommen, bei unstimmigen Fällen kann ein Obergutachten eingeholt werden. Das Mindeströntgenalter liegt bei 12 Monaten, bei den großrahmigen Rassen Bull-Mastiff, Bordeaux-Dogge, Deutsche Dogge, Leonberger, Maremmano, Mastino Napoletano, Neufundländer, Landseer, Pyrenäenberghund und Bernhardiner bei 18 Monaten und beim Rottweiler bei 15 Monaten. LOEFFLER (1979) und KREMPL (1985) wiesen darauf hin, dass eine korrekte Auswertung von HD-Röntgenbildern nach FCI im Alter von 12 bis 24 Monaten möglich ist.

Tab. 2: Gegenüberstellung der Richtlinien der FCI-Auswertung von 1978 (BRASS et al., 1978) und 1990 (nach REIBEL, 1992)

1978	1990
Kein Hinweis für HD (A) Der Femurkopf und das Azetabulum sind kongruent und der Winkel nach Norberg (in Pos. I) ist 105° oder größer. Der kraniolaterale Rand des Azetabulum zeigt sich scharf oder in geringem Maße abgerundet. Der Gelenkspalt ist eng und gleichmäßig. Bei hervorragenden Hüftgelenken umgreift der kraniolaterale Azetabulumrand den Femurkopf etwas weiter nach laterokaudal.	**Kein Hinweis auf HD (A)** Der Spalt zwischen Femurkopf und kranialer Pfannenkontur (Gelenkspalt) ist eng und konzentrisch, und der Winkel nach Norberg (in Pos. I) ist 105° oder größer. Die kraniale Pfannenkontur ist strichförmig, und der kraniolaterale Pfannenrand ist scharf gezeichnet. Die dorsale Pfannenkontur verläuft lateral des Femurkopfzentrums.
Übergangsform (verdächtig für HD) (B) Entweder sind Femurkopf und Azetabulum in geringem Maße inkongruent mit einem Norbergwinkel (in Pos. I) von 105° oder größer, oder der Norbergwinkel ist kleiner als 105°, wobei der Femurkopf und das Azetabulum kongruent sind. Geringe Unschärfen am kranialen, kaudalen oder dorsalen Azetabulumrand können vorhanden sein.	**Übergangsform (B)** Entweder ist der Gelenkspalt divergierend mit einem Norbergwinkel von 105° oder größer oder der Norbergwinkel liegt zwischen 100° und 105°, wobei der Gelenkspalt nur minimal divergierend sein darf.
Leichte HD (C) Femurkopf und Azetabulum sind inkongruent. Der Norbergwinkel ist größer als 100° und/oder der kraniolaterale Rand des Azetabulum ist in geringem Maße abgeflacht. Unschärfen oder höchstens geringe Anzeichen osteoarthrotischer Veränderungen des kranialen, kaudalen oder dorsalen Azetabulumrandes können vorhanden sein.	**Leichte HD (C)** Der Gelenkspalt ist divergierend, der Norbergwinkel ist größer als 100° und der kraniolaterale Pfannenrand kann abgeflacht sein. Die dorsale Pfannenkontur kann medial des Zentrums des Femurkopfes liegen. Das Vorhandensein geringer osteoarthrotischer Veränderungen (z.B. Linie nach Morgan, angedeutete Randwülste, Unschärfen, subchondrale Pfannensklerose) bedingt unabhängig von den obengenannten Kriterien die Einstufung in Leichte HD.
Mittlere HD (D) Deutliche Inkongruenz zwischen Femurkopf und Azetabulum mit Subluxation. Norbergwinkel größer als 90° (nur als Referenz). Abflachung des kraniolateralen Azetabulumrandes und/oder osteoarthrotische Merkmale.	**Mittlere HD (D)** Der Gelenkspalt ist deutlich divergierend, der kraniolaterale Pfannenrand ist in der Regel abgeflacht, und der Norbergwinkel ist größer als 90°, oder deutliche osteoarthrotische Merkmale sind vorhanden.
Schwere HD (E) Auffällige dysplastische Veränderungen an den Hüftgelenken, wie z.B. Luxation oder deutliche Subluxation, Norbergwinkel unter 90°, deutliche Abflachung des kranialen Azetabulumrandes, Deformierung des Femurkopfes (pilzförmig, abgeflacht) oder andere osteoarthrotische Merkmale.	**Schwere HD (E)** Erhebliche dysplastische Veränderungen an den Hüftgelenken, z.B. Norbergwinkel unter 90°, in der Regel mit deutlicher Abflachung der vorderen Pfannenkontur, Deformierung des Femurkopfes (pilzförmig, abgeflacht) oder mit anderen osteoarthrotischen Merkmalen.

Tab. 3: Richtlinien der FCI-Auswertung von 1993 (nach LINNMANN, 1998)

1993
Kein Hinweis für HD (A) Der Femurkopf und das Azetabulum sind kongruent. Der kraniolaterale Rand des Azetabulums zeigt sich scharf konturiert und läuft abgerundet aus. Der Gelenkspalt ist eng und gleichmäßig. Der Winkel nach NORBERG (in Position 1) beträgt etwa 105° (als Referenz). Bei hervorragenden Hüftgelenken umgreift der kraniolaterale Azetabulumrand den Femurkopf etwas weiter nach laterokaudal.
Fast normale Hüfte (B) Entweder sind Femurkopf und Azetabulum in geringem Maße inkongruent mit einem Winkel nach NORBERG (in Position I) von etwa 105° oder das Zentrum des Femurkopfes liegt medial des dorsalen Azetabulumrandes und Femurkopf und Azetabulum sind kongruent.*
Leichte HD (C) Femurkopf und Azetabulum sind inkongruent, der Winkel nach NORBERG beträgt etwa 100° und/oder der kraniolaterale Rand des Azetabulums ist in geringem Maße abgeflacht. Unschärfen oder höchstens geringe Anzeichen osteoarthrotischer Veränderungen des kranialen, kaudalen oder dorsalen Azetabulumrandes, des Femurkopfes oder –halses können vorhanden sein.
Mittlere HD (D) Deutliche Inkongruenz zwischen Femurkopf und Azetabulum mit Subluxation. Winkel nach NORBERG größer als 90° (nur als Referenz). Abflachung des kraniolateralen Azetabulumrandes und/oder osteoarthrotischen Merkmale.
Schwere HD (E) Auffällige dysplastische Veränderungen an den Hüftgelenken, wie z.B. Luxation oder deutliche Subluxation. Winkel nach NORBERG unter 90°, deutliche Abflachung des kranialen Azetabulumrandes, Deformierung des Femurkopfes (pilzförmig, abgeflacht) oder andere osteoarthrotische Merkmale.

* Anmerkung: Norberg-Winkel bei der 2. Alternative kleiner als (etwa) 105°

Abb. 11: Die Einzelkriterien des FCI-Auswertungsbogen nach den HD-Zentralen (1990)

Beckenpfanne:					gering-gradig
Gesamteindruck	tief	□	flach	□	□
kraniale Pfannenkontur	strichförmig	□	subchondr. Sklerose	□	□
kraniolater. Pfannenrand					
	rund auslaufend	□	abgeflacht	□	□
			mit Auflagerungen	□	□
Oberschenkelkopf:					
Gesamteindruck	kugelförmig	□	zu klein	□	□
			Kragenbildung	□	□
			Deformation	□	□
gebeugte Gliedmaße			Lippenbildung	□	□
Sitz des Kopfes in der Pfanne:					
	tief	□	lose	□	□
Oberschenkelhals:					
	schlank	□	walzenförmig	□	□
	vom Kopf abgesetzt	□			
	scharf konturiert	□	unscharf	□	□
			Auflagerungen	□	□
			Linie nach Morgan	□	□
Gelenkspalt:					
gestreckte Gliedmaßen	konzentrisch	□	divergierend	□	□
gebeugte Gliedmaßen	konzentrisch	□	divergierend	□	□
Zentrum des Femurkopfes:					
	medial des dorsalen Pfannenrandes	□	lateral	□	□ auf dors. Pfannenrand
Messung nach Norberg:					
	Winkel 105° oder größer	□	kleiner als 105°	□	
			kleiner als 100°	□	
			kleiner als 90°	□	

- Hüftgelenksdysplasie -

Kein Hinweis □	Übergangsform □	Leichte-HD □	Mittlere-HD □	Schwere-HD □
A1 □ A2 □	B1 □ B2 □	C1 □ C2 □	D1 □ D2 □	E1 □ E2 □

Trotz der Einigung der Wissenschaftskommission der FCI (1978) auf Klassifikationskriterien gelang es nicht, eine allgemeingültige international anerkannte Klasseneinteilung zu erarbeiten. Um trotzdem eine internationale Verwendung der in den einzelnen Ländern gültigen Klassifizierung zu ermöglichen, wurden sie vergleichend aufgeführt (siehe Anlage 9.1, Tab. 61). Die Einteilung in 5 HD-Grade mit jeweils 2 Untergraden wurde mit den nationalen Klasseneinteilungen verglichen. In der Schweiz wird seit 1991 nach der Methode der Schweizer HD-Kommissionen ausgewertet und nach FCI klassifiziert.

2.4.6.2 Britische HD-Auswertung nach BVA/KC (Hipscore)

Von 1965 bis 1978 wurde in Großbritannien eine Auswertungsmethode mit folgenden drei Graden eingesetzt a) normal (zuchttauglich)
b) breeder´s letter (zuchttauglich)
c) fail (nicht zuchttauglich, Dysplasie)

Seit 1978 wurde durch eine Vereinbarung zwischen der British Veterinary Association (BVA) und der German Shepherd Dog Improvement Foundation der Hipscore (LAWSON, 1963) eingeführt und bis 1983 auf alle Rassen des Kennel Clubs (KC) übertragen (WILLIS, 1997). Der Hipscore beruht auf den Beurteilungsvorschlägen von LAWSON (1963). Er wollte vergleichbare Auswertungen der Röntgenbilder erreichen, um Kontroversen zwischen den Auswertern und mit den Züchtern durch unterschiedliche Bewertungen einzudämmen. Außerdem soll der Hipscore die Spannweite der Abnormitäten innerhalb und zwischen den Hunderassen bei HD demonstrieren.
LAWSON (1963) unterteilte die Hüfte in drei Einheiten: Das Azetabulum, den Femurkopf und -hals und den Gelenkspalt. Am Azetabulum unterschied er die Fossa azetabuli, den kranialen Azetabulumrand, den kaudalen Azetabulumrand, den dorsalen Azetabulumrand und den kraniolateralen Azetabulumrand. Am Femurkopf unterschied er die Luxation des Femurkopfes und die Exostosen an Femurkopf und -hals.
Daraus entwickelten sich mit dem Norbergwinkel 9 Kriterien (Tab. 4). Jedes Kriterium wird mit 0 bis 6 Punkten bewertet. Bei einer Ausnahme wird nur mit 0 bis 5 Punkten bewertet. Jedes Hüftgelenk erhält je nach Ausprägung der dysplastischen Erscheinungen 0 bis 53 Punkte. Je geringer die Punktzahl ist, desto besser ist das Gelenk. Da beim Hipscore die Ergebnisse des rechten und des linken Hüftgelenks addiert werden, kann eine Höchstpunktzahl von 106 erreicht werden. Diese große Spannweite der Skala ist ein Vorteil gegenüber der „grading schemes“, die mit einer weit geringeren Variation auskommen

müssen. Die Möglichkeit kleinere Unterschiede darzustellen ist insbesondere bei niedrigen Gesamtpunktzahlen vorteilhaft. Bei Punktzahlen über 10 ist von einer auffallenden Gelenkslockerheit oder klar zu erkennenden sekundären Veränderungen auszugehen (GIBBS, 1997).
Die Auswertung erfolgt in Großbritannien durch zwei Mitglieder des "Panel of scrutineers", der sich aus Veterinärradiologen zusammensetzt (WILLIS, 1997). Dadurch soll die Fehlerquelle, die bei der Interpretation von Röntgenbildern auch bei erfahrenen und gewissenhaften Auswertern vorhanden ist, minimiert werden (GIBBS, 1997). Es wird ein Röntgenbild in Position I (gestreckte Gliedmaßen) zur Auswertung benötigt. Die Hunde dürfen erst mit 12 Monaten geröntgt werden, ein Höchstalter ist nicht festgelegt (WILLIS, 1992). Bis 1996 wurden in Großbritannien 100.273 Hunde aus 95 Rassen mit dem Hipscore beurteilt (WILLIS, 1997).
Auch der Hipscore unterliegt einer Weiterentwicklung, die sich in Änderungen von Formulierungen in fast allen Kriterien, aber auch in der Neuaufnahme der Morganlinie unter Kriterium 8 zeigt (REIBEL, 1992; GIBBS, 1997). Da aber die Punkteskala seit 1983 eingeführt ist (WILLIS, 1987; WILLIS 1997) und nicht geändert wurde, liegt eine langjährige Kontinuität der Punktzahlen vor.

In Australien wird seit 1989 ebenfalls nach dem britischen System ausgewertet (LAVELLE, 1990). Hier wird aber die schlechtere Hüfte zur Beurteilung des HD-Grades herangezogen und keine Addition beider Hüftgelenke vorgenommen. LAVELLE (1991) wies auf die Tendenz von Züchtern und Besitzern hin, nur auf die Gesamtpunktzahl zu sehen und die bei asymmetrischer HD wichtige Punktzahl des einzelnen Hüftgelenks zur Leidensprognose zu vernachlässigen.

Die derzeitige Darstellung des Auswertungsschemas der British Veterinary Association und des Kennel Clubs (BVA/KC) mit „Update" wurde von GIBBS 1997 veröffentlicht.
Da durch jede Übersetzung ein Informationsverlust entstehen kann wird nachfolgend (Tab. 4) das offizielle Auswertungsschema dargestellt und die Kriterien unter Zuhilfenahme der Veröffentlichung von GIBBS (1997) und der Arbeit von REIBEL (1992) kommentiert.

Tab. 4: Criteria for scoring for the BVA/KC Hip Dysplasia Scheme (updated GIBBS 1997)

	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3
Score	**Norberg Angle (degrees)**	**Subluxation**	**Cranial acetabular edge (CrAE)**
0	+ 15 and over	Femoral head well centred in acetabulum	Even curve, parallel to femoral head throughout
1	+ 10 to +14	Femoral head centre lies medial to DAE. Lateral or medial joint space increases slightly	Lateral or medial CrAE flat. Lateral or medial joint space divergens slightly
2	+5 to +9	Femoral head centre Superimposed on DAE. Medial joint Space increase obvious	CrAE flat throughout most of its length
3	0 to +4	Femoral head centre just Lateral to DAE. ½ femoral head within acetabulum	CrAE shows slight bilabiation
4	-1 to -5	Femoral head centre clearly lateral to DAE. ¼ femoral head within acetabulum	CrAE shows moderate bilabiation
5	-6 to -10	Femoral head centre well lateral to DAE. Femoral head just touches DAE	CrAE shows gross bilabiation
6	-11 and over	Complete pathological dislocation	Entire CrAE slopes canially

DAE: Dorsal acetabular edge, CrAE: Cranial acetabular edge

	Kriterium 4	Kriterium 5	Kriterium 6
Score	**Dorsal Acetabular edge (DAE)**	**Cranial Effective acetabular rim**	**Acetabular fossa (AF)**
0	DAE has slight curve	Sharp, clearcut junction of DAE and CrAE	A fine bone line curves medial and caudal from caudal end of CrAE
1	Loss of S-curve only in the presence of other dysplastic change	Indistinct junction of DAE and CrAE	Slight increase in bone density medial to AF. "Fine line" hazy or lost
2	Very small exostosis on cranial DAE	Very small exostosis or very small facet	Fine line lost in AF and ventral AE hazy due to new bone. Notch at CaAE clear
3	Obvious exostosis on DAE (especially cranially) and/or minor "loss of edge"	Facet and/or small exostosis and/or slight bilabiation	Incomplete remodelling of acetabulum with medial face lateral to AF. Ventral AE lost. AF hazy. Notch irregular
4	Exostosis well lateral to DAE and/or moderate "loss of edge"	Obvious facet and/or obvious exostosis and/or moderate bilabiation	Marked remodelling. Medial face of acetabulum clearly lateral to AF. Ventral AE lost. Notch partly closed
5	Marked exostosis all along DAE and/or gross "loss of edge"	Gross exostosis and/or facet and/or gross bilabiation	Gross remodelling. Dense new bone throughout acetabulum. CaAE notch lost and AF obscured
6	Massive exostosis from cranial to caudal DAE	Complete remodelling of CrEAR. Massive exostosis and/or gross facet	Complete remodelling and new articular surface, well lateral to AF. Notch lost

DAE: Dorsal acetabular edge, CrAE: Cranial acetabular edge, AF Acetabular fossa, CaAE: Caudal acetabular edge, CrEAR: Cranial effective acetabular rim, AE Acetabular edge

	Kriterium 7	Kriterium 8	Kriterium 9
Score	**Caudal acetabular edge (CaAE)**	**Femoral head and neck exostosis**	**Femoral head recontouring**
0	Clean line	Smooth rounded profile	Nil
1	Small exostosis at lateral CaAE	Slight exostosis in “ring form“ and/or dense vertical bony line adjacent to trochanteric fossa (“Morgan line“)	Femoral head does not fit in circle due to exostosis or bone loss
2	Small exostosis at lateral and medial CaAE	Slight exostosis visible on skyline and/or density on medial femoral head	Some bone loss and/or femoral head/neck ring of exostosis
3	Large exostosis and narrow notch at CaAE	Distinct exostosis in “ring formation“	Obvious bone loss and distinct exostosis giving slight conical appearance
4	Marked exostosis and “hooking“ of lateral end of CaAE	Obvious complete collar of exostosis	Gross remodelling. Obvious bone loss and exostosis gives mushroom appeareance
5	Gross distortion due to mass of new bone in acetabulum. Notch lost completely	Massive exostosis giving mushroom appearance	Very gross remodelling with marked bone loss and much new bone
6	Void	Massive exostosis and infill of trochanteric fossa and below femoral head	Femoral head improperly shaped due to maldevelopment of femoral head centre

CaAE: Caudal acetabular edge

Kriterium 1: Norbergwinkel (Norberg angle)

Der NW von 90° wird auf 0 gesetzt. NW über 90° werden mit einer positiven (+) Gradzahl angegeben, NW unter 90° mit einer negativen (-) Gradzahl. Eine FCI- Angabe des NW von 105° entspricht so +15° beim Hipscore.

Kriterium 2: Subluxation (Subluxation)

Die Subluxation wird anhand des Gelenkspaltes, der Lage des Femurkopfzentrums und der Überdachung des Femurkopfes in Bezug zum dorsalen Azetabulumrand eingeteilt.

Die Aussagekraft des Kriteriums kann durch vier Probleme eingeschränkt sein. Erstens durch eine nicht korrekte Festlegung des Femurkopfzentrums, zweitens durch eine schlechte Sichtbarkeit des dorsalen Azetabulumrandes durch die Überlagerung des Femurkopfes, drittens durch anatomische Varianten des dorsalen Azetabulumrandes und viertens durch eine Kippung des Beckens um die Längsachse wobei ein bevorzugtes und ein benachteiligtes Gelenk entsteht.

Kriterium 3: kraniale Azetabulumkontur (cranial acetabular edge)

Die ganze kraniale Pfannenkontur wird auf Länge, Gleichmäßigkeit und Parallelität zum Femurkopf hin beurteilt. In schweren Fällen werden Abflachung und Lippenbildung zusätzlich beurteilt.

Kriterium 4: dorsaler Azetabulumrand (dorsal acetabular edge)

Am dorsalen Azetabulumrand werden die Form, die Weite und Exostosen am Rand beurteilt. Die Vergabe eines Punktes wegen Verlust der S-förmigen Wölbung wurde seit 1997 auf Hüftgelenke eingeschränkt, bei denen auch andere dysplastische Veränderungen beobachtet werden.

Kriterium 5: kraniolateraler Azetabulumrand (cranial effective acetabular rim)

Der kraniolaterale Azetabulumrand entspricht der äußeren kranialen Begrenzung des Azetabulums, wobei der Schnittpunkt zwischen dorsalem Azetabulumrand und kraniolateralem Azetabulumrand besondere Bedeutung hat. Beurteilt wird die Abschrägung des Randes, das Auftreten von Exostosen und die mögliche Bildung einer Lippe. Die Lippe zeigt zwei verschiedene Belastungszonen am kraniolateralen Azetabulumrand an und ist so ein Hinweis auf Gelenksinstabilität.

Kriterium 6: Bandgrube/Fossa azetabuli (acetabular fossa)

In der Fossa azetabuli soll es bei lockeren Gelenken zu Knochenproliferationen kommen. Die Veränderungen beginnen mit dem Verlust der „fine line“, welche die Fossa begrenzen und enden mit einem vollkommenen Umbau und Verschwinden der Fossa. Die Kippung des Beckens um die Längsachse kann zu Schwierigkeiten beim Vergleich zwischen den beiden Fossae führen.

Kriterium 7: kaudaler Azetabulumrand (caudal acetabular edge)
Der kaudale Azetabulumrand stellt sich bei horizontal liegendem Becken als ein scharfer Rand dar. Die Punkte werden nach Grad der Exostosen vergeben. Dabei können nur bis zu 5 Punkte erreicht werden, 6 Punkte sind nicht definiert.
Kriterium 8: Exostosen und Arthrosen an Femurkopf und -hals (Femoral head and neck exostosis)
Den Arthrosen an Femurkopf und -hals werden verschiedenen Punktzahlen zugeordnet, wobei die Morganlinie mit einem Punkt als geringste Art der Arthrose neu aufgenommen wurde. Die Morganlinie wird aber nur mit einem Punkt belegt, wenn sie nicht dünn, schwach und kurz ist und sonst keine weiteren degenerativen Veränderungen am Gelenk vorliegen.
Kriterium 9: Kopfform (Recontouring of the femoral head)
Die Verformung des Kopfes wird beurteilt und Graden zugeordnet, wobei es schwierig ist die unterschiedlichen Verformungen objektiv und sicher einzuordnen.

2.4.6.3 Nordamerikanische HD-Auswertung nach OFA

Die Orthopedic Foundation for Animals Inc. (OFA) begann 1966 mit ihrem HD Kontrollprogramm (CORLEY, 1992). Die Hunde müssen beim Röntgen 24 Monate oder älter sein. Jedes Röntgenbild wird unabhängig von drei Radiologen beurteilt, die zufällig aus einer Gruppe von 35 zugelassenen Radiologen bestimmt werden (CORLEY, 1992; REED et al., 2000). Bei 1,5 Millionen beurteilten Hunden wurde eine Übereinstimmung der Auswerter von 94,9% erreicht, wenn in HD-Frei, HD-Übergang und HD-Befall unterschieden wurde. Die Übereinstimmung für alle 7 OFA-HD-Grade betrug 73,5% (FARESE et al., 1998). Der Hüftstatus von Hunden unter 24 Monaten wird nur von einem Radiologen bestimmt und beim Zuchtverband nicht registriert.
Nach OFA wurden zwischen Januar 1974 und Juli 1991 321183 Hunde ausgewertet, die älter als 24 Monate waren (CORLEY, 1992). Von 87 Rassen wurden mehr als 100 Tiere beurteilt.
Die OFA teilt die HD in 7 Grade ein (HENRY, 1992; BURNS et al., 1987), die folgendermaßen charakterisiert sind:

- Excellent hip joint confirmation: Beste Hüftgelenksausbildung im Vergleich mit anderen Hunden derselben Rasse und desselben Alters.
Das Azetabulum ist als gut geformtes „C“ ausgebildet und der Femurkopf mehr als 75% vom Azetabulum bedeckt.

- Good hip joint confirmation: Gute Hüftgelenksausbildung im Vergleich mit anderen Hunden derselben Rasse und desselben Alters.
Das Azetabulum ist als gut geformtes „C“ ausgebildet und der Femurkopf zwischen 60% und 75% vom Azetabulum bedeckt.
- Fair hip joint confirmation: Geringe Abweichungen der Hüftgelenksausbildung im Vergleich mit anderen Hunden derselben Rasse und desselben Alters.
Es gibt Hinweise für „Mild arthritis“ mit leichten Unregelmäßigkeiten, aber eine Subluxation ist nicht sichtbar. Am kraniodorsalen Azetabulumrand sind vielleicht Knochenzubildungen (Exostosen) zu sehen, eine Lockerheit des Gelenkes ist nicht deutlich zu erkennen.
- Borderline hip joint conformation/indeterminate: Grenzfall der Hüftgelenksausbildung von unentschiedenem Status im Bezug auf HD zu dieser Zeit. Eine Wiederholung der Untersuchung in 6 bis 8 Monaten wird empfohlen.
Ist angezeigt, wenn der Gelenksstatus eine Beurteilung verhindert oder die Filmqualität durch Lagerung, Entwicklung und Belichtung eine genaue Interpretation stört.
- Mild canine hip dysplasia (CHD): Radiologischer Beweis von geringen dysplastischen Veränderungen des Hüftgelenks.
Ist angezeigt bei leichter Subluxation oder flachem Azetabulum, wobei zwischen 40 und 50% des Femurkopfes bedeckt sind. Zusätzlich treten minimale sekundäre Veränderungen auf.
- Moderate CHD: Gut erkennbare radiologische Beweise von dysplastischen Veränderungen des Hüftgelenks.
Ist angezeigt bei deutlicher Subluxation, wobei 25 bis 40% des Femurkopfes bedeckt sind, oder bei Subluxation mit deutlich sichtbaren sekundären Veränderungen.
- Severe CHD: Radiologischer Beweis von auffälligen dysplastischen Veränderungen des Hüftgelenkes.
Ist angezeigt bei schwerer Subluxation, wobei weniger als 25% des Femurkopfes bedeckt sind oder bei mäßiger Subluxation mit ausgeprägten sekundären Veränderungen.

2.4.6.4 Schweizer HD-Auswertung

In der Schweiz wird seit 1990 ein von FLÜCKIGER (1993) veröffentlichtes Schema zur HD-Beurteilung eingesetzt. Damit passen die beiden HD-Kommissionen der Schweiz (Zürich, Bern) sich der FCI-Klassifizierung und den HD-Graden an (FLÜCKIGER und FREUDIGER, 1992). Hierbei handelt es sich, wie FLÜCKIGER (1993) es nennt, um einen Vorschlag zur Objektivierung eines subjektiven Prozesses. Unter Berücksichtigung der Methode nach FCI und dem Hipscore wurde ein optimiertes und vereinfachtes Beurteilungsschema entwickelt. Er

kritisierte an der Methode nach FCI, dass eine unendliche Zahl von radiologischen Erscheinungsformen der HD nur 5 bis 10 Gruppen zur Einteilung gegenüberstehen. Zudem sind die radiologischen Kriterien nur stichwortartig beschrieben und werden von den Beurteilern unterschiedlich stark gewertet. Der Hipscore besticht im Gegensatz dazu aus verschiedenen Gründen. Durch die Analyse von 9 verschiedenen radiologischen Kriterien, denen je nach Schweregrad 0 bis 6 Punkte zugeordnet werden, wird die Urteilsfindung objektiviert. Die Veränderungen werden klar und detailliert beschrieben und die Beurteilung wird für den außenstehenden Beobachter nachvollziehbar. Die beurteilerabhängigen Differenzen lassen sich lokalisieren, diskutieren und bereinigen. Schwachpunkte sieht er in der teilweise fehlenden Bildqualität der eingesandten Röntgenbilder, welche die Erkennung der subtilen Unterschiede im Schweregrad nicht immer ermöglichen. Gewisse Kriterien sind seines Erachtens nicht zuverlässig erkennbar und es gibt Überschneidungen zwischen den Kriterien. Außerdem wird die Morganlinie kaum berücksichtigt.
Für die Beurteilung wird vor allem die Röntgenaufnahme in Position 1 (gestreckte Aufnahme) genutzt, eine Aufnahme in Position 2 (gebeugte Aufnahme) wird aber verlangt. Bei der Schweizer Methode werden 6 Kriterien am Hüftgelenk bewertet, jedem Kriterium 0 - 5 Punkte zugewiesen und die Punktzahlen für ein Gelenk zu einer Gesamtpunktzahl addiert. Die Verteilung der Punkte jedes Kriteriums wird durch tabellarisch erfasste Kurzbeschreibungen objektiviert (Tab. 5, Tab. 6)

Kriterium 1 ist der Norbergwinkel (NW).
Kriterium 2 erfasst die Beziehung zwischen Zentrum des Femurkopfes und dorsalem Azetabulumrand. So wird das Ausmaß der Subluxation des Gelenks und gleichzeitig die Ausbildung des dorsalen Azetabulumrandes beschrieben.
Kriterium 3 beschreibt die Form des kraniolateralen Pfannenrandes. Damit können Hinweise für eine Subluxation des Kopfes bei Belastung gefunden werden, da durch den Vorschub der Hinterhand große Druckkräfte auf den kraniolateralen Pfannenrand entstehen, die bei einem lockeren Gelenk zu Abflachungen führen.
Kriterium 4 erfasst die Ausbildung des subchondralen Knochens am kranialen Pfannenrand. Der subchondrale Knochen reagiert auf stärkere Belastung mit einer Verdichtung. Eine ungleiche Dicke der subchondralen Knochenplatte ist deshalb ein Hinweis für eine Subluxationstendenz des Kopfes unter Belastung oder für eine Knorpelschädigung. Bei chronischer Subluxation kann der Eindruck einer zweiteiligen Gelenksfläche entstehen. Ob allein die sichtbare Dicke des subchondralen Knochens eine Bedeutung hat, war 1992 noch nicht klar.

Der Hinweis von SCHAWALDER et al. (1997), dass das subchondrale Knochenbett zehnmal stärker deformierbar ist als der kortikale Knochen, zeigt die mögliche Wichtigkeit dieses Kriteriums als Frühindikator.
Das **Kriterium 5** beschreibt Veränderungen an Femurkopf und Femurhals. Zur Erkennung erster Auflagerungen am Kopf ist hier die gebeugte Aufnahme besonders wichtig. Die häufig am kraniomedialen und am kaudolateralen Rand des Femurkopfes zu erkennenden Auflagerungen sind besonders gut auf einer gebeugten Aufnahme mit leicht von kaudomedial nach kraniolateral verlaufendem Strahlengang und deutlich von der Tischplatte abgehobenen Sprunggelenken zu erkennen.
Kriterium 6 erfasst die Morgan-Linie.

Diese sechs Kriterien können grob in 3 Untergruppen eingeteilt werden. Die beiden ersten Kriterien beschreiben eine abnorme Lockerheit des Gelenks. Kriterium 2 erfasst weiterhin die Ausbildung des Pfannendaches. Die Kriterien 3 und 4 beschreiben erste arthrotische Erscheinungen an der Pfanne. Die beiden letzten Kriterien beschreiben Arthrosen an Kopf und Hals des Femurs (FLÜCKIGER, 1993).
Die Kriterien können auch in nur zwei Gruppen geteilt werde, wobei die drei erstgenannten Kriterien die primär dysplastischen Veränderungen betrachten und die restlichen drei sekundär osteoarthritische Läsionen (OHLERTH et al., 1998).

Die Kriterien und die Punkteskala werden tabellarisch dargestellt. Die Tabelle ist von FLÜCKIGER seit 1993 (Tab. 5) modifiziert worden und auf dem Stand Februar 1996 (Tab. 6). Die Tabellen sind gegenübergestellt, um die Unterschiede zu verdeutlichen.

Tab. 5: Radiologische Kriterien zur Schweizer HD-Klassifizierung (FLÜCKIGER, 1993)

	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3	Kriterium 4	Kriterium 5	Kriterium 6	
HD-Grad	**Norberg-winkel in gestreckter Lagerung**	**Beziehung Azetabulum-Femurkopf (FK)**	**Azetabulum-rand kranio-lateral**	**sub-chondraler Knochen des Acet. kranial**	**Femurkopf Femurhals**	**Gelenk-kapselansatz**	**Punkte**
A	>/= 105°	Gelenk-flächen kongruent, Gelenkspalt eng)	nach lateral nachfassend	fein, gleichmäßig dick	rund; glatt, deutlich abgesetzt	nicht sichtbar	**0**
B	>/= 105° FK/A inkongruent < 105° FK/A kongruent	Gelenkspalt med. minim. aufgeweitet > ½ FK überdacht	horizontal	gleichmäßig dick	rund; schlecht abgesetzt walzenförmig		**1**
C	>/= 100°	Gelenkspalt med. leicht aufgeweitet, ½ FK überdacht	leicht abgeflacht oder leichte Zubildungen	lateral leicht verdickt, medial leicht reduziert	leicht abgeflacht, leichte Zubildungen	feiner scharfer Grat	**2**
D	>/= 90°	Gelenkspalt mäßig aufgeweitet, > 1/3 FK überdacht	mäßig abgeflacht, leichte Zubildungen	lateral mäßig verdickt, medial mäßig reduziert oder zweiteilige Gelenksfläche	leicht abgeflacht, mäßige Zubildungen	deutlicher Grat	**3**
E1	>/= 80°	Subluxation, Gelenkspalt stark aufgeweitet, ¼ FK überdacht	stark abgeflacht, mäßige Zubildungen	lateral stark verdickt oder nur lateral ausgebildet	mäßig abgeflacht; starke Zubildungen	breite Leiste	**4**
E2	< 80°	massive Subluxation, Luxation, < ¼ FK überdacht	Rand fehlt, Pfanne stark verformt	Sklerose oder nicht ausgebildet	stark verformt, sehr starke Zubildungen	starke Zubild-ungen oder überlagert durch Exostosen	**5**

Tab. 6: Derzeitige radiologische Kriterien zur Schweizer HD-Klassifizierung (FLÜCKIGER, 1996)

Kriterium 1	**Kriterium 2**	**Kriterium 3**	**Kriterium 4**	**Kriterium 5**	**Kriterium 6**	
Norberg-winkel	**Lage des Femurkopf-Zentrums (FKZ) in Bezug zum dorsalen Azetabulum-rand (DAR)**	**Form des kranio-lateralen Azetabulum-randes**	**Ausbildung des sub-chondralen Knochens am Azetabulum**	**Form von Femurkopf (K), Übergang Kopf-Hals (U), Femurhals (H)**	**Zubildung kaudolateral am Femurhals (Morganlinie)**	**Punkte pro Kriterium**
>/= 105°	FKZ medial DAR (> 2 mm)	lateral nachfassend	fein, gleichmäßig dick	K: rund; deutlich abgesetzt	Nicht sichtbar	**0**
>/= 105°, Gelenkflächen divergierend; oder < 105° Gelenkflächen parallel	FKZ medial DAR (1-2 mm)	horizontal	gleichmäßig dick	K: rund, schlecht abgesetzt, U: keine Zubildungen H: walzenförmig	auf der gebeugten Aufnahme: kantige Schulter	**1**
>/= 100°	FKZ liegt auf dem DAR	leichtgradig abgerundet oder leichtgr. Zubildungen	lateral leichtgradig verdickt, medial leicht gradig reduziert	K: leichtgradig abgeflacht, U.: leichtgr. Zubildungen	feiner scharfer Grat bis 1 mm breit	**2**
>/= 90°	FKZ lateral DAR (1-5 mm), > 1/3 des FK überdacht	mittelgradig abgerundet, leichtgradig Zubildungen, zweiteilige Gelenksfläche	lateral mittelgradig verdickt, medial mittelgradig reduziert	K: mittelgradig abgeflacht, U: leichte Zubildungen	(unscharfer) Grat bis 3 mm breit	**3**
>/= 80°	FKZ lateral DAR (6-10 mm), > ¼ des FK überdacht	stark abgerundet, mässige Zubildungen	lateral stark verdickt oder nur lateral ausgebildet	K: mittelgradig verformt, U: mittelgradig Zubildungen	Leiste über 3 mm breit	**4**
< 80°	FKZ lateral DAR (> 10 mm) <¼ des FK überdacht	Rand fehlt, Pfanne massiv verformt	verschmilzt mit lateralem Beckenrand, manchmal fehlend	K: massiv verformt, U: massive Zubildungen	Leiste überlagert durch weiträumige Exostosen	**5**

1996 wurde die Tabelle von FLÜCKIGER aktualisiert (Tab. 6). An einigen Kriterien kam es zu wichtigen Veränderungen. Bei Kriterium 2 wird nun das Verhältnis des Femurkopfzentrums zum dorsalen Azetabulumrand millimetergenau beschrieben. Die Beschreibung der Gelenkfläche und des Gelenkspaltes wurde aufgegeben. In Kriterium 3 wurde die zweiteilige Gelenksfläche als Begründung für die Vergabe von drei Punkten aufgenommen. Bei der Beschreibung der

Arthrosen in Kriterium 5 wird nun in Form des Femurkopfes und Arthrosen am Übergang Kopf zu Hals und Femurhals unterschieden. Das Kriterium 6 wird jetzt in Klammern auch Morganlinie genannt. Die gebeugte Aufnahme wird als Diagnosehilfe erwähnt und die Breite der Zubildungen in Millimetern gemessen.

Die HD-Bilder werden in den beiden HD-Kommissionen der Schweiz mehrheitlich durch zwei Experten unabhängig voneinander beurteilt (FLÜCKIGER, 1993; FLÜCKIGER et al., 1995). Zur Endbeurteilung der HD wird nicht die vorliegende Skala von 0 - 60 Punkten genutzt, sondern das Gelenk mit der höheren Punktzahl zur Bewertung herangezogen und nach untenstehender Darstellung (Tab. 7) den HD-Graden zugeordnet. Nach der Analyse von 2156 Hunden von mehr als 100 Rassen ist es mit der Schweizer Methode möglich, die Hunde nach objektiven Kriterien einem der 5 HD-Grade gemäß FCI zuzuordnen (FLÜCKIGER, 1996).

Die Zuordnung der Punktzahlen zu den HD-Graden und die Interpretation der Punktzahlen wurde vor 1996 anders gehandhabt als nach 1996. Die Übertragungen sind in Tab. 7 gegenübergestellt.

Tab. 7: Gegenüberstellung der Übertragung Schweizer Punkte zum FCI-HD-Grad von 1993 und 1996

Punkte	HD-Grad		Interpretation	
	1993	1996	1993	1996
0 - 2	A	A	keine Hinweise für HD, früher HD 0	keine Hinweise für HD
3 - 6	B	B	Übergangsform, Kontrolle frühestens in 12 Monaten	Grenzfall, Übergangsform
7 – 9	C	C1	leichte HD, früher HD 1	leichte HD
10 - 12		C2		leichte HD, nicht zur Zucht empfohlen
13 - 18	D	D	mäßige HD, früher HD 2	mittelgradige HD, Zuchtausschluss
19 - 24	E1	E	schwere HD, früher HD 3	schwere HD, Zuchtausschluss
25 - 30	E2		sehr schwere HD, früher HD 4	

Wurden in der Veröffentlichung 1993 noch die HD-Grade E1 und E2 unterschieden sind diese 1996 zusammengefasst. Dafür wird 1996 der HD-Grad C in C1 und C2 getrennt und die Empfehlung gegeben C2-Hunde nicht zur Zucht zu verwenden.

Der HD-Grad B entspricht je nach Veränderung den früheren HD-Graden HD 0 oder HD 1 (FLÜCKIGER und FREUDIGER, 1992).
Den direkten Vergleich zwischen FCI-Methode und Schweizer Methode halten OHLERTH et al. (1998) für nicht möglich, da die beiden Schemata eine 5 bzw. 6 Stufen umfassende Skala haben. Für Verlaufsstudien müssen Hunde, die nach FCI ausgewertet wurden, nach der Schweizer Methode nachbeurteilt werden.
Die Schweizer Methode ist in die HD-Beurteilung der „Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e.V." integriert und wird bei den Röntgenbildumläufen der dort zusammengeschlossenen Auswerter eingesetzt.

2.4.7 Übertragung der Auswertungen zwischen den Beurteilungsmethoden

Im zunehmenden internationalen Zuchttier- und Informationsaustausch finden derzeit HD-Ergebnisse verschiedener HD-Auswertungsmethoden kaum Beachtung. Damit geht Wissen über den genetischen Hintergrund importierter Tiere verloren, was in züchterischen Überraschungen enden kann. Der bereits bei manchen Rassen praktizierte internationale Datenverbund (z.B. Deutsche Wachtelhunde, Rottweiler, Deutscher Jagdterrier) signalisiert, dass hier Handlungsbedarf besteht. Die vielfach praktizierte Lösung, Importhunde im Empfängerland nochmals zu röntgen hat nicht nur den Nachteil einer weiteren Narkose für das Tier, sondern kann die Übertragung der Röntgenergebnisse auch aller verwandten Hunde nicht ersetzen, da in einer Zuchtwertschätzung weitere Informationen über seine Verwandtschaft fehlen.
Eine offizielle Übertragungstabelle (Tab. 7) existiert lediglich zwischen dem Schweizer Auswertungssystem und der FCI-Methode. In der Schweiz wird auch die alleinige Angabe in HD-Graden anerkannt.
Außerdem gibt die Vergleichstabelle der FCI-Wissenschaftskommission von 1978 (Anlage 9.1, Tab. 61) Anhaltspunkte zur Übertragung verschiedener europäischer Auswertungsmethoden.
Da dieser Themenbereich, insbesondere für die Hundezuchtverbände von allgemeinem Interesse ist, gibt es Versuche die Übertragung zwischen weiteren Methoden zu ermöglichen. Dies ist bisher aber nicht befriedigend gelungen.
In seiner Dissertation verglich REIBEL (1992) anhand 50 selbstausgewerteter Bobtailröntgenbilder den Hipscore mit der FCI-Methode, um eine mögliche Übertragbarkeit zwischen beiden Systemen darzustellen. Dazu waren 50 Hunde jeweils in 5 Gruppen mit 10

Tieren der FCI-Grade A, B, C, D, und E eingeteilt. Eine direkte Übertragbarkeit der Punktzahlen des Hipscore in FCI-HD-Grade war nicht möglich. Die höchste Übereinstimmung zwischen FCI und Hipscore wurde mit 84% erreicht, wenn A = 0 - 8 Punkte, B = 9 - 12 Punkte, C = 13 - 18 Punkte, D = 19 - 35 Punkte und E = 36 - 106 Punkten zugeordnet wurden. Die Punktzahl beider Hüftgelenke wurden beim Hipscore wie üblich addiert. Die Konsequenz aus diesem unbefriedigenden Ergebnis war ein Vorschlag für einen gemeinsamen Auswertungsbogen.
Eine Tabelle (Tab. 8) zum Vergleich verschiedener Auswertungsmethoden liegt von CLAYTON JONES (1997) vor. Dabei wird beim Hipscore das schlechter bewertete Hüftgelenk zum Vergleich mit anderen Methoden herangezogen. Derzeit liegen für den routinemäßigen Vergleich der Auswertungen die getrennten Punktzahlen für beide Hüftgelenke häufig nicht vor. Diese Vergleichstabelle ist als Hilfestellung bei der Beurteilung von Importhunden gedacht, wobei Einzelfälle nicht immer passen. Beim Vergleich von Hipscore und FCI wird keine Unterscheidung zwischen den HD-Graden „HD-mittel“ und „HD-schwer“ angeboten.

Tab. 8: Übertragungsschlüssel zwischen den verschiedenen Auswertungssystemen nach Clayton Jones (1997)

Comparison of various grading schemes for hip dysplasia					
FCI	Germany (FCI)	UK one joint (Hipscore)	Switzerland	Sweden	USA (OFA)
A (frei)	A1	0	0	0	Excellent
	A2	1-3	1-2		Good
B (Verdacht)	B1	4-6	3-4		Fair
	B2	7-8	5-6		Borderline
C (leicht)	C1	9-12	7-9	1	Mild
	C2	13-18	10-12		Mild
D (mittel)	D1	>18	13-15	2	Moderate
	D2		16-18		Moderate
E (schwer)	E1		19-21	3	Severe
	E2		22-24	4	Severe

BRASS stellte 1989 dar, dass eine Hipscore-Bewertung von bis zu 8 Punkten den FCI-HD-Graden „HD-frei“ und „HD-Übergang“ und bis 18 Punkten etwa „HD-leicht“ entspricht. Einen exakten Vergleich hielt er aber nicht für möglich und eine Übernahme der Befunde empfahl er nicht.

Über den Vergleich zwischen OFA- und FCI-Graden äußerte sich BOOS (1996), wobei er im Einklang mit CLAYTON JONES die ersten vier OFA-Grade mit den FCI-Graden „HD-frei“ und

„HD-Übergang“ gleichsetzte und die weiteren drei OFA-Grade mit den FCI-Graden „HD-leicht“ bis „HD-schwer".
MEUTSTEGE (1996) berichtete, dass auf einem internationalen Treffen in London zur Vereinheitlichung der HD-Befunde eine gegenseitige Akzeptanz der FCI-HD-Grade mit der Nomenklatur A, B, C, D, E beschlossen wurde. Dazu wurde angemerkt, dass die Definition der HD-Grade übereinstimmen muss.

2.5 Korrelationen zwischen Einzelkriterien und HD-Auswertungen

TSCHAPKA (1993) nahm NW Messungen am rechten und linken Hüftgelenk bei gleichzeitiger Erfassung von sekundären Veränderungen und des HD-Grades an 1464 Hunden vor. Hierbei fand er eine Korrelation von 0,74 zwischen rechtem und linkem NW. Die Korrelation der NW zu sekundären Veränderungen betrug etwa 0,68, die Korrelation zum HD-Grad 0,80.
STUR et al. (1996) erfassten bei 449 Beagle am Hüftgelenk den HD-Grad und 7 Einzelkriterien und errechneten Korrelationen. Die Korrelationen der Einzelkriterien untereinander lagen zwischen 0,24 und 0,58, wobei der NW hohe Korrelationen zu den anderen Einzelkriterien aufwies. Auch zum HD-Grad zeigte der NW mit 0,82 die höchste Korrelation, bei den anderen Kriterien lagen die Korrelationen zwischen 0,41 und 0,57. Die Erfassung des HD-Grades durch drei Auswerter zeigte große Befunddiskrepanzen zwischen den Auswertern, in Einzelfällen wurde derselbe Hund als HD-frei und als HD-mittel/schwer beurteilt. Trotzdem konnten signifikante Korrelationen zwischen den Auswertern von 0,63 bis 0,82 nachgewiesen werden.
In einer Studie an Labrador Retrievern von OHLERTH et al. (2001) wurden genetische Korrelationen zwischen den 6 Kriterien der Schweizer Methode geschätzt. Die Kriterien 1 - 5 korrelierten in einer Größenordnung von 0,62 bis 0,98 miteinander. Die Morganlinie als sechstes Kriterium zeigte sehr geringe und zum Teil negative Korrelationen zu den anderen Kriterien.

2.6 Index aus HD-Kriterien

An 1265 Röntgenbildpaaren suchten VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG (1983) nach einem Selektionskriterium, das Objektivität und Einfachheit vereint. Grundlage war eine HD-Auswertung von einer Gruppe von mindestens drei Radiologen, die in fünf, später sechs Grade unterteilten. Insgesamt wurden 12 Einzelkriterien, die messbar oder in anderer Weise beurteilbar waren, überprüft. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den NW gelegt. Die höchste Korrelation mit dem HD-Grad wurde bei der Position des Femurkopfes zum dorsalen Azetabulumrand und bei der Einpassung des Femurkopfes in das Azetabulum gefunden. Eine geringere Korrelation wiesen der NW und die verschiedenen Kriterien an Femurkopf und -hals auf. Keine Korrelation konnte bei der Fossa azetabuli und den Azetabularrändern festgestellt werden.

Es fanden sich weder Einzelkriterien noch Kombinationen aus Einzelkriterien, welche eine Vorhersage des HD-Grades ermöglichten. Durch eine Gewichtung der Einzelparameter in einem Index konnten zwar die besten und die schlechtesten HD-Grade vorhergesagt werden, aber nicht die Übergangsformen.

Durch Wiederholung der HD-Grad Beurteilung konnte bewiesen werden (VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG, 1983), dass die Beurteilung über die Jahre nicht konstant ausfiel, sondern dass immer strenger ausgewertet wurde. Dadurch ist ein Zuchtfortschritt nicht sicher zu erkennen. Außerdem wurde die Objektivität der HD-Grade in der täglichen Arbeit widerlegt. Weiterhin zeigten sie keinen sicheren Zusammenhang zu den Messungen. Die HD-Grade erfüllen die tierzüchterische Forderung nach möglichst einfach anzuwendenden Selektionskriterien nicht. Daraus folgt nach VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG, dass der HD-Grad als Selektionskriterium ungeeignet ist.

2.7 Erbgang

SCHALES (1957) und SNAVELY (1959) erkannten, dass die HD genetisch bedingt ist. SCHALES (1957) konnte durch Studien an Verwandtschaftsbäumen einen rezessiven Erbgang ausschließen. HENRICSON und OLSSON (1959) vermuteten erstmals den Einfluss von weiteren Genen. BÖRNFORS et al. (1964) bestätigten die Ergebnisse von HENRICSON und

OLSSON (1959) an 64 Würfen Deutscher Schäferhunde mit 405 Tieren. Bei Welpen, die aus Würfen stammten bei denen sowohl die Großeltern als auch die Eltern HD-frei waren, wurde kein HD-Fall beobachtet. Sie vermuteten aber noch einen autosomal dominanten Erbgang mit unvollständiger Penetranz.

Bei Untersuchungen an 222 Welpen aus 47 Würfen von 24 Rüden und 46 Hündinnen der Rasse Deutscher Schäferhund beobachtete RISER (1964) folgendes: Von den 15 Welpen aus den drei Würfen, bei denen beide Elternteile dysplastisch waren, hatten 14 (93,3%) dysplastische Hüften. Bei den 10 Würfen mit einem dysplastischen und einem nicht betroffenen Elternteil waren 21 (38,2%) Tiere dysplastisch und 34 (61,8%) nicht betroffen. Bei den 34 Würfen mit nicht betroffenen Elternteilen waren 66 (43,4%) Welpen dysplastisch und 86 (56,6%) nicht betroffen. KAMAN und GOSSLING (1967) bestätigten die Ergebnisse von RISER durch weitere Untersuchungen.

HUTT (1967) nahm die Untersuchungen von RISER (1964) und HENRICSON et al. (1965) als Grundlage, um auf einen polygenen Erbgang zu schließen. Nach über 1000 auf HD untersuchten Deutschen Schäferhunden bestätigte auch HENRICSON (1967) mit Sicherheit, dass der genetische Hintergrund der HD nicht monogen ist. Weiterhin gingen JESSEN et al. (1972) durch eigene und die Untersuchungen seit 1963 von einem polygenen multifaktoriellem Erbgang aus. WILLIS sah schon 1977 eine allgemeine Übereinstimmung, dass es sich bei HD um einen polygenen Erbgang handelt.

Durch Untersuchungen und Heritabilitätsschätzungen bestätigen LEIGHTON et al. (1977), HEDHAMMAR et al. (1979) und TIEMANN und WOCKE-DAUME (1983), dass es sich bei HD um ein quantitatives, polygenes Merkmal handelt.

Nachdem die HD als ein polygenes Merkmal erkannt war, veröffentlichten STUR (1990) und LEIGHTON (1997) weiterführende Gedanken. In einem theoretischen Denkmodell stellte STUR (1990) dar, dass Defektgene in mehreren Genkomplexen Genloci besetzen müssen, damit ein bestimmter Schwellenwert an Schadwirkungen überschritten wird, um tatsächlich zum klinischen bzw. radiologischen Bild der HD zu führen. Den Gedanken, dass bei der Vererbung der HD ein Major Gen ein Rolle spielen könnte, stellt LEIGTHON (1997) zur Debatte. Sollte es ein Major Gen geben, welches definitionsgemäß wenigstens ein Drittel der Gesamtvarianz beschreibt, sollte sowohl die konsequente Zucht erfolgreich, als auch die molekulargenetische Suche nach diesem Hauptgen interessant sein.

2.8 Heritabilitäten

Für die HD, als ein Merkmal mit polygenetischem Erbgang, wurden von verschiedenen Forschergruppen Heritabilitäten (h^2) geschätzt. Jede Heritabilität ist für die Population spezifisch, an der sie geschätzt wurde und hängt auch von der Varianz des Merkmals HD ab (KRÄUßLICH, 1994).

Die Ergebnisse und die Rahmenbedingungen sind in Tab. 9 dargestellt. Es wird insbesondere auch auf die genetisch statistischen Verfahren eingegangen. Im drauffolgenden Text sind weitere Einzelheiten der Studien beschrieben.

Tab. 9: Heritabilitätsschätzungen bei HD

Rasse	n	Gruppe	Umfang der Skala (Anzahl Gruppen)	Schätzmethode	Heritabilität (Standard-fehler)	Quelle
DSH	852	Eltern-Nachkommen-Paare	1-6 (6)		0,6	HENRICSON et al. (1965)
					0,4-0,5	HENRICSON (1967)
DSH	244	Väterliche Halb-Geschwister	Endindex (linear)	Varianzanalyse	0,298	JESSEN et al. (1972)
DSH	244	Mütterliche Halb-Geschwister	Endindex (linear)	Varianzanalyse	0,182	JESSEN et al. (1972)
DSH	244	Väterliche Halb-Geschwister	Endindex (linear)	Regression	0,421	JESSEN et al. (1972)
DSH	244	Mütterliche Halb-geschwister	Endindex (linear)	Regression	0,347	JESSEN et al. (1972)
DSH	244	Gemittelte Halb-Geschwister	Endindex (linear)	Regression	0,246	JESSENet al (1972)
Rottweiler	723	Väterliche Halbgeschwister	1-4 (4)	Varianzanalyse	0,28	GEIßNER (1977)
Neufund-länder	345	Väterliche Halbgeschwister	1-4 (4)	Varianzanalyse	0,73	GEIßNER (1977)
Bernhardiner	411	Väterliche Halbgeschwister	1-4 (4)	Varianzanalyse	0,42	GEIßNER (1977)
DSH	1186	Vollgeschwister (nach DISTL)	1-9 (9)	Varianzanalyse (Harvey)	0,21 (0,08)	LEIGHTON et al. (1977)
DSH	1186	Vollgeschwister (nach DISTL)	0-1 (2)	Varianzanalyse (Harvey)	0,24 (0,08)	LEIGHTON et al. (1977)
DSH	940	Vollgeschwister (nach DISTL)	1-9 (9)	Varianzanalyse	0,23 (0,10)	LEIGHTON et al. (1977)
DSH	940	Vollgeschwister (nach DISTL)	0-1 (2)	Varianzanalyse	0,20 (0,09)	LEIGHTON et al. (1977)
DSH	2404	Vollgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse	0,43-0,45 (0,08)	HEDHAMMAR et al. (1979)
					0,25-0,75	HERZOG (1980)
Dt. Boxer	5935	Paarungsgruppen	1-5 (5)	Selektionserfolg	0,29 (0,03)	TIEMANN, WOCKE-DAUME (1983)

Rasse	n	Gruppe	Umfang der Skala (Anzahl Gruppen)	Schätzmethode	Heritabilität (Standard-fehler)	Quelle
Hovawart	777	Vollgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,17	DISTL, WINDISCH (1982)
Hovawart	777	Vollgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse mit Zwingerklassen	0,04	DISTL, WINDISCH (1982)
Hovawart	777	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,34	DISTL, WINDISCH (1982)
Hovawart	777	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse mit Zwingerklassen	0,09	DISTL, WINDISCH (1982)
Hovawart	777	Mütterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,00	DISTL, WINDISCH (1982)
Hovawart	777	Mütterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse mit Zwingerklassen	0,00	DISTL, WINDISCH (1982)
Dt. Boxer	1168	Vollgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,30	WINDISCH (1983)
Dt. Boxer	1168	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,20	WINDISCH (1983)
Dt. Boxer	1168	Mütterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse ohne Zwingerklassen	0,39	WINDISCH (1983)
Dt. Boxer	1168	Mütterliche und Väterliche Halbgeschwister, Vollgeschwister,	1-5 (5)	Varianzanalyse mit Zwingerklassen	0,00	WINDISCH (1983)
Hovawart	731	Paarungsgruppen	1-2 (2) ungeprüft = HD-Befall	Selektionserfolg 1980 - 1983	0,6	KREMPL (1985)
Hovawart	731	Paarungsgruppen	1-2 (2) ungeprüft = 1:1 geteilt	Selektionserfolg 1980 - 1983	0,36	KREMPL (1985)
Hovawart	731	Paarungsgruppen	1-2 (2)	Selektionserfolg 1981 - 1983	0,32	KREMPL (1985)
Hovawart	4302	Paarungsgruppen	1-2 (2)	Selektionserfolg 1961 - 1983	0,23	KREMPL (1985)
Hovawart	731	Paarungsgruppen	1-5 (5)	Selektionserfolg 1981 - 1983	0,47	KREMPL (1985)
Hovawart	3402	Paarungsgruppen	1-5 (5)	Selektionserfolg 1961 - 1983	0,20	KREMPL (1985)
Hovawart	731	Paarungsgruppen	1-4 (4)	Selektionserfolg 1981 - 1983	0,47	KREMPL (1985)
Hovawart	3402	Paarungsgruppen	1-4 (4)	Selektionserfolg 1961 - 1983	0,16	KREMPL (1985)
DSH	2355	Väterliche Halbgeschwister	0-106 (107) 1-3 (3)	Varianzanalyse	Hipscore 0,40 three class 0,25	WILLIS (1987)
Rottweiler	585	Väterliche Halbgeschwister	0-106 (107) 1-3 (3)	Varianzanalyse	Hipscore 0,39 three class 0,26	WILLIS (1987)
Golden Retriever	1029	Väterliche Halbgeschwister	0-106 (107) 1-3 (3)	Varianzanalyse	Hipscore 0,18 three class 0,13	WILLIS (1987)

Rasse	n	Gruppe	Umfang der Skala (Anzahl Gruppen)	Schätzmethode	Heritabilität (Standard-fehler)	Quelle
DSH	4132-10595	Vollgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse Lineares Modell	0,28-0,35	SCHWARZ (1989)
DSH	4132-7356	Vollgeschwister	einzelne Grade 1-2	Varianzanalyse Schwellenmodell	0,15-0,18	SCHWARZ (1989)
DSH	4132-10595	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse Lineares Modell	0,05-0,21	SCHWARZ (1989)
DSH	4132-7356	Väterliche Halbgeschwister	einzelne Grade 1-2	Varianzanalyse Schwellenmodell	0,01-0,03	SCHWARZ (1989)
DSH	4132-10595	Mütterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse Lineares Modell	0,44-0,54	SCHWARZ (1989)
DSH	4132-7356	Mütterliche Halbgeschwister	einzelne Grade 1-2	Varianzanalyse Schwellenmodell	0,12-0,15	SCHWARZ (1989)
Golden Retriever	7583	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse Lineares Modell	0,171 (0,031)	LINGAAS und KLEMETSDAL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Väterliche Halbgeschwister	kontinuier-lich	Varianzanalyse	Piehlerwerte 0,52 (0,006)	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Väterliche Halbgeschwister	1-7 (7)	Varianzanalyse	HD 0,526 (0,006)	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Väterliche Halbgeschwister	1-7 (7)	Varianzanalyse	HD-mod 0,514 (0,006)	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Vater-Nachkommen	kontinuier-lich	Partielle Regression	Piehlerwerte 0,412	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Mutter-Nachkommen	kontinuier-lich	Partielle Regression	Piehlerwerte 0,518	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Vater-Nachkommen	1-7 (7)	Partielle Regression	HD 0,398	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Mutter-Nachkommen	1-7 (7)	Partielle Regression	HD 0,540	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Vater-Nachkommen	1-7 (7)	Partielle Regression	HD-mod 0,308	BALL (1990)
Dt. Wachtel-hund	1942	Mutter-Nachkommen	1-7 (7)	Partielle Regression	HD-mod 0,528	BALL (1990)
DSH	7356	Väterliche Halbgeschwister	0-4 (5)	Varianzanalyse	0,110 (0,029)	DISTL et al. (1991)
DSH	7356	Mütterliche Halbgeschwister	0-4 (5)	Varianzanalyse	0,484 (0,051)	DISTL et al. (1991)
DSH	7356	Vollgeschwister	0-4 (5)	Varianzanalyse	0,297 (0,024)	DISTL et al. (1991)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse	0,45	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse	Azetabulum 1.) 0,60 2.) 0,34	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse	kraniale Pfannenkontur 1.) 0,57 2.) 0,15	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse	Kraniolateraler Pfannenrand 1.) 0,10 2.) 0,17	STUR et al. (1996)

1.) Auswerter 1
2.) Auswerter 2

Rasse	n	Gruppe	Umfang der Skala (Anzahl Gruppen)	Schätzmethode	Heritabilität (Standard-fehler)	Quelle
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse	Femurkopf 1.) 0,32 2.) 0,20	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-3 (3) 3 = Morganlinie	Varianzanalyse	Femurhals 1.) 0,38 2.) 0,35	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-2 (2)	Varianzanalyse	Gelenkspalt 1.) 0,07 2.) 0,28	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse	Norbergwinkel 1.) 0,43 2.) 0,31	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	Basis sind Beurteil-ungen der Einzel-kriterien	Varianzanalyse	HD-Befund 1.) 0,43 2.) 0,31	STUR et al. (1996)
Beagle	~ 150	Väterliche Halbgeschwister	1-5 (5)	Varianzanalyse	HD (FCI) 0,45	STUR et al. (1996)
DSH			linear	Regression	PennHIP© (DI) 0,42-0,65	SMITH (1997)
Labrador-Retriever			linear	Regression	PennHIP© (DI) bis 0,92	SMITH (1997)
DSH, Labrador-Retriever	2037 1821				OFA ähnlich 0,35	LEIGHTON (1997)
DSH, Labrador-Retriever	686 494				PennHIP© (DI) 0,45	LEIGHTON (1997)
DSH, Golden Retriever, Labrador Retriever, Neufundlä., Berner Sennenhund, Bernhardiner	aus 79199	Mutter-Tochter Vater-Sohn	0-4 (5)	Regression	0,34 – 0,68	SWENSON et al. (1997)
siehe oben	aus 79199	Mutter-Nachkommen, Vater-Nachkommen	0-4 (5)	Regression	Vater 0,48 (0,20) Mutter 0,18 (0,10)	SWENSON et al. (1997)
Labrador Retriever	637	Väterliche Halbgeschwister	0-4 (5)	Varianzanalyse	0,53 (0,17)	OHLERTH et al. (1998)

1.) Auswerter 1
2.) Auswerter 2

Rasse	n	Gruppe	Umfang der Skala (Anzahl Gruppen)	Schätzmethode	Heritabilität (Standard-fehler)	Quelle
Flat-coated Retriever	1258	Eltern-Nachkommen	0-106 (107) Hipscore	Regression	0,74 (0,25)	WOOD et al. (2000a)
Neufund-länder	1566	Eltern-Nachkommen, Mutter-Nachkommen, Vater-Nachkommen	0-106 (107) Hipscore	Regression	0,49 (0,08) 0,40 (0,15) 0,59 (0,11)	WOOD et al. (2000a)
Gordon Setter	1152	Eltern-Nachkommen, Mutter-Nachkommen	0-106 (107) Hipscore	Regression	0,20 (0,10) 0,36 (0,14)	WOOD et al. (2000b)
			0-12 (13)	Cranial effective acetabular rim	0,21 (0,10) 0,36 (0,14)	
			0-12 (13)	Femoral head and neck exostosis	0,40 (0,13)	
			0-12 (13)	NW	0,19 (0,08) 0,26 (0,12)	
			0-12 (13)	Subluxation	0,24 (0,08) 0,26 (0,10)	
Rottweiler	2764	Verwandtschafts-matrix	0,1,2,3,4,4.5 ,5 (7)	Varianzanalyse	0,58 (0,4)	MÄKI et al. (2000)
Englische Setter, Shar Pei, Berner Sennenhund, Portu-giesischer Wasserhund	12724	Eltern-Nachkommen	0-6 (7) OFA	Regression	0,26 (0,03)	REED et al. (2000)
Labrador Retriever	664	Verwandtschafts-matrix	Gesamtpkt. Scheiz 0-60 (61)	Varianzanalyse	0,44	OHLERTH et al. (2001)
			0-4 (5)	HD-Grade	0,41	
			0-5 (6)	NW	0,43	
			0-5 (6)	Subluxation	0,46	
			0-5 (6)	KraniolateralerAzetabulumrand	0,37	
			0-5 (6)	Subchondraler Knochen	0,32	
			0-5 (6)	Arthrosen Oberschenkel Kopf und -hals	0,21	
			0-5 (6)	Morganlinie	0,05	

HENRICSON et al. schätzten 1965 eine Heritabilität (h^2) von 0,6, wobei die HD in sechs verschiedene Grade eingeteilt wurde. Die Grade II-IV zeigten eine deutlichere genetische Anknüpfung als Grenzfälle und Grad I. HENRICSON (1967) schätzte ein h^2 von 0,4-0,5 an Teilen des Zahlenmateriales von 1965.

JESSEN et al. (1972) untersuchten 244 DSH aus 52 Würfen. Alle Tiere stammten aus einer Kolonie, in der sich die Umwelt (Fütterung, Haltung) während des Versuchszeitraumes nicht änderte. Die Tiere wurden in einem Alter von zwei oder mehr Jahren geröntgt und 13

Messungen an jedem Hüftgelenk vorgenommen. Diese Messungen wurden in einem Endindex zusammengefasst.

LEIGHTON et al. (1977) nahmen h^2-Schätzungen an Deutschen Schäferhunden vor, die aus einer Zwingeranlage mit gleicher Umwelt im Bezug auf Futter und Haltung stammten. Die Tiere waren bei der letzten Röntgenaufnahme 11 Monaten alt. Es wurden vier verschiedene Schätzungen vorgenommen. Dafür wurden der Hüftqualität einmal Werte von 1 bis 9 zugeordnet und einmal nur zwischen 0 (gesund) und 1 (krank) unterschieden.

Eine Studie an 401 DSH-Würfen aus dem Armee Trainingscenter in Schweden nahmen HEDHAMMAR et al. (1979) vor. Die Welpen wurden mit 8 Wochen an Pflegestellen abgegeben, kamen mit 15 Monaten in das Trainingscenter zurück und wurden alle auf HD untersucht. Die HD wurde in Grade von 1 (frei) bis 5 (schwer) eingeteilt, 46% der Tiere zeigten Anzeichen von HD, 25% hatten Grad 3 bis 5.

HERZOG (1980) stellte dar, dass die Heritabilität bei verschiedenen Rassen verschieden hoch ist. Er ging davon aus, dass die Heritabilität über 0,25 liegt und bis zu 0,75 hoch sein kann.

TIEMANN und WOCKE-DAUME (1983) untersuchten die Genetik der HD beim Deutschen Boxer unter Berücksichtigung der zwischen 1968 und 1982 geröntgten Hunde. Aus den Unterschieden der 5 verschiedenen Paarungsgruppen frei x frei, frei x Übergang, Übergang x Übergang (mit frei x leicht gleichgesetzt), Übergang x leicht und leicht x leicht mit zwischen 261 und 2046 geröntgten Welpen wurde eine Heritabilität von 0,29 geschätzt.

An 777 Hovawarten aus 57 Rüden und 166 Hündinnen wurde von DISTL und WINDISCH (1982) eine Heritabilitätsschätzung vorgenommen. Das Datenmaterial wurde so reduziert, dass jeder Rüde mit mindestens 3 Hündinnen gepaart und aus jeder Hündin wenigstens 3 Nachkommen vorlagen. Die Heritabilitätsschätzung ohne Zwingerklassen ergab für Vollgeschwister 0,17, mit einer Zuordnung auf die Vaterkomponente von 0,34 und auf die Mutterkomponente von 0. Bei Einführung von Zwingerklassen, die die Zwinger nach ihrem durchschnittlichen HD-Grad in drei Klassen aufteilten, sank die Schätzung aus Vollgeschwistern auf 0,04, aus väterlichen Halbgeschwistern auf 0,09 und für die mütterlichen Halbgeschwister konnte weiterhin kein h^2 geschätzt werden. DISTL und WINDISCH (1982) merkten aber an, dass der Effekt des Zwingers schwierig zu erfassen ist, da pro Zwinger in einem Jahr selten mehr als eine Hündin verwendet wird. Diese Hündin bestimmt dann ausschließlich die Zwingerklasse. Die Varianz zwischen den mütterlichen Nachkommen kann dadurch unterschätzt werden, da sie mit Mütter- und Zwingereffekten zum Teile vermengt sind.

In der Dissertation von WINDISCH (1983) wurde auch bei 1168 Boxern bei gleichem hierarchischen Design das h^2 geschätzt. Signifikanten Einfluss auf die Varianz der HD hatte die Anzahl belassener und geröntgter Tiere pro Wurf und der HD-Befund der Mutter.

KREMPL (1985) schätzte das h^2 an einer Hovawartpopulation von 1948 - 1983 über den Vergleich von Paarungen mit gesunden und kranken Elterntieren. Es wurde mit verschiedenen Ansätzen gearbeitet. In den Welpenjahrgängen 1980 bis 1983 wurden im ersten Ansatz die gesunden untersuchten Welpen HD-frei gesetzt und alle kranken und alle nicht untersuchten Welpen als HD-Befallen gewertet, hier ergab sich eine Heritabilität von 0,6. Im zweiten Ansatz wurden die nicht untersuchten Welpen anteilig HD-frei und HD-Befallen zugeordnet, hier wurde ein h^2 von 0,36 geschätzt. Für die Welpenjahrgänge 1961 - 1983 wurden im ersten Ansatz alle untersuchten gesunden Welpen als HD-frei bezeichnet und alle untersuchten Welpen mit HD-Befall in eine gemeinsame Gruppe eingeteilt, hier ergab sich eine Heritabilität von 0,23, allein für die Jahre 1981-1983 ein h^2 von 0,32. Im zweiten Ansatz wurde ein h^2 von 0,20 (1981-83, h^2 = 0,47) geschätzt, wobei die Tiere mit HD-Befall in vier Gruppen eingeteilt waren. Im dritten Ansatz wurden ein h^2 von 0,16 (1981-83, h^2 = 0,47) geschätzt, wobei HD-frei und HD-Übergang in eine Gruppe und HD-leicht, HD-mittel und HD-schwer in jeweils eine Gruppe eingeteilt waren.

Die Schätzung von Heritabilitäten bei drei Rassen (WILLIS, 1987) ergab ein höheres h^2 beim Einsatz des Hipscore mit einer Skala von 1-106 Punkten im Vergleich zu der vorhergehenden Methode mit drei HD-Graden. Die niedrigen h^2-Schätzwerte beim Golden Retriever sollen sich durch eine recht hohe Inzucht erklären, welche die gesamte und die additive Varianz bei gleichbleibender Umweltvarianz einschränkt.

Bei einem Ausgangsmaterial von 10595 geröntgten Deutschen Schäferhunden (SCHWARZ, 1989) wurde der HD-Befund und der HD-Befund der Eltern erfasst, wobei mindestens zwei Hunde pro Wurf geröntgt sein mussten. Bei der Varianzanalyse waren die systematischen Einflüsse des Vaters, der Mutter, des Geschlechts, des Röntgenalters und des Wurfjahres signifikant. Die Einführung von Zwingerklassen pro Zuchtrüden und der Einschränkung auf zwei Zuchthündinnen pro Zwingerklasse führte zu einer Reduktion der Heritabilitäten. Bei einem nichtlinearen Schwellenmodell für die einzelnen HD-Grade aus der väterlichen Halbgeschwisterkomponente ergaben sich noch geringere Heritabilitäten. Insgesamt wurden mit dem Material 30 Heritabilitäten geschätzt.

BALL (1990) nahm an 1942 Deutschen Wachtelhunden der Jahrgänge 1969 bis 1988 Heritabilitätsschätzungen vor. Bearbeitet wurden die Piehlermessungen als kontinuierliche Variation und die HD-Grade und die modifizierten HD-Grade als diskontinuierliche Variation.

Die Piehlermessungen waren annähernd normalverteilt, eine leichte Linksgipfligkeit erklärt sich durch den Erfolg züchterischer Bekämpfungsmaßnahmen gegen die HD. Es gab die 7 HD-Grade F, V, L, L-M, M, M-S und S. Bei den modifizierten HD-Graden (HD-mod) wurde versucht, durch Zugrundelegung einer Normalverteilungskurve die HD-Grade in Standardabweichungen darzustellen, wobei der Mittelwert von HD-frei mit dem Wert 0 belegt wurde. Hierdurch entstand eine Skala von 0 bis 3,62.

DISTL et al. (1991) schätzten am gleichen Datenmaterial wie SCHWARZ (1989) Heritabilitäten. Da das Datenmaterial eine sehr stark unbalancierte kreuzklassifizierte Struktur zwischen Rüden und Mutterhündinnen aufwies, wurden die Daten auf ein hierarchisches Design reduziert, so dass immer mindestens 2 Mutterhündinnen pro Rüde und mindestens 2 geröntgte Hunde pro Wurf vertreten waren. Sie wiesen darauf hin, dass eine Reduzierung von mehreren auf 2 HD-Klassen die Heritabilität verringert. Die aussagekräftigste h^2-Schätzung ist nach DISTL et al. (1991) die väterliche Halbgeschwisterkomponente mit einem h^2 von 0,11, da es zu keiner starken Vermengung von Mutter- und Umwelteffekten und zu keiner Beeinflussung durch Dominanzeffekte kommt. DISTL et al. sahen aber auch eine Unterschätzung der Heritabilität aus der väterlichen Gesamtvarianz durch die Überschätzung der Gesamtvarianz. Die Heritabilität soll somit im Bereich von 0,12 liegen.

STUR et al. (1996) schätzten Heritabilitäten an 10 väterlichen Halbgeschwistergruppen von Beaglen mit im Durchschnitt 15 Nachkommen. Außerdem wurden von einem erfahrenen Radiologen (1.) und einem unerfahrenen Tierarzt (2.), der von dem erfahrenen Radiologen geschult worden war, 7 Einzelkriterien beurteilt und eine HD-Grad-Befundung nach KÖPPEL (1991) vorgenommen. Die 7 Einzelkriterien waren Azetabulum, kraniale Pfannenkontur, kraniolateraler Pfannenrand, Femurkopf, Femurhals und Gelenkspalt. Sie wurden in physiologisch (1) und pathologisch (2) unterschieden. Der NW als 7. Einzelkriterium wurde in 5 Grade eingeteilt.

Für den PennHIP© (DI) als Distraktionsmethode zur Messung der Lockerheit der Hüfte werden hohe Heritabilitäten (SMITH, 1997) angegeben, die weit über den durchschnittlichen Heritabilitäten der Auswertungsmethoden mit Gradeinteilung liegen.

An einer in sich geschlossenen Blindenhundepopulation aus den Jahren 1980 - 1996 der Seeing Eye Inc. schätzte LEIGHTON (1997) Heritabilitäten. Er nutzte hierzu eine der OFA-Auswertung ähnliche Methode. Die Schätzung des h^2 für den DI an der gleichen Population zwischen 1990 und 1996 ergab höhere Heritabilitäten als bei der OFA Auswertung.

SWENSON et al. (1997) schätzten hohe Heritabilitäten. Diese sollen zum Teil auf die Auswertungsmethode und den Einsatz der Regression zur Verhinderung einer schiefen

Datenverteilung zurückzuführen sein. Nur bei der Rasse Rottweiler wurde mit der Vater- und Mutter-Nachkommen Regression gearbeitet. Das große Datenvolumen erklärt sich durch einen sehr langen Beobachtungszeitraum.

An der Population des Zwingers der Schweizerischen Stiftung für Blindenhunde schätzten OHLERTH et al. (1998) ein h^2 von 0,53. Für diese Studie standen 637 geröntgte und nach der Schweizer Methode (FLÜCKIGER, 1993) ausgewertete Röntgenbilder zur Verfügung. Die geröntgten Hunde wurden zwischen 1972 und 1995 geboren und stellen 86,3% der Gesamtpopulation dar. An derselben Population schätzten OHLERTH et al. (2001) auch erstmals Heritabilitäten für die Einzelkriterien der Schweizer Methode.

Heritabilitäten der Hipscore-Einzelkriterien wurden erstmals von WOOD et al. (2000b) an Bildern von Gordon Settern geschätzt. Die signifikanten Heritabilitäten sind in Tab. 9 aufgeführt.

MÄKI et al. (2000) erfassten in ihrem gemischten linearen Modell als beeinflussende Umweltparameter das Röntgenalter, das Geburtsjahr, die Interaktion zwischen Geburtsjahr und Jahreszeit und die Erfahrung des Röntgentierarztes zur h^2-Schätzung. Die Skala beinhaltet keine gleichen Abstände, da schwere HD mit 4, 4.5 und 5 beschrieben wird.

Bei REED et al. (2000) wurden die vier Rassen English Setter, Portugiesischer Wasserhund, Shar Pei und Berner Sennenhund für eine Heritabilitätsschätzung zusammengefasst. Die HD-Ergebnisse beruhten auf der OFA Auswertung.

2.9 Zuchtprogramme und -erfolge

Kenntnisse über den Erbgang und die Heritabilität des Merkmales sind Grundvoraussetzungen für die Durchführung von Zuchtprogrammen. Die Einschätzung der Wirksamkeit von Zuchtprogrammen vor der praktischen Anwendung und die Überprüfung des Zuchterfolgs während der Selektion zeigen, ob der richtige Weg eingeschlagen wurde. Die praktische Realisierbarkeit ist ein weiterer zentraler Punkt. Ein Überblick über verschiedene Zuchtprogramme und -experimente gegen HD stellt die Problematik dar.

Schon 1956 schlug SCHALES vor, nur mit Hunden zu züchten, die selbst HD-frei sind und deren Eltern und deren Wurfgeschwister HD-frei sind. Er hielt es aber noch für einfach, die Häufigkeit der HD zu verringern (SCHALES, 1957). Auch HENRICSON et al. versuchten schon 1965 anhand von Stammtafeln Tiere auszuwählen, welche die größten Aussichten haben normale Nachkommen zu zeugen.

Die ersten Zuchtmaßnahmen gegen HD wurden 1959 bei den Deutschen Schäferhunden in Schweden eingeführt (OLSSON, 1961). Nur wenn die Hunde HD-frei waren, wurden ihnen Championtitel und Spezialpreise für Arbeitshunde (working dogs) verliehen und durften bei Ausstellungen in der Zuchtklasse antreten. Durch Zufallsstichproben wurde in den nächsten vier Jahren ein langsamer aber stetiger Anstieg der HD-freien Hunde beobachtet.

Ausgehend davon, dass es sich bei HD um ein polygenes Merkmal handelt stellten sowohl HUTT (1967) als auch LUST und FARELL (1977) dar, dass durch eine Massenselektion nur ein langsamer Zuchtfortschritt erreicht werden kann, so dass Zwinger oder Zuchten nicht nach wenigen kurzen Generationen HD-frei sein können und eine vollständige Eliminierung von HD-Genen nicht realisiert wird. Die Nachkommenprüfung ist die schnellere und effektivere Zuchtmethode. Die Prüfung der Nachkommen enthüllt den Genotyp der Elterntiere, dabei muss aber ein Rüde an mehrere Hündinnen angepaart werden. HUTT (1967) hält bei kleinen Züchtern mit ein bis zwei Hündinnen nur die Massenselektion und in großen Zwingern die Nachkommenprüfung für praktisch durchführbar. Auch LUST und FARELL (1977) hielten die Nachkommenprüfung zwar theoretisch für die beste Selektionsmethode, aber für nicht praktikabel. Die Prüfung der Rüden dauere zu lange und können dadurch in ihrer normalen Hauptzuchtperiode nicht eingesetzt werden.

1972 wiesen auch JESSEN et al. auf die Möglichkeit des Einsatzes von Zuchtwerten basierend auf einer Nachkommenprüfung hin, hielten aber die Massenselektion für eine geeignete Methode

die HD zu bekämpfen. Bei der Rasse Magyar Viszla konnten sie sich sogar nach den Ergebnissen aus einer Röntgenstudie die Eliminierung der HD in einer oder zwei Generationen vorstellen. CRAWFORD und PHARR (1975) beobachteten keinen Zuchtfortschritt durch Massenselektion. Sie erinnerten daran, dass nach der „genetischen Theorie“ bei einem Merkmal mit so niedriger Heritabilität der schnellste Zuchtfortschritt durch Einbeziehung von Verwandtschaftsinformationen erreicht wird, wie dies mit gutem Erfolg schon bei den Schutzhunden der US-Army getan wurde.
Im Gegensatz dazu berichteten FREUDIGER et al. (1973) bei Deutschen Schäferhunden in der Schweiz und MÜLLER und SAAR (1972) bei Hovawarten in Deutschland von guten Zuchterfolgen durch Massenselektion.
1982 schlugen GODDARD und MASON vor den Selektionserfolg durch schnelle Generationswechsel zu erhöhen. 1989 zog SCHWARZ nach genetischen Studien an der Population des Deutschen Schäferhundes in Deutschland die Schlussfolgerung, dass zumindest eine Zuchtwertschätzung für die Rüden und die routinemäßige Schätzung der genetischen Populationsparameter durchgeführt werden sollte.

Neuere Studien aus Skandinavien, Finnland, der Schweiz und den Vereinigten Staaten von Amerika beschäftigten sich mit den Zuchterfolgen. Dabei wird von keinen Zuchterfolgen (ANDRESEN et al., 1994; LEPPANEN und SALONIEMI, 1999; LEPPANEN et al., 2000) oder geringen und nicht befriedigenden Zuchterfolgen (LINGAAS und KLEMETSDAL, 1990; SWENSON et al., 1997; FLÜCKIGER et al., 1995) berichtet. Ausnahme ist die Erhebung von CORLEY (1992) aus den Vereinigten Staaten, wo der Autor mit dem Zuchtfortschritt zufrieden ist. Alle Autoren fordern den Einsatz von Zuchtwerten über die Einbindung von Verwandteninformationen, um größere Zuchtfortschritte zu realisieren.
Die Untersuchung des Zuchtfortschritts in der Golden Retriever Population in Norwegen ergab eine geringe genetische Verbesserung durch die Massenselektion (LINGAAS und KLEMETSDAL, 1990). Ein Selektionsmodell mit BLUP-Zuchtwerten zeigte, dass damit ein größerer genetischer Fortschritt hätte erreicht werden können.
Da in der dänischen DSH-Population im Zeitraum von 1959 - 93 kein Zuchterfolg gegen HD erreicht wurde, sollen nur noch Zuchtrüden mit Nachkommenprüfung und einem daraus resultierenden Zuchtwert von unter 100 in der Zucht eingesetzt werden (ANDRESEN et al., 1994). Die Zuchthündinnen werden weiterhin durch ihre Eigenleistung selektiert.
FLÜCKIGER et al. veröffentlichten 1995 einen Rückblick über die HD-Bekämpfung in der Schweiz in den vergangenen 24 Jahren. Bei den 14 untersuchten Rassen konnte nur eine

Verringerung der Frequenz mittlerer und schwerer HD beobachtet werden. Die Tatsache, dass eine namhafte Zahl von Röntgenbildern mit offensichtlich dysplastischen Gelenken von den Tierärzten und Besitzern nicht zur Beurteilung vorgelegt wurden, schmälerte nach FLÜCKIGER den anscheinenden Erfolg. Bei 5 der 14 Rassen kam es zwischen 1974 und 1991 sogar zu einer Zunahme des Anteiles der dysplastischen Tiere. Eine Erklärung für diese Entwicklung sind die unzureichenden Zuchtvorschriften der Rasseklubs.

Den größten Überblick über die Entwicklung der HD-Frequenzen lieferte bisher die Orthopedic Foundation for Animals (OFA) (CORLEY, 1992). Insgesamt 24 Rassen wurden auf einen Zuchtfortschritt hin überprüft. Dazu wurden zwei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe war zwischen 1972 und 1980 und die zweite Gruppe zwischen 1981 und 1988 geboren. In beiden Gruppen sind pro Rasse mehr als 1000 geröntgte Tiere. Der Vergleich der HD-Frequenzen zwischen den Gruppen ergab eine Reduktion der HD um mehr als 10% bei 14 der 24 Rassen, bei 5 Rassen lag die Reduktion unter 10%, bei einer Rasse kam es zu keiner Veränderung und bei 4 Rassen kam es zu einem Anstieg der HD-Frequenz. Die Zuchtprogramme sind nach CORLEY erfolgreich, wobei die OFA die Zuchtprogramme nicht vorschreibt. Die OFA liefert nur die nötigen Informationen, macht Vorschläge und hilft dem Züchter die passende Zuchtentscheidung zu treffen. So hält es CORLEY auch für unrealistisch, dass die HD in der OFA-Population ausgemerzt werden kann. Die Gene sind in vielen Zuchten weit verbreitet, es gibt keine geordnete Kontrolle der Zuchttiere und „some breeders choose to breed dysplastic dogs for a myriad of reasons“.

In Schweden wurde bei 7 Rassen mit insgesamt 83229 geröntgten Tieren im Zeitraum von 1977 - 1991 ein Rückgang der HD beobachtet. Dies führten SWENSON et al. (1997) auf die Auswertungsmethode und die offengelegten Röntgenergebnisse im Zuchtbuch zurück. Der Rückgang war zum Teil trotzdem nur gering.

LEPPANEN und SALONIEMI (1999) fanden in Finnland bei den meisten von 22 Rassen mit insgesamt 69349 Tieren keinen signifikanten Zuchtfortschritt. Wobei Hunde miteinander verglichen wurden, die zwischen 1988 und 1995 und vor 1988 geboren wurden. Auch bei der 10335 Tiere umfassenden DSH Population in Finnland aus den Jahren 1985 bis 1997 (LEPPANEN et al., 2000) zeigte sich kein klarer genetischer Fortschritt.

Weiterführende Zuchtprogramme und Zuchtstrategien werden von einigen deutschen Rassehundevereinen (BEUING, 1993) verfolgt, z.B. von den Hovawarten, den Berger des Pyrénées, den Deutschen Wachteln, den Belgischen Schäferhunden, den Rottweilern und anderen. Hier wird jedem Hund ein HD-Zuchtwert über eine BLUP-Zuchtwertschätzung

zugeordnet, welcher Informationen von allen geprüfter Verwandten des Hundes beinhaltet. Dadurch hat jedes Tier schon bei seiner Geburt einen Zuchtwert, der sich aus Informationen über die Eltern, Großeltern, Onkel, Tanten, älteren Geschwister usw. charakterisiert. Durch neue Informationen, z.B. das eigene HD-Röntgenergebnis (Eigenleistung), Nachkommen oder Nachkommen der Geschwister usw. kommt es zu einer Anpassung der Zuchtwerte. Dieser Zuchtwert beschreibt so den Genotyp des Einzeltieres möglichst optimal und immer besser als nur das eigene HD-Röntgenergebnis. Auch die Zuchtstrategie ist der Hundezucht, die oft eine Hobbyzucht ist, angepasst. Es wird kein Zuchtwert für die Zuchttiere vorgeschrieben, sondern für den zu erwartenden Wurf. Diese Art der Paarungsauflage wird als „Strategische Paarung“ bezeichnet. Der Zuchtwert des möglichen Wurfes ergibt sich aus den beiden Zuchtwerten der Elterntiere. Dies heißt in der Praxis, dass bei einer Festlegung auf die Grenze von 100 (Populationsmittel) für den zu erwartenden Wurf, diese Grenze z.B. durch zwei Elterntiere mit dem Zuchtwert 100 erreicht werden kann. Genauso kann dies aber auch durch die Kombination der Zuchtwerte 80 und 120 erreicht werden. Natürlich werden Tiere, die genetisch stark mit HD belastet sind und deshalb einen sehr schlechten Zuchtwert aufweisen, keine oder nur sehr wenig Paarungspartner zur Verfügung haben, trotzdem entsteht eine möglichst große Liberalität, welche die Zuchtbasis nicht unnötig ausdünnt. Die Kombination einer BLUP-Zuchtwertschätzung mit der strategischen Paarung erscheint im Moment die effizienteste Zuchtmethode gegen HD zu sein. Die Erfolge bei den Hovawarten und Berger des Pyrénées in Deutschland sind Beispiele dafür, hier traten innerhalb von wenigen Jahren nur noch sehr selten Tiere mit HD-mittel oder HD-schwer auf (BEUING, 1991).

Studien an zwei Zuchtpopulationen für Blindenhunde in der Schweiz und in den Vereinigten Staaten von Amerika zeigen die möglichen Zuchterfolge bei konsequenter Selektion in einer geschlossenen Population. LEIGHTON berichtet 1997 von einer Selektion, die auf einem Index mit Norbergwinkel, HD-Auswertung ähnlich dem OFA-Schema und dem PennHIP© beruht und innerhalb von weniger als 5 Generationen (16 Jahre) die HD-Frequenz beim Deutschen Schäferhund von 55% auf 24% und beim Labrador Retriever von 30% auf 10% gesenkt hat. Seit 1995 wird in dieser Population außerdem die BLUP-Zuchtwertschätzung eingesetzt. In der Schweiz wurde bei Labrador Retrievern im Zwinger der Schweizerischen Stiftung für Blindenführhunde innerhalb von 25 Jahren die HD-Inzidenz durch konsequente Massenselektion von 57,9% auf 14,9% gesenkt (OHLERTH et al., 1998).

2.10 Zuchtziele in der Rassehundezucht unter besonderer Berücksichtigung der HD

Jeder Hundezüchter verfolgt neben der HD immer weitere wichtige Zuchtziele. Dies sind einerseits die Verhinderung anderer genetisch bedingter Erkrankungen wie z.B. Ellbogendysplasie (AUDELL, 1990) und Collie Eye Anomalie (WALDE, 1980) oder zuchtausschließender Fehler wie progressive Retinaatrophie, Epilepsie, Kryptorchismus, Albinismus oder Kieferanomalien (VDH, 1992). Andererseits sind es Merkmale des Exterieurs und Interieurs, die im Rassestandard festgehalten sind und bei den Zuchtschauen den Erfolg oder Misserfolg eines Hundes ausmachen. Zwar sind keine zwingenden negativen Korrelationen zwischen dem Merkmal HD und anderen Zuchtzielen bekannt, trotzdem wird durch die Vielzahl der zu erfüllenden Zuchtziele die Zuchtbasis häufig stark eingeschränkt (BEUING, 1993).

Die Zucht gegen HD beruht weltweit auf radiologisch sichtbaren Veränderungen der Hüftgelenke. Die HD wird durch subjektive Auswertungsmethoden erfasst und das Ergebnis numerisch als kategorisches Schwellenmerkmal (HERZOG, 2001) dargestellt. Die Mindestauflagen bei der Zucht gegen HD in Deutschland sind vom VDH für deren Rassezuchtverbände in der VDH-Zucht-Ordnung (VDH, 1992) festgelegt. HD-Röntgenaufnahmen sind für Zuchthunde Pflicht und von einem anerkannten HD-Gutachter auszuwerten. Es darf nicht mit „HD-schwer“ gezüchtet werden und mit „HD-mittel“ nur in begründeten Ausnahmefällen. Jedem Zuchtverband steht es frei, weitere und strengere Zuchtauflagen zu erlassen, was bei einer Vielzahl der Verbände durch ausschließliche Zucht mit „HD-freien“ Hunden oder durch Einsatz von Zuchtwerten auch geschieht.

Das primäre Zuchtziel ist aber die Vermeidung von Schmerzen und Leiden durch HD.

Die effektive Zucht gegen Schmerzen und Leiden wird den Forderungen des Tierschutzes gerecht. Nur ein Hund ohne Symptome kann der sozialen Funktion als Begleiter und Freund in der Familie gerecht werden und ist als Gebrauchshund z.B. bei Polizei und Katastrophenschutz einsetzbar. Da aber die Hunde ein sehr unterschiedliches Schmerzempfinden zeigen, ist es bisher nicht gelungen eine hohe Übereinstimmung oder gar einen linearen Zusammenhang zwischen Lahmheit und Röntgenbefund (KÁSA et al., 2001; SMITH et al., 2001) zu finden. GODDARD und MASON (1982) beschrieben dies wie folgt: „Surprisingly, there is very little direct information on the correlation between radiographic hip dysplasia and lameness“.

Da HD sich über das Röntgenbild definiert, ist Selektion gegen HD auch immer eine Selektion auf ein radiologisch gesundes Gelenk. Deshalb wird das Röntgenbild sinnvollerweise zur Bewertung der HD herangezogen, da hier eine nachvollziehbare, greifbare Auswertung und eine

Übereinstimmung zwischen phänotypischem Röntgenbild und Genotyp vorhanden ist (GAILLARD, 1997).
Die Zielgröße bleibt aber der symptomlose Hund und nicht die radiologisch schöne Hüfte. Aus diesem Grund wird den Arthrosen am Gelenk besondere Aufmerksamkeit geschenkt (ADAMS et al., 1998). Durch Arthrosen werden Schmerzen und Leiden ausgelöst (BRINKER et al., 1993), der Vergleich mit Menschen (PSCHYREMBEL, 1994), die unter Gelenksarthrosen leiden, ist sicher möglich.
Trotz dieses gut greifbaren Kriteriums darf nicht vergessen werden, dass Arthrosen nur sekundäre Veränderungen am Gelenk darstellen. Es herrscht Übereinstimmung, dass primär eine Gelenkslockerheit zur HD führt (HENRICSON et al., 1965; BARDENS und HARDWICK, 1968; RISER, 1975; OLSSON, 1980; SMITH et al., 1990; LUST, 1997). Die frühe radiologische Erfassung der Gelenkslockerheit ist möglich (SMITH et al., 1990). Durch Nachröntgen von älteren Tieren mit nachgewiesener lockerer Hüfte ist der Zusammenhang zwischen lockerer Hüfte und Arthrosen bewiesen worden (SMITH, 1997; FRIEDRICH, 1996), außerdem besteht eine Korrelation zwischen Norbergwinkel und lockeren Gelenken (KLIMT, 1990; KELLER, 1991; FRIEDRICH, 1996). Über Regressionsanalysen konnte ein Einfluss des NW und des Verhältnisses von Femurkopfzentrum zum dorsalen Azetabulumrand auf Arthrosekriterien nachgewiesen werden (OHLERTH et al., 2001). Über die direkte Korrelation zwischen lockerer Hüfte und Lahmheit ist bisher nichts bekannt.
Hier liegt ein Problem der Diagnostik, da neue Methoden der HD-Erkennung nur an den schon bekannten Diagnostikmethoden gemessen werden können und nicht an Lahmheit verursachenden Schmerzen.

2.11 Der Berger des Pyrénées

Der Berger des Pyrénées oder Pyrenäenschäferhund ist der Hütehund der Schaf- und Ziegenhirten in den französischen Pyrenäen (MÜLLER et al., 2000; RÄBER, 1993).
Die Basken halten als Hirtenvolk schon sehr lange Hütehunde, und in den selten von Fremden besuchten Bergtälern der Pyrenäen konnte sich eine eigene Hütehundrasse ohne großen Einfluss von Außen entwickeln. Die sich durch das geringe Nahrungsangebot weit auseinanderziehenden Herden förderten einen schnellen und unermüdlichen Hund. Die begrenzten Möglichkeiten der Hundefütterung und die Belastung im täglichen Hütebetrieb führten zu einer Selektion kleiner und leichter Hunde.

Die gesicherte Existenz des Pyrenäenschäferhundes beginnt Ende des 18. Jahrhunderts, als der Naturforscher Buffon den Berger auf einem Kupferstich darstellt, ihn aber nur als „der Hütehund“ bezeichnet. 1892 wird der Berger erstmals unter seinem jetzigen Namen „Chien de Berger des Pyrénées“ erwähnt. Im ersten Weltkrieg wurde er als Verbindungshund in vorderster Linie häufig eingesetzt und so außerhalb der Pyrenäen bekannt. Nach dem ersten Weltkrieg entwickelten sich die ersten Zuchtbemühungen außerhalb der harten natürlichen Selektion des Hütealltags. Die erste Ausstellung für Bergers fand 1923 statt, der erste Standard wurde 1925 festgelegt (MÜLLER et al., 2000). Bei der allgemeinen Kennzeichnung der Hunde wurde hier ein Minimum an Größe und Gewicht und ein Maximum an Lebhaftigkeit, verbunden mit großer Bewegungsfreude, gefordert. Auch heute ist die Bewegungsfreude, aber auch der Bewegungsanspruch der Rasse sprichwörtlich. Die weitere Ausführung des Standards, in der ein enormes Sprungvermögen der Hunde gefordert wird, belastet den ganzen Bewegungsapparat in überdurchschnittlicher Weise. Der Berger soll bei den Rüden eine Größe von 40 - 48 cm und bei den Hündinnen von 38 - 46 cm erreichen, das Gewicht liegt bei etwa 8 - 12 kg. Die Rasse ist von der FCI anerkannt.

Mitte der 70`er Jahre kamen die ersten Pyrenäenschäferhunde nach Deutschland, die Zucht entwickelte sich im Club für französische Hirtenhunde und mündete 1983 in einem eigenem Verein, dem Club Berger des Pyrénées (CBP) im VDH. Durch die Einführung der allgemeinen Röntgenpflicht 1987 fanden sich mit HD behaftete Tiere in der Population. Seit 1987 findet eine Selektion auf HD statt. Die Zuchtwertschätzung wird sowohl bei HD, als auch bei weiteren Merkmalen des Exterieurs eingesetzt.

Abb. 12: Berger des Pyrénées

3 MATERIAL UND METHODEN

3.1 Daten und Röntgenbilder der Rasse Berger des Pyrénées

Als Grundlage liegt das Datenmaterial der Population der Pyrenäenschäferhunde des Club Berger des Pyrénées (CBP) in Deutschland vollständig vor. Es sind von 1620 Tieren Datensätze in der Datenbank des Kynologischen Rechenzentrums des TG-Verlages in Gießen erfasst. Die ältesten Tiere sind 1974 geboren, die jüngsten Tiere im April 1997. In den Stammdaten wurde für jeden Hund die Zuchtbuchnummer, der Name, das Geschlecht, die Vaternummer, die Mutternummer und das Geburtsdatum festgehalten. Außerdem wurde, falls vorhanden, der FCI-HD-Grad erfasst. Von diesen Hunden sind 805 (49,7%) Rüden und 815 (50,3%) Hündinnen. Auf die Datensätze wurde zur Vervollständigung der Verwandtschaftsmatrix für die Varianzkomponentenschätzung zurückgegriffen.

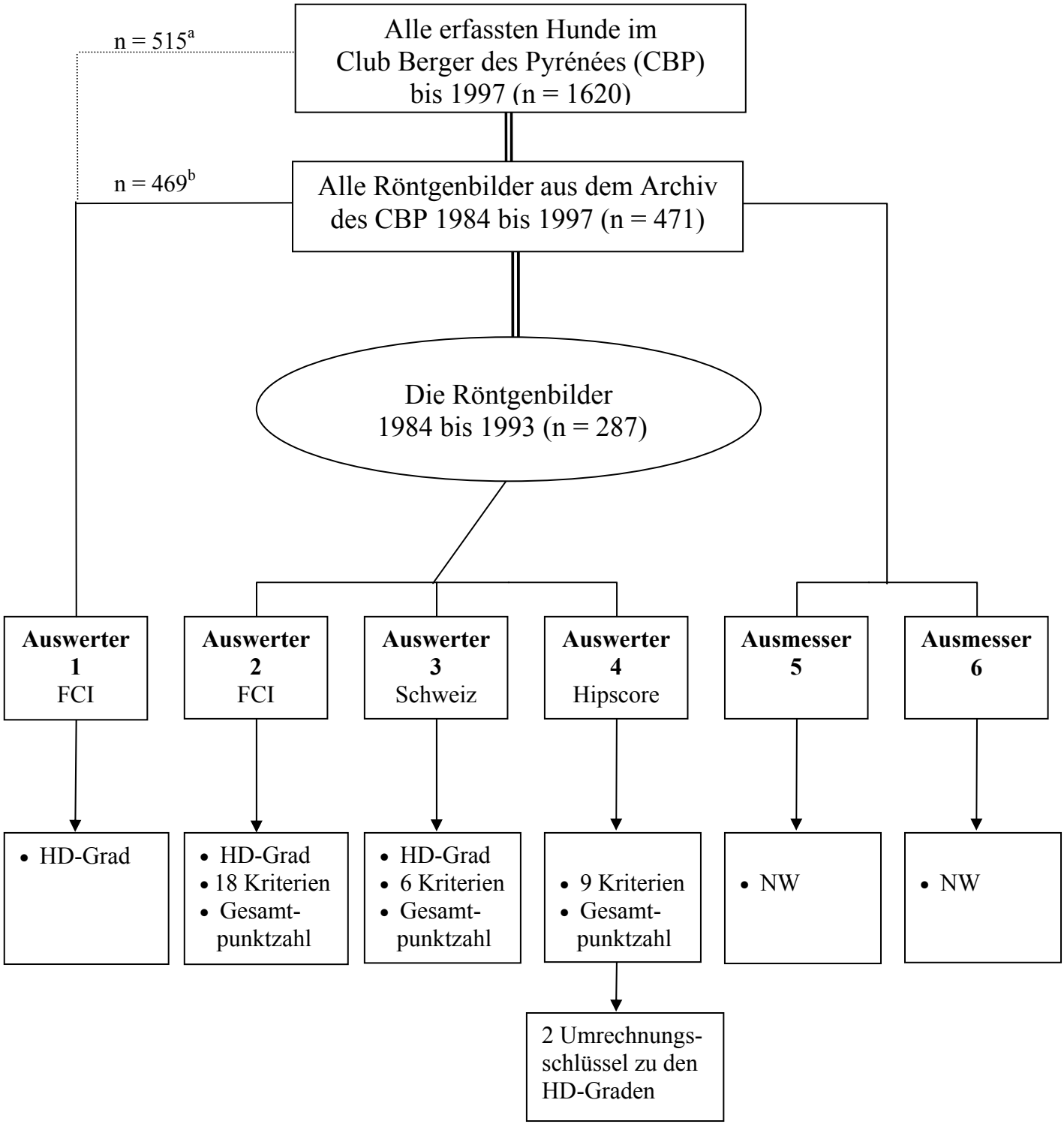
Aus dieser Population sind zwischen 1981 und 1997 insgesamt 515 Hunde geröntgt und nach FCI ausgewertet worden. Für die Auswertung lag ein Röntgenbild in Position 1 (gestreckte Aufnahme) vor. Seit 1987 herrscht eine Röntgenpflicht für Zuchttiere.
Die Bilder wurden von einem FCI-HD-Gutachter (Auswerter 1) zwischen 1981 und 1997 ausgewertet. Dabei waren 183 (35,5%) Hunde HD-frei (A), 163 (31,7%) hatten HD-Übergang (B), 97 (18,8%) HD-leicht (C), 51 (9,9%) HD-mittel (D) und 21 (4,1%) HD-schwer (E).
Von diesen Hunden sind 262 (50,9%) Rüden und 253 (49,1%) Hündinnen.

Für die vorliegende Arbeit lag das Röntgenarchiv des FCI-HD-Gutachters (Auswerter 1) vor. Dieses Archiv umfasste 471 Röntgenbilder aus den Jahren 1984 bis 1997. Hiervon sind in diesem Zeitraum 469 Röntgenbilder vom FCI-HD-Gutachter offiziell ausgewertet worden.
Die Röntgenbilder waren nach den allgemein üblichen Grundsätzen unveränderbar mit dem Namen des Besitzers, der Zuchtbuchnummer, dem Namen des Hundes und dem Röntgendatum gekennzeichnet. Neben dem Röntgendatum war im Archiv auch das Auswertungsdatum erfasst.
Zur weiteren statistischen Auswertung wurde die Umkodierung HD-frei = 1 bis HD-schwer = 5 aus der Datenbank übernommen.

Die 287 Röntgenbilder aus den Jahren 1984 bis 1993 wurden im Format 24x30 cm auf Duplicating/RA Filme von Kodak kopiert. Die belichteten Duplicator-Filme wurden mit der Entwicklungsmaschine Curix 242 S von Agfa-Gevaert entwickelt. Diese Röntgenbilder wurden zu Auswertungen verschickt. Durch das Kopieren ging die Kennzeichnung häufig verloren. Sie wurde durch die Zuchtbuchnummer auf oder neben dem linken Femur ersetzt. Die Kennzeichnung am linken Femur ersetzt gleichzeitig das Seitenzeichen.

3.2 Datenerfassung

Die Erfassung der Daten wird in Abb. 13 durch ein Flussdiagramm dargestellt:



[a] es lagen 515 offizielle FCI-HD-Auswertungen vor
[b] zwei Röntgenbilder waren nicht nach offizieller FCI-HD-Auswertung beurteilt

Abb. 13: Überblick über die erfassten Hunde und die Auswertungen der Röntgenbilder

3.2.1 Norbergwinkelmessungen von zwei Ausmessern

An den 471 vorliegenden Röntgenbildern aus den Jahrgängen 1984 – 1997 wurden Messungen des NW nach TELLHELM und BRASS (1991) von zwei Ausmessern vorgenommen. Ausmesser 5 und 6 sind Tierärzte und waren als Doktoranden am Institut für Tierzucht und Haustiergenetik in Gießen beschäftigt. Dabei wurde der Norbergwinkel gradgenau mit einer auf die Femurkopfgröße und Hüftgröße des Berger des Pyrénées angepassten transparenten Schablone gemessen.

Zum genaueren Auffinden des Femurkopfzentrums wurde mit Einzelkreisen gearbeitet. Der Radius betrug 10 bis 20 Millimeter. Der Femurkopfmittelpunkt wurde mit einem Nadelstich dauerhaft markiert.

Eine gradgenaue Messung wurde erreicht, indem die Schablone so auf das Röntgenbild gelegt wurde, dass das Femurkopfzentrum und der kraniolaterale Azetabulumrand desselben Gelenkes durch eine Gerade verbunden sind. Der Winkel wurde dann am Femurkopfmittelpunkt des anderen Gelenkes gemessen.

Neben dem NW des einzelnen Gelenkes wurde der NW der beiden Gelenke als Summe (NW Ausmesser 5, NW Ausmesser 6) bearbeitet.

Auch die Summe der NW-Messungen beider Ausmesser (NW Ausmesser 5 + 6) wurde statistisch für die Korrelationen, Regressionen, Heritabilitäten und den Selektionsindex genutzt.

Bei Hüften mit schwerer HD und extremen Arthrosen am Azetabulum, insbesondere dem kraniolateralen Rand, und dem Femurkopf wurde aufgrund der fehlenden Messbarkeit (MÜLLER und SAAR, 1966; GIBBS, 1997) ein Winkel von 70° für die statistischen Auswertungen definiert.

3.2.2 Parallele Auswertung der Röntgenbilder von 1984 bis 1993 nach FCI, Schweizer Methode und Hipscore

Die Beurteilung der 287 Röntgenbilder aus den Jahrgängen 1984 bis 1993 nach den 3 Auswertungsmethoden wurde von etablierten und erfahrenen Auswertern aus den Herkunftsländern der Methoden vorgenommen. Beide FCI-Auswerter (Auswerter 1 und 2) sind aktive Mitglieder der Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e.V., betreuen einige Rassen als HD-Auswerter und sind wissenschaftlich im chirurgischen Bereich an deutschen Veterinäruniversitäten tätig. Der Auswerter der Schweizer Methode (Auswerter 3) ist Mitglied der Schweizer HD-Kommission, arbeitet wissenschaftlich im chirurgischen Bereich an einer schweizer Veterinäruniversität und war federführend bei der Entwicklung der Methode. Die Hipscore Auswertungen (Auswerter 4) wurden von dem Mitglied des „Panel of scrutineers“ vorgenommen, der die meisten HD-Röntgenbilder im Vereinigten Königreich beurteilt.

Die Röntgenbilder waren unveränderlich mit einer Nummer gekennzeichnet. Jedem Röntgenbild lag separat ein Einlegeblatt mit dem jeweiligen Auswertungsbogen in der Röntgentasche bei. Im Umlaufverfahren wurden die Bilder an die Auswerter versandt.
Auswerter 1 ist der offizielle FCI-Auswerter für Berger des Pyrénées. Ihm wurden die Bilder nicht nochmals zugeschickt, sondern die offizielle HD-Auswertung genutzt. Von Auswerter 1 liegt nur der HD-Grad vor.

Durch die Auswertungen nach den drei Auswertungsmethoden wurden von jedem Gelenk maximal 33 Kriterien erfasst, hinzu kommen Gesamtpunktzahlen und HD-Grade.
Ein Kriterienschlüssel mit Kurzbeschreibung der Kriterien und vorangestellter Detailnummer findet sich in der Anlage 9.11. Die Detailnummern sind der Kurzbeschreibung des jeweiligen Kriteriums im Ergebnisteil beigestellt.

Durch zum Teil nicht ausreichende Röntgenbildqualität sowohl im Bezug auf die Lagerung des Hundes als auch die Aufnahme- und Entwicklungstechnik konnten von den drei Auswertern nicht alle Röntgenbilder ausgewertet werden.
Hierbei gab es auch Röntgenbilder, die nur teilweise ausgewertet wurden. Um trotzdem den maximalen Datenumfang ausnützen zu können, wurden bei den Einzelberechnungen jeweils alle vorliegenden Daten berücksichtigt (siehe Kapitel 3.3.).

3.2.2.1 FCI-Auswertung (Auswerter 2)

Die Auswertung nach FCI unter Berücksichtigung des aktuellen HD-Auswertungsbogens wurde von Auswerter 2 durchgeführt. Die Röntgenbilder wurden nach den in Kapitel 2.4.6.1 Tab. 2 (1990) und Abb. 11 dargestellten Grundsätzen ausgewertet.

Das für die Erfassung genutzte Formblatt findet sich in Anlage 9.2.
Es handelt sich um den 18 Kriterien umfassenden FCI-Auswertungsbogen, der für die getrennte Auswertung von linkem und rechtem Gelenk erweitert wurde.

Die Ergebnisse wurden folgendermaßen umkodiert:
Die HD-Grade wurden in HD-frei = 1 bis HD-schwer = 5 umgesetzt.
Die zu statistischen Auswertungen genutzte Summe der HD-Grade beider Gelenke (Summe der HD-Grade) ist mit einer Skala von 2 - 10 beschrieben. Hierbei ergeben zwei HD-freie Hüftgelenke 2 Punkte, 3 Punkte werden durch ein HD-freies und ein HD-Übergang Gelenk erreicht. Bei 4 Punkten kann sowohl ein Gelenk HD-frei und das andere HD-leicht sein, als auch beide Gelenke HD-Übergang haben. Alle weiteren Punkte der Skala können sich so auch oder ausschließlich aus verschieden bewerteten Gelenken erklären bis 9 Punkte wieder nur durch ein Gelenk mit HD-mittel und eines mit HD-schwer und 10 Punkte nur durch 2 Gelenke mit HD-schwer erreicht werden können.
Die Skala zur Bewertung der 18 Einzelkriterien unterteilt sich in 0, 1 und 2, wobei eine 0 ein gesundes Gelenk darstellt, eine 1 geringgradige und eine 2 starke pathologische Veränderungen.
Die Kriterien kugelförmiger Oberschenkelkopf (5), schlanker Oberschenkelhals (10) und abgesetzter Oberschenkelhals (12) wurden nur mit einer Skala von 0 und 1 beurteilt.
Die Bewertung des NW (18) erfolgte mit einer Skala von 0 bis 3.
Die Summe der Ergebnisse der Einzelkriterien eines wird als Gesamtpunktzahl mit einer Skala von 0 - 31 Punkten erfasst. Die Summe der Punkte beider Gelenke (0 – 62) wird für die statistischen Auswertungen genutzt.

Die Kriterien schlanker Femurhals (10), abgesetzter Oberschenkelhals (12) und walzenförmiger Hals (11) wurden identisch ausgewertet und zum Kriterium walzenförmiger Hals (11) zusammengefasst. Das Kriterium Oberschenkelkopf zu klein (6) zeigte so wenig Varianz, dass es für die statistische Auswertung nicht nutzbar war.

Die Tab. 10 stellt die Kurzbeschreibung der Einzelkriterien mit ihren Detailnummern dar, wie sie in Ergebnisteil und Diskussion genutzt werden. Die Zuordnung der Detailnummern zu den Kriterien orientiert sich am aktuellen HD-Auswertungsbogen (Kapitel 2.4.6.1, Abb. 11). In Anlage 9.11 befindet sich ein Kriterienschlüssel mit Kurzbeschreibungen aller Kriterien im Überblick, um Vergleiche mit den anderen Auswertungen zu vereinfachen.

Tab. 10: Kriterien im deutschen Verfahren (FCI) mit Skala und Detailnummern

Detail Nr.	Kriterien	Skala
1	Gesamteindruck der Gelenkpfanne	0, 1, 2
2	subchondrale Sklerose	0, 1, 2
3	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes	0, 1, 2
4	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand	0, 1, 2
5	kugelförmiger Kopf	0, 1
6	Oberschenkelkopf zu klein	0, 1, 2
7	Kragenbildung Kopf	0, 1, 2
8	Deformation des Kopfes	0, 1, 2
9	Sitz des Kopfes in der Pfanne	0, 1, 2
10	Oberschenkelhals, schlank	0, 1
11	walzenförmig Hals	0, 1, 2
12	abgesetzter Oberschenkelhals	0, 1
13	Hals scharf/unscharf	0, 1, 2
14	Auflagerungen am Hals	0, 1, 2
15	Morganlinie	0, 1, 2
16	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend	0, 1, 2
17	Subluxation	0, 1, 2
18	Norbergwinkel (NW)	0, 1, 2, 3
	Gesamtpunktzahl (FCI)	0 - 31
	HD-Grad (Auswerter 2)	1, 2, 3, 4, 5

3.2.2.2 Schweizer Auswertung (Auswerter 3)

Die Auswertung nach der Methode der Schweizer HD-Kommissionen wurde von Auswerter 3 vorgenommen und stimmt mit der Auswertung nach der Auswertungstabelle der Schweizer Methode in Kapitel 2.4.6.4 Tab. 6 (1996) überein. In der Tabelle findet sich eine exakte Beschreibung der 6 Einzelkriterien.

Der Auswertungsbogen der Schweizer HD-Kommissionen beinhaltet 6 Kriterien pro Gelenk, die Punktsumme pro Gelenk und den sich daraus ableitenden FCI-HD-Grad.
Der Bogen ist mit dem Auswertungsstempel, der in der Routine auf die Röntgentaschen gestempelt wird, identisch. Er ist in Anlage 9.2 abgelegt.
Außerdem ist im Auswertungsstempel eine gradgenaue Norbergwinkelmessung neben der klassifizierten Norbergwinkelmessung (Detail Nr. 1) aufgeführt.
Durch die Addition beider NW wird ein Gesamtnorbergwinkel für eine Hüfte gebildet.
Die Punkteskala je Kriterium beträgt 0, 1, 2, 3, 4, 5, wobei 0 Punkte für fehlende und 5 Punkte für starke Veränderungen stehen. Ein Hüftgelenk kann somit durch 0 bis 30 Punkte charakterisiert werden. Die Summe der Punkte von rechtem und linkem Gelenk (0 – 60 Punkte) wird für die statistische Auswertung erfasst.
Die zu statistischen Auswertungen genutzte Summe der HD-Grade beider Gelenke (Summe der HD-Grade) ist mit einer Skala von 2-10 beschrieben. Hier gilt dasselbe wie bei Auswerter 2.

Die Kriterien mit Detailnummern sind in Tab. 11 aufgeführt.
In Anlage 9.11 befindet sich nochmals ein Kriterienschlüssel mit den Kurzbeschreibungen aller Kriterien im Überblick, um Vergleiche zu vereinfachen.

Tab. 11: Kriterien im Schweizer Verfahren mit Skala und Detailnummern

Detail Nr.	Kriterium	Skala
	Winkel in ° (NW in°)	kontinuierlich
1	Norbergwinkel (NW)	0, 1, 2, 3, 4, 5
2	Subluxation	0, 1, 2, 3, 4, 5
3	kraniolateraler Azetabulumrand	0, 1, 2, 3, 4, 5
4	subchondraler Knochen	0, 1, 2, 3, 4, 5
5	Femurkopf und -hals	0, 1, 2, 3, 4, 5
6	Morganlinie	0, 1, 2, 3, 4, 5
	Gesamtpunktzahl (Schweiz)	0 – 30
	HD-Grad (Auswerter 3)	1, 2, 3, 4, 5

3.2.2.3 Hipscore Auswertung (Auswerter 4)

Die Auswertung nach dem englischen Hipscore wurde von Auswerter 4 übernommen und stimmt mit der Auswertung in Kapitel 2.4.6.2 Tab. 4 überein. Hier findet sich die exakte Beschreibung der 9 Einzelkriterien.

Der verschickte Auswertungsbogen ist in Anlage 9.2 dargestellt.
Der Hipscore beinhaltet 9 Einzelkriterien pro Hüftgelenk, Punktsummen für jedes Gelenk (0 – 53 Punkte) und eine Gesamtpunktzahl pro Hüfte (0 – 106 Punkte).
Die Skala umfasst 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 Punkte, wobei 0 Punkte das gesunde Gelenk beschreiben. Beim kaudalen Azetabulumrand (7) umfasst die Skala nur 0 - 5 Punkte.

Die Detailnummern sind mit der Kurzbeschreibung der Einzelkriterien in der Tab. 12 dargestellt. In Anlage 9.11 befindet sich ein Kriterienschlüssel mit Kurzbeschreibungen aller Kriterien im Überblick, um Vergleiche zu vereinfachen.

Tab. 12: Kriterien im Hipscore Verfahren mit Skala und Detailnummern

Detail Nr.	Kriterium	Skala
1	Norbergwinkel (NW)	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
2	Subluxation	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
3	Kraniale Azetabulumkontur	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
4	Dorsaler Azetabulumrand	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
5	Kraniolateraler Azetabulumrand	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
6	Fossa azetabuli	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
7	Kaudaler Azetabulumrand	0, 1, 2, 3, 4, 5
8	Exostosen Femurkopf und –hals	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
9	Deformation Femurkopf	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6
	Hipscore	0 – 53

3.2.3 Übertragung der Hipscorepunkte in HD-Grade

Um eine direkte Vergleichbarkeit mit den FCI-Ergebnissen zu ermöglichen, wurde mit Hilfe der von REIBEL (1992) und von CLAYTON JONES (1997) vorgeschlagenen Übertragungsschlüsseln die Gesamtpunktzahl auf die HD-Grade reduziert (wie in Kapitel 2.4.7 und in Tab. 8 dargestellt). Die Skala beträgt für den Übertragungsschlüssel nach REIBEL 1, 2, 3, 4, 5 und den nach CLAYTON JONES 1, 2, 3, 4.

3.2.4 Besitzerbefragung nach klinischen Symptomen aufgrund HD

Zur Ermittlung der HD-Erkrankungen mit klinischen Symptomen wurden im Rahmen einer umfangreichen Besitzerbefragung im Frühjahr 1998 alle dem Club Berger des Pyrénées (CBP) bekannten Besitzer von Pyrenäenschäferhunden persönlich angeschrieben.

Innerhalb des Fragenkomplexes „Gesundheit“ wurde hier differenziert nach aufgetretenen Lahmheiten, insbesondere Hinterhandlahmheiten, und der Diagnose HD gefragt. Außerdem sollten die Besitzer den Behandlungserfolg beurteilen.
Der Fragenkomplex „Gesundheit“ ist in Anlage 9.3 dargestellt.
Die Ergebnisse der Besitzerbefragung (klinische Symptome aufgrund HD) wurden mit den radiologischen Ergebnissen verglichen.

3.3 Anzahl der beurteilten Röntgenbilder bei den verschiedenen Auswertungen

Die Anzahl der für die jeweiligen statistischen Berechnungen genutzten Beurteilungen ist als Übersicht im Flussdiagramm (Kapitel 3.2, Abb. 13) dargestellt.
Auswerter 1 beurteilte den HD-Grad von 469 der 471 im Archiv vorliegenden Röntgenbilder aus den Jahren 1984 – 1997.
Ausmesser 5 und 6 nehmen Messungen des NW an allen 471 Röntgenbildern vor.
Den Auswertern 2, 3 und 4 wurden die 287 Röntgenbilder aus den Jahren 1984 bis 1993 vorgelegt. Durch unzureichende Qualität der Lagerung oder Röntgentechnik und nicht HD bedingten Veränderungen der Hüfte konnten die Auswerter bei einigen Hunden Einzelkriterien oder den HD-Grad nicht beurteilen, so dass die Anzahl der Auswertungen zwischen n = 277 und n = 287 lag.
Die Gesamtpunktzahl, als Summe der Punktzahlen der Einzelkriterien, ist entsprechend häufig ausgewertet. Fehlende Auswertungen an einer Seite einer Hüfte kommen vereinzelt vor.
Die Anzahl der Wertepaarungen für die Überprüfungen der Übereinstimmungen, der Korrelationen und Regressionen ergeben sich aus der Anzahl der realisierten Auswertungen der Kriterien.

Durch die Besitzerbefragung liegen Informationen über klinische Symptome aufgrund HD von 147 Hunden aus den Jahrgängen 1984 - 1993 vor. Für die vollständigen Jahrgänge von 1984 bis 1997 liegen Informationen von 266 Hunden vor.
Bei Datensatz 2 (DS2) ist die Anzahl um 11 Tiere gegenüber Datensatz 1 (DS1) verringert (siehe Kapitel 3.4).
Die genaue Anzahl der Auswertungen für jedes Kriterium ist in Tab. 62 in Anlage 9.4 dargestellt.

3.4 Reduktion des Datenmaterials (Datensatz 2)

In der unselektierten Population (Datensatz 1 = DS1) befanden sich zwei Extremvererber für HD (Tab. 13). Für die Schätzung der Heritabilitäten und zur Darstellung des Zuchtfortschrittes durch eine Indexzucht wurde vergleichend auch ein um diese Rüden und deren Nachkommen (n = 11) reduziertes Datenmaterial (Datensatz 2 = DS2) verwendet. DS2 stellt somit eine auf HD vorselektierte Population mit eingeschränkter Varianz dar.

Tab. 13: Verteilung der FCI-HD-Grade bei den beiden HD-Extremvererber und deren Nachkommen

Zuchtrüde	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
Cebulon n = 8 (HD-mittel)	0	1	0	3	4
Ubac Amare n = 3 (ohne Bewertung)	0	0	0	1	2

3.5 Statistische Methoden

Die Daten wurden in einer Datenbank mit dem Programm MS-ACCESS 2.0 erfasst.

Die deskriptive Statistik wurde mit dem Statistikprogramm SPSS (Statistic Package for Social Science) für Windows Versionen 6.1.3 und 9.0 vorgenommen.
Die Überprüfung auf Normalverteilung wurde unter SPSS mit einer Variante des Kolmogorov-Smirnov-Tests (Lilliefors) geleistet.

3.5.1 Berechnung der phänotypischen Korrelationen und Regressionen

Weiterhin wurden mit SPSS bivariate PEARSON-Korrelationen berechnet und lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Alle Korrelationen und Regressionen im Ergebnisteil erreichen eine Signifikanz von $p < 0,01$.

Bei den linearen, multiplen Regressionen wurden unabhängige Variablen in die Berechnung aufgenommen bis der Anstieg des Bestimmtheitsmaßes (R^2) unter 1% betrug. Das Bestimmtheitsmaß zeigt welcher Anteil der Varianz durch das Einzelkriterium erklärbar ist (KRÄUßLICH und BREM, 1997).

Als unabhängige Variablen wurden je nach Regression alle Einzelkriterien und die NW-Messung eingesetzt.

Als abhängige Variablen wurden die Endergebnisse der Auswertungen (HD-Grad, Gesamtpunktzahl), die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3, das Arthrosekriterium Exostosen an Femurkopf und –hals (8) von Auswerter 4 und die klinischen Symptome genutzt.

In einem zweiten Schritt wurde die unabhängige Variable, welche die Zielgröße „Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3“ am Besten beschrieb, entfernt und die Berechnung wiederholt.

Um die Korrelationen zwischen den Auswertungsmethoden zu erhöhen und einen Übertragungsschlüssel zu erarbeiten, wurde ein optimierter Index aus den Einzelkriterien der Auswertungsmethoden erstellt. Hierzu wurden die Einzelkriterien einer Methode als unabhängige Variablen und das Endergebnis (HD-Grad, Gesamtpunktzahl) der anderen Methode als abhängige Variable eingesetzt. Die Regressionskoeffizienten (b) der Einzelkriterien wurden als Gewichtungen genutzt und dieser optimierte Index aus gewichteten Einzelkriterien mit den Endergebnissen korreliert.

Für die Korrelationen und Regressionen wurden die Gesamtpunktzahl beider Gelenke und bei den Kriterien die Punktsumme beider Gelenke genutzt.

3.5.2 Schätzung der Heritabilitäten und genetischen Korrelationen

Die Durchführung der Schätzung von Heritabilitäten und genetischen Korrelationen erfolgte mit den Varianz-Komponenten-Schätz-Programm VCE Version 4.2 (GROENEFELD, 1994; NEUMAIER und GROENEFELD, 1998) unter dem Betriebssystem Unix. Die Heritabilitätsschätzungen wurden zusätzlich auch mit dem Programm MTDF-REML (BOLDMAN et al., 1993) vorgenommen.

Das gemischte Modell enthält den fixen Effekt Geschlecht und den zufälligen Tiereffekt. Es wurde in VCE und MTDF-REML genutzt.

Modell:

$$\mathbf{y_{ij} = \mu + a_i + s_j + e_{ij}}$$

dabei ist

y_{ij} = HD-Endergebnis, Einzelkriterien, NW-Messungen
μ = Gesamtmittelwert
a_i = additiv genetischer Effekt des Tieres i
s_j = fixer Geschlechtseffekt
e_{ij} = zufälliger Effekt des Restfehlers

Die in Vorversuchen überprüften fixen Effekte Wurfmonat, Röntgenalter, Zwingereffekt und Inzucht zeigten keine signifikanten Einflüsse.

Die h^2-Schätzung bei Einschränkung der HD-Grad-Skala von 5 auf 4 und 3 Grade soll aufzeigen, ob eine Verkleinerung der Skala, insbesondere die Zusammenfassung oder Entfernung der schweren HD-Grade, einen Einfluss auf die Heritabilität hat.

Für die Heritabilitäten wurde die Gesamtpunktzahl beider Gelenke und bei den Kriterien die Punktsumme beider Gelenke genutzt.

3.5.3 Selektionsindex

Zur Erstellung einer optimierten Züchtungsinformation wurde die Selektionsindextheorie (HAZEL, 1943) eingesetzt.

Aus Einzelkriterien der Auswerter 2, 3 und 4 und den NW-Messungen von Ausmesser 5 und 6 wurde ein Index konstruiert, der den Genotyp der Zielgröße mit maximaler Genauigkeit beschreibt.
Die Zielgröße waren die Endergebnisse der Auswertungsmethoden (HD-Grad, Gesamtpunktzahl) und die Summe der HD-Grade von Auswerter 1, 2 und 3.

Die partiellen Regressionskoeffizienten ergeben sich aus dem Gleichungssystem: $P \cdot b = G \cdot w$

P stellt die phänotypische und G die genetische Varianz-Kovarianzmatrix dar. P und G ergeben eine Matrize, b ist der Vektor der optimalen Gewichtungen. W ist der Vektor der Faktoren, der die Zielgröße der Optimierung aus den Genotypen der Merkmale festlegt.

Ist Merkmal 1 die Zielgröße und die Merkmale 2 - xx Informationsmerkmale, so ist der Vektor

$$w = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ . \\ . \\ . \end{vmatrix}$$

der aussagt, dass die Zielgröße ausschließlich der Genotyp von Merkmal 1 (z.B. HD-Grad) ist.

Die Matrix P enthält ausschließlich die Varianzen und Kovarianzen der Informationsmerkmale (z.B. Einzelkriterien des Hipscore), die Zeile und Spalte von Merkmal 1 (z.B. HD-Grad) ist mit Nullen aufgefüllt, da dieser Phänotyp nicht genutzt werden soll.

Die optimalen Gewichtungen ergeben sich dann aus: $b = P^{-} \cdot G \cdot w$

b	=	Vektor der optimalen Gewichtungen
P^{-}	=	Generalisierte Inverse der phänotypischen Varianz-Kovarianz-Matrix
G	=	Varianz-Kovarianz-Matrix der Genotypen aller Merkmale
w	=	Vektor der Gewichtungen der Genotypen für die Zielgröße

Die Konstruktion der Selektionsindices beruht auf der Maximierung der Kovarianz zwischen Index und Zielgröße, bei der sich das Gleichungssystem aus der partiellen Differenzierung nach b_i ergibt, in der die 1. Ableitungen Null gesetzt sind.

Die optimalen Gewichtungen stellen Partielle Regressionskoeffizienten dar. Sie dienen als Multiplikatoren in der Linearkombination

$$I = b_1P_1 + b_2P_2 + ... + b_nP_n$$

I	=	optimierter Index
b	=	Vektor der optimalen Gewichtungen
P	=	Phänotypen der Informationskriterien.

Als Gütekriterium des Selektionsindexes kann die Korrelation zwischen dem additiven Genotyp der Zielgröße und dem Index angesehen werden (r_{AI}). Die relative Überlegenheit des Indexes gegenüber der direkten Verwendung der Zielgröße als Selektionskriterium ergibt sich aus r_{AI} / h, weil h, die Wurzel aus der Heritabilität des Zielmerkmals, die Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp des Zielmerkmals darstellt. Der erreichbare Zuchtfortschritt bei Individualselektion ohne Zuchtwertschätzung ist den Größen r_{AI} bzw. h direkt proportional.

In einigen Fällen ist das Zielmerkmal eine Punktsumme und damit eigentlich ein Index mit der einheitlichen Gewichtung von 1 für jeden Summanden. Der Vergleich zum Selektionsindex ist damit auch ein Vergleich zu praktizierter gleicher Gewichtung.

Die Berechnung der Indexparameter wurde mit dem Programm SIP (Selection Index Program) durchgeführt (WAGENAAR et al., 1995).

4 ERGEBNISSE

4.1 Entwicklung der Population und der HD-Röntgendichte des Berger des Pyrénées in Deutschland

Die Population des Berger des Pyrénées in Deutschland besteht seit Ende der 70er Jahre, seit Ende der 80er Jahre stieg die Anzahl der eingetragenen Welpen kontinuierlich und betrug zwischen 1992 und 1995 etwa 100 Tiere pro Jahr, 1996 wurden 137 Welpen eingetragen. Die Röntgendichte erreicht seit dem Jahr 1991 über 50%. Die Abb. 14 stellt die Anzahl der geborenen und HD-geröntgten Tiere pro Jahr in Deutschland bis 1996 dar.

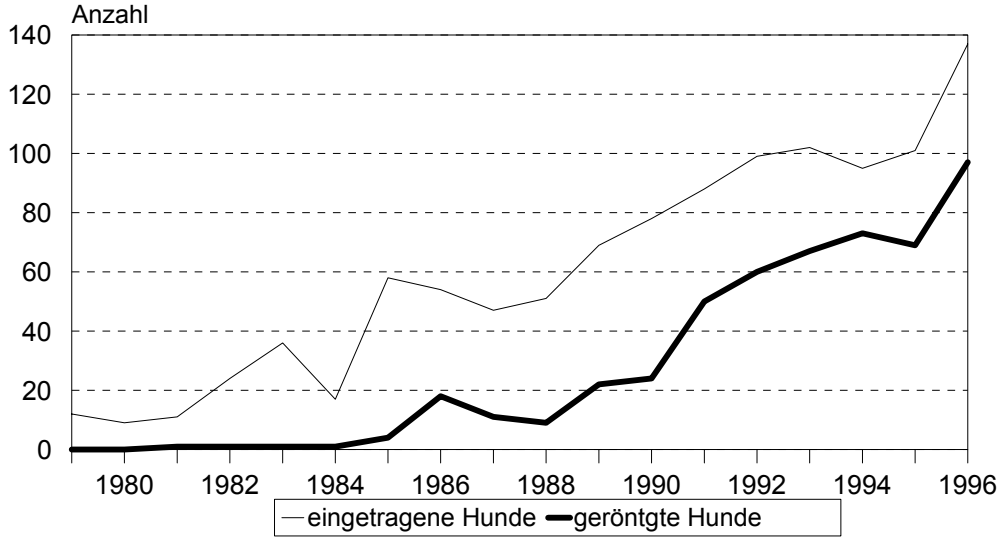


Abb. 14: Anzahl der jährlich neu eingetragenen und geröntgten Hunde der Rasse Berger des Pyrénées (CBP) im Zeitraum 1979 bis 1996

4.2 Röntgenalter

Es wurden 89% der Hunde mit 12 Monaten oder zwischen dem 12. und 18. Monat geröntgt, etwa 3% der Hunde sind vor dem Erreichen des 12. Lebensmonats geröntgt worden (Abb. 15). Die in höherem Alter geröntgten Tiere wurden häufig vor der allgemeinen Röntgenpflicht 1987 als Zuchthunde eingesetzt.

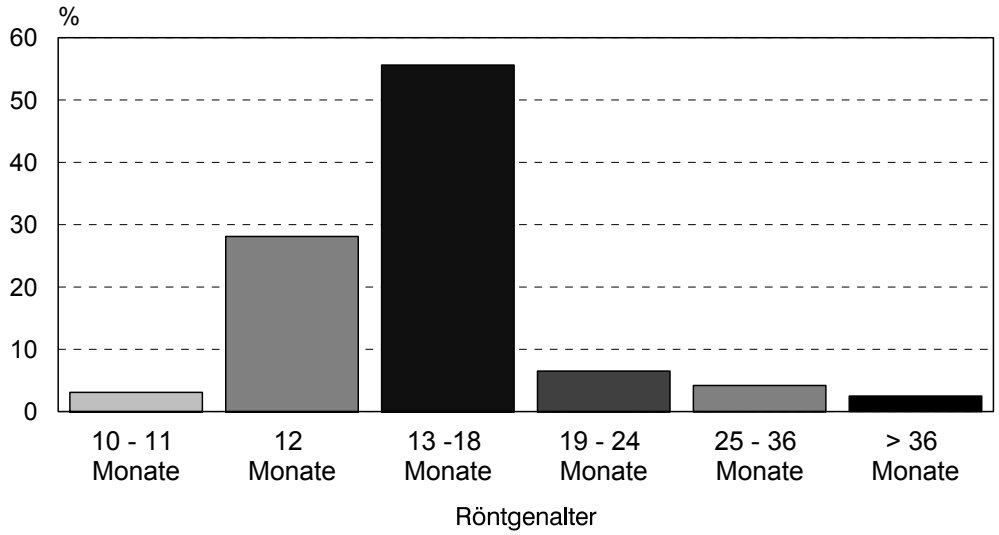


Abb. 15: Verteilung der Hunde nach dem Röntgenalter in %

4.3 Verteilungen

4.3.1 HD-Grade von Auswerter 1

Für die Untersuchungen über das gesamte Datenmaterial lagen 469 nach FCI ausgewertete Röntgenbilder vor, bis zum Jahr 1993 waren es 285 Auswertungen (Tab. 14). Im gesamten Datenmaterial gibt es mehr HD-freie Tiere und weniger Hunde mit Anzeichen der HD, als allein bei den älteren Jahrgängen bis 1993. Im Vergleich beider Gruppen ist es zu einem Zuchtfortschritt gekommen.

Tab. 14: Verteilung der HD-Grade in % in den Jahren 1984 - 1993 und 1984 – 1996 (FCI, Auswerter 1)

	Jahrgänge	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-Grad	1984 - 1993	30,9	33,3	20,4	10,5	4,9
HD-Grad	1984 - 1996	36,0	31,8	18,3	9,8	4,1

4.3.2 HD-Grade von Auswerter 2

Von den 287 vorliegenden Röntgenbildern aus den Jahren 1984 bis 1993 konnten 282 Bilder ausgewertet werden.

In 5 Fällen war die technische oder Lagerungsqualität der Röntgenbilder für eine sichere Auswertung nicht ausreichend. Auf einem Röntgenbild wurde am linken Hüftgelenk ein Trauma (wahrscheinlich eine alte Epiphysenfraktur) diagnostiziert, so dass dieses Gelenk nicht ausgewertet werden konnte.

Die Tab. 15 zeigt die Verteilung der HD-Grade beim rechten und linken Gelenk und den offiziellen HD-Grad der Hüfte, wobei immer das schlechtere Gelenk ausschlaggebend ist. Die Verteilung der HD-Grade des rechten und linken Gelenkes unterscheiden sich nur geringfügig, beim offiziellen HD-Grad verschieben sich die Häufigkeiten in Richtung HD-Befall. Insgesamt wurde bei 29,7% der Tiere radiologisch die Diagnose HD (HD-leicht, HD-mittel, HD-schwer) gestellt.

Tab. 15: Verteilung der HD-Grade in % (FCI, Auswerter 2)

HD-Grad	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-Grad rechts	47,9	28,4	13,5	7,4	2,8
HD-Grad links	45,2	28,1	15,7	7,1	3,9
offizieller HD-Grad	40,8	29,4	15,2	9,9	4,6

Die Summe der HD-Grade (Tab. 16) beider Hüftgelenke (rechts + links) streckt die Skala auf 2 bis 10. Über 50% der Hunde haben entweder zwei HD-freie Hüftgelenke oder ein HD-freies und ein HD-Übergang Gelenk, nur 2,1% der Hunde haben 2 Gelenke mit HD-schwer. Es kommt zu einer Ungleichmäßigkeit in der Häufigkeitsverteilung, da die ungeraden Klassen nur bei unterschiedlicher Auswertung der Gelenke besetzt werden und dies seltener vorkommt.

Tab. 16: Verteilung der Summe der HD-Grade beider Gelenke in % (FCI, Auswerter 2)

Summe der HD-Grade	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Häufigkeiten in %	40,8	9,3	21,4	6,4	9,3	5,3	3,9	1,4	2,1

Die Ungleichmäßigkeit der Häufigkeitsverteilung wird durch Tab. 17 verdeutlicht. Insgesamt wurden bei 74,4% der Hunde beide Hüftgelenke gleich ausgewertet und bei 25,6% der Tiere unterschiedlich. In 4,3% der Fälle beträgt der Unterschied zwischen rechtem und linkem Hüftgelenk zwei oder mehr HD-Grade.

Tab. 17: Vergleich der FCI-Auswertungen von linkem und rechtem Hüftgelenk in % (FCI, Auswerter 2)

F/F	F/Ü	F/L	F/M	F/S	**Ü/Ü**	Ü/L	Ü/M	Ü/S	**L/L**	L/M	L/S	**M/M**	M/S	**S/S**
40,9	9,3	1,4	0,7	0,0	**19,9**	5,7	1,1	0,4	**8,2**	5,0	0,7	**3,2**	1,4	**2,1**

F = HD-frei, Ü = HD-Übergang, L = HD-leicht, M = HD-mittel, S = HD-schwer
z.B.: F/L = rechtes Gelenk HD-frei, linkes Gelenk HD-leicht

4.3.3 Punktzahlen der Einzelkriterien der FCI-Auswertung

Für die Einzelkriterien lag entweder eine zwei-, drei- oder vierstufige Skala vor, wobei 0 Punkte immer ein gesundes Gelenk darstellen.

Neben der Bewertung der Kriterien für rechtes und linkes Gelenk (Tab. 18) ist die Summe der Bewertungen beider Gelenke aufgeführt (Tab. 19).

Tab. 18: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (FCI, Auswerter 2)

Detail Nr.	Kriterium	Gelenk	0	1	2	3
1	Gesamteindruck der Gelenkpfanne	rechts	81,2	13,1	5,7	
		links	81,1	11,0	7,8	
2	subchondrale Sklerose	rechts	64,9	30,5	4,6	
		links	67,6	28,1	4,3	
3	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes	rechts	82,3	14,2	3,5	
		links	83,6	11,7	4,6	
4	Auflagerungen am kraniolateraler Azetabulumrand	rechts	97,9	0,0	2,1	
		links	96,4	0,7	2,8	
5	kugelförmiger Kopf	rechts	93,3	6,7		
		links	92,5	7,5		
6	Oberschenkelkopf zu klein	rechts	99,3	0,4	0,4	
		links	99,3	0,4	0,4	
7	Oberschenkelkopf, Kragenbildung	rechts	89,7	6,4	3,9	
		links	86,5	8,9	4,6	
8	Deformation des Kopfes	rechts	94,3	2,8	2,8	
		links	93,2	2,8	3,9	
9	Sitz des Kopfes in der Pfanne	rechts	86,1	5,3	8,5	
		links	84,6	5,7	9,6	
10	Oberschenkelhals, schlank	rechts	84,8	15,2		
		links	84,7	15,3		
11	walzenförmiger Hals	rechts	84,8	9,2	6,0	
		links	84,7	7,5	7,8	
12	abgesetzter Oberschenkelhals	rechts	84,8	15,2		
		links	84,7	15,3		
13	Hals scharf/unscharf	rechts	94,7	2,8	2,5	
		links	95,4	1,8	2,8	
14	Auflagerungen am Hals	rechts	94,0	3,2	2,8	
		links	93,6	2,5	3,9	
15	Morganlinie	rechts	67,4	26,6	6,0	
		links	62,6	27,0	10,3	
16	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend	rechts	46,8	31,2	22,0	
		links	44,1	32,4	23,5	
17	Subluxation	rechts	34,8	41,5	23,8	
		links	26,7	45,9	27,4	
18	Norbergwinkel (NW)	rechts	57,8	30,5	8,2	3,5
		links	52,3	34,2	8,5	5,0

Bei den meisten Kriterien treten kaum Unterschiede zwischen rechtem und linkem Gelenk auf (Tab. 18). Anders ist dies bei der Morganlinie (15) und den beiden Subluxationskriterien

Subluxation (17) und dem NW (18). Hier kommt es zu erheblichen Abweichungen. Außerdem werden Abweichungen zwischen den Gelenken bei den Kriterien 2, 3 und 7 beobachtet.

Tab. 19: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (FCI, Auswerter 2)

Detail Nr.	Kriterium	0	1	2	3	4	5	6
1	Gesamteindruck der Gelenkpfanne	79,0	2,5	11,7	1,8	5,0		
2	subchondrale Sklerose	61,9	6,8	27,4	0,7	3,2		
3	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes	80,8	3,9	10,7	1,4	3,2		
4	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand	96,1	0,7	1,4	0,0	1,8		
5	kugelförmiger Kopf	91,1	3,6	5,3				
6	Oberschenkelkopf zu klein	98,9	0,0	1,1	0,0	0,0		
7	Kragenbildung Kopf	85,8	2,5	7,5	2,1	2,1		
8	Deformation des Kopfes	92,2	1,1	3,9	1,1	1,8		
9	Sitz des Kopfes in der Pfanne	81,8	2,5	7,9	2,1	5,7		
10	Oberschenkelhals, schlank	82,6	4,3	13,2				
11	walzenförmiger Hals	82,6	1,4	8,9	3,2	3,9		
12	abgesetzter Oberschenkelhals	82,6	4,3	13,2				
13	Hals scharf/unscharf	93,2	1,4	3,6	0,4	1,4		
14	Auflagerungen am Hals	91,8	1,1	5,0	0,4	1,8		
15	Morganlinie	57,7	11,7	22,1	3,6	5,0		
16	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend	38,1	10,3	25,3	11,7	14,6		
17	Subluxation	16,7	16,7	42,0	9,6	14,9		
18	Norbergwinkel (NW)	45,2	16,4	23,5	7,1	3,2	1,4	3,2

Die Kriterien schlanker Oberschenkelhals (10), abgesetzter Oberschenkelhals (12) und walzenförmiger Oberschenkelhals (11) sind identisch ausgewertet worden (Tab. 19). Aus diesem Grund beschränkten sich die weiteren Untersuchungen auf das am stärksten differenzierende Kriterium walzenförmiger Hals (11). Bei 17,4% der Hunde weicht das Kriterium (11) von der Norm ab.

Weiterhin gibt es große Unterschiede in der Häufigkeit der Abweichungen hin zu pathologischen Veränderungen. Bei einigen Arthrosekriterien kommen kaum Abweichungen von der Norm vor. Bei Kriterien hingegen, die morphologische Veränderungen des Gelenkes oder eine Subluxation bzw. lockeres Gelenk beschreiben, ist eine große Varianz zu erkennen.

Im Einzelnen stellen sich die Ergebnisse folgendermaßen dar (Tab. 19):

Die pathologische Veränderung zu kleiner Oberschenkelkopf (6) tritt beim Pyrenäenschäferhund nur in 1,1% der Fälle auf. Die Form der HD, bei der zu kleine Femurköpfe auftreten, gibt es hier

nicht. Der statistische Nutzen dieses Kriteriums ist durch das fast vollständige Fehlen einer Varianz nicht gegeben.

Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4) sind nur bei 3,9% der Tiere vorhanden. In unter 10% der Röntgenbilder kommen nicht kugelförmige Köpfe (5), Deformationen des Kopfes (8), unscharf konturierte Oberschenkelhälse (13) und Auflagerungen am Hals (14) vor. Eine Kragenbildung am Kopf (7) wird bei 14,2% der Röntgenbilder gefunden.

Diskrete Veränderungen durch einen abgeflachten kraniolateralen Azetabulumrand (3) treten schon bei 19,2% der Hunde auf, ein flacher Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1) wird bei 21,0% der Tiere gefunden, hierzu gesellt sich, dass bei 18,2% der Oberschenkelkopf lose in der Pfanne (9) sitzt.

Erste Hinweise bzw. Marker für Arthrosen werden bei 42,4% der Tiere durch die Morganlinie (15) und bei 38,1% durch eine subchondrale Sklerose (2) gefunden.

Häufig treten Veränderungen auf, die auf eine lockere Hüfte hinweisen. Der NW (18) ist in 54,8% kleiner als 105°, der Gelenkspalt bei 61,9% divergierend (16) und das Zentrum des Femurkopfes (Subluxation,17) befindet sich bei 83,3% nicht medial des dorsalen Azetabulumrandes.

4.3.4 Gesamtpunktzahl aller FCI-Kriterien

Die graphische Darstellung (Abb. 16) der Gesamtpunktzahl aller FCI-Kriterien der beiden Hüftgelenke eines Hundes (0 – 62 Punkte) zeigt eine ungleichmäßige Verteilung. Die meisten Fälle liegen im Bereich zwischen 0 - 15 Punkten, mit einer starken Häufung bei 2 Punkten. Nur 17,4% der Hunde erreichen Punktzahlen über 15, über 35 Punkte werden vereinzelt erreicht.

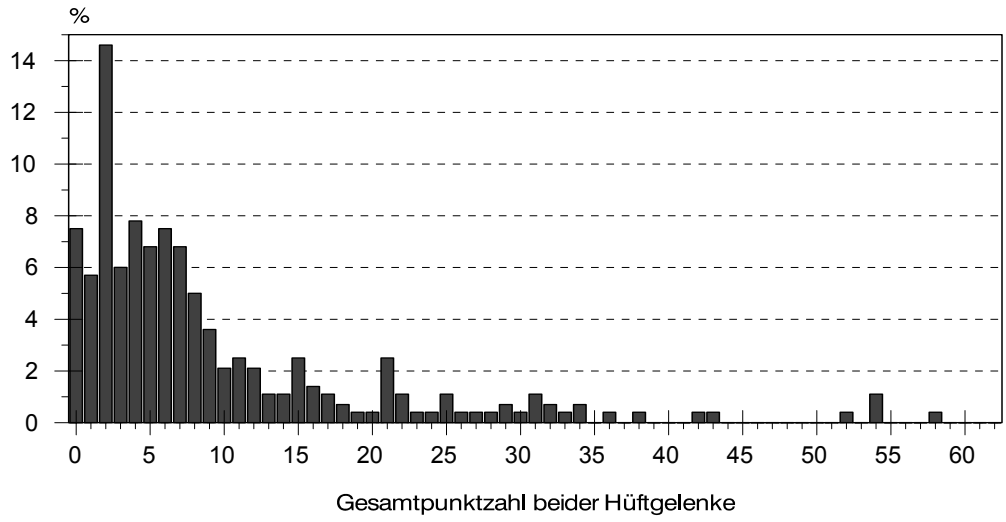


Abb. 16: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (FCI, Auswerter 2)

4.3.5 HD-Grade von Auswerter 3 (Schweiz)

Drei von 287 Röntgenbildern konnten nicht ausgewertet werden, so liegen bei jedem Einzelkriterium Ergebnisse von höchstens 284 Röntgenbildern vor.

Insbesondere die Beurteilung der Morganlinie (6) war bei weiteren Röntgenbildern durch nicht ausreichende Lagerung oder unzureichende technische Qualität nicht möglich, so dass bei diesem Kriterium 9 (links) bzw. 10 (rechts) Röntgenbilder nicht ausgewertet werden konnten.

Die Verteilung der HD-Grade ist in Tab. 20 dargestellt. 44,0% der Hunde zeigen radiologisch eine HD-Übergangsform, nur 17,3% sind HD-frei. In 38,7% der Fälle wurde HD (HD-leicht, HD-mittel, HD-schwer) diagnostiziert.

Tab. 20: Verteilung der HD-Grade in % (Schweiz, Auswerter 3)

HD-Grad	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-Grad rechts	18,7	48,2	26,8	4,9	1,4
HD-Grad links	18,7	48,6	23,6	6,3	2,8
offizieller HD-Grad	17,3	44,0	26,4	9,5	2,8

In Tab. 21 wird die Verteilung der Summe der HD-Grade beider Gelenke dargestellt.

Tab. 21: Verteilung der Summe der HD-Grade beider Gelenke in % (Schweiz, Auswerter 3)

Summe der HD-Grade	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Häufigkeiten in %	17,3	2,5	41,9	9,2	19,0	6,0	2,5	0,4	1,4

Auffallend sind auch hier die Unterschiede zwischen geraden und ungeraden Zahlen der Skala, erklären lässt sich dies durch die gleichen und unterschiedlichen Auswertungen der Gelenke innerhalb eines Hundes wie es Tab. 22 zeigt.

Tab. 22: Vergleich der FCI-Auswertungen von linkem und rechtem Hüftgelenk in % (Schweiz, Auswerter 3)

F/F	F/Ü	F/L	F/M	F/S	**Ü/Ü**	Ü/L	Ü/M	Ü/S	**L/L**	L/M	L/S	**M/M**	M/S	**S/S**
17,3	2,5	0,4	0,0	0,0	**41,5**	9,2	2,1	0,0	**16,9**	6,0	1,1	**1,4**	0,4	**1,4**

F = HD-frei, Ü = HD-Übergang, L = HD-leicht, M = HD-mittel, S = HD-schwer
z.B.: F/L = rechtes Gelenk HD-frei, linkes Gelenk HD-leicht

Bei der Schweizer Methode wurden bei 78,5% der Hunde beide Hüftgelenke gleich ausgewertet, bei 21,5% unterschiedlich. In 3,6% der Fälle sind die Unterschiede 2 Grad oder mehr. Vergleichsweise häufig treten mit 6% unterschiedliche Auswertungen zwischen leichter und mittlerer HD auf.

4.3.6 Punktzahlen der Einzelkriterien der Schweizer Auswertung

Die Tab. 23 zeigt die Punktverteilung der sechs Kriterien der Schweizer HD-Auswertung, aufgeteilt in rechtes und linkes Gelenk. Die darauffolgende Tab. 24 stellt die Summe von rechtem und linkem Gelenk für die Einzelkriterien dar.

Tab. 23: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (Schweiz, Auswerter 3)

Detail Nr.	Kriterium	Gelenk	0	1	2	3	4	5
1	Norbergwinkel (NW)	rechts	14,1	34,2	20,4	23,6	5,6	2,1
		links	13,4	40,8	18,0	20,8	3,5	3,5
2	Subluxation	rechts	11,7	26,1	35,7	25,1	0,7	0,7
		links	10,2	27,9	35,7	23,3	2,1	0,7
3	kraniolateraler Azetabulumrand	rechts	24,4	48,1	24,7	1,8	0,7	0,4
		links	23,0	51,6	18,0	5,7	1,4	0,4
4	subchondraler Knochen	rechts	58,2	22,7	18,1	0,4	0,4	0,4
		links	54,3	23,8	19,9	1,4	0,4	0,4
5	Femurkopf u. -hals	rechts	84,8	12,4	0,7	1,1	0,7	0,4
		links	83,0	11,0	2,8	1,8	1,1	0,4
6	Morganlinie	rechts	82,7	4,3	10,5	1,8	0,0	0,7
		links	77,7	5,8	11,2	4,7	0,0	0,7

Bei allen Kriterien treten unterschiedliche Ergebnisse zwischen rechtem und linkem Gelenk auf. Der NW (1) und die Morganlinie (6) zeigen, wie auch schon bei der FCI-Auswertung, häufiger Unterschiede zwischen rechten und linkem Gelenk. Auch beim kraniolateralen Azetabulumrand (3) wurden die Gelenke häufig verschieden ausgewertet.

Tab. 24: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (Schweiz, Auswerter 3)

Detail Nr.	Kriterium	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Norbergwinkel (NW)	10,2	6,7	28,9	7,0	16,5	4,9	17,3	2,8	2,5	1,4	1,8
2	Subluxation	8,8	3,5	21,2	6,4	29,3	11,7	16,6	1,1	0,7	0,0	0,7
3	kraniolateraler Azetabulumrand	20,1	6,0	43,5	7,8	15,2	4,9	1,4	0,0	0,7	0,0	0,4
4	subchondraler Knochen	52,5	3,9	20,2	8,9	12,4	1,4	0,0	0,0	0,4	0,0	0,4
5	Femurkopf u. -hals	79,5	4,9	10,6	2,8	0,0	0,7	0,4	0,0	0,7	0,0	0,4
6	Morganlinie	75,0	2,9	9,1	2,2	6,2	2,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,7

Tab. 24 zeigt, dass nur etwa 10% der Hunde keine Veränderungen beim NW (1) und bei der Erfassung der Subluxation (2) haben, mehr als die Hälfte der Tiere erreichen bei diesen beiden Kriterien mehr als 2 Punkte.

Nur bei 20% der Röntgenbilder wurden keine Veränderungen am kraniolateralen Azetabulumrand (3) gefunden, aber auch nur 30% haben Veränderungen, die mit mehr als 2 Punkten bewertet wurden. Das Kriterium subchondraler Knochen (4) hat zu über 50% keine Veränderungen, größere Veränderungen mit über 2 Punkten kommen in knapp 25% der Fälle vor. Die Arthrosekriterien Femurkopf und –hals (5) und die Morganlinie (6) zeigen nur in 20 - 25% der Fälle Veränderungen. Starke Veränderungen, die mit über 2 Punkten bewertet wurden, zeigen sich bei Kriterium 5 in 5% und bei Kriterium 6 in etwa 12% der Fälle.

In Tab. 25 ist die Verteilung des in Grad gemessenen NW für das rechte und linke Hüftgelenk angegeben. Die Messungen liegen meist nur auf 10° genau vor.

Tab. 25: Prozentuale Verteilung der Norbergwinkelmessung in Grad (Schweiz, Auswerter 3)

Norbergwinkel (NW) in °	Gelenk	70°	80°	90°	95°	100°	105°
%	rechts	2,1	6,0	26,5	0,0	48,8	16,6
%	links	3,5	3,5	21,9	0,4	55,1	15,5

Der Berger des Pyrénées erreicht nur in etwa 16% der Fälle einen NW von 105° oder darüber, etwa die Hälfte der Tiere haben einen durchschnittlichen NW von 100°, etwa 25% der Hunde erreicht nur 90°.

Durch die Addition beider NW wurde ein Gesamtnorbergwinkel für beide Gelenke gebildet. Insgesamt wurden bei 71% der Tiere die NW beider Seiten identisch ausgewertet. Die Häufigkeitsverteilung des Gesamtnorbergwinkel ist in Tab. 26 dargestellt.

Tab. 26: Prozentuale Verteilung der Norbergwinkelmessung in Grad, Summe beider Gelenke (Schweiz, Auswerter 3)

Norbergwinkel (NW) in °	140°	150°	160°	170°	180°	190°	195°	200°	205°	210°
%	1,8	1,4	2,8	2,5	18,0	11,7	0,7	39,6	11,3	10,2

Die Summe der NW beider Gelenke zeigt, dass nur 10,2% der Hunde auf beiden Seiten einen NW von 105° oder mehr erreichen. Bei 81,3% der Röntgenbilder werden NW von 180° bis 205° pro Hund erreicht. Einen Gesamtwinkel von 195° hatten nur 2 Tiere. Ein Hund hatte Hüftgelenke mit 95° und 100°, ein weiterer Hund Winkel von 90° und 105°.

4.3.7 Gesamtpunktzahl aller Schweizer Kriterien

Im Gegensatz zum englischen Hipscore ist es bei der Schweizer Methode nicht üblich, die Ergebnisse beider Gelenke zu addieren. Um aber die Vergleichbarkeit mit der englischen Methode zu verbessern, wurde hier die Möglichkeit einer Gesamtpunktzahl für beide Gelenke (0 – 60 Punkte) genutzt.

Die Abb. 17 stellt die Häufigkeiten der einzelnen Punktzahlen dar. Die zu beobachtenden starken Schwankungen zwischen nebeneinanderliegenden Punkten kommen durch die häufigere gleiche Auswertung beider Gelenke und der daraus folgenden Benachteiligung ungerader Punktzahlen zustande. Trotzdem ist eine zweigipflige Verteilungskurve zu erkennen, die bei 4 und 10 Punkten ihre Höhepunkte erreicht und danach langsam ausläuft. 26,0% der Hunde erreichen mehr als 15 Punkte, mehr als 30 Punkte werden nur vereinzelt erreicht.

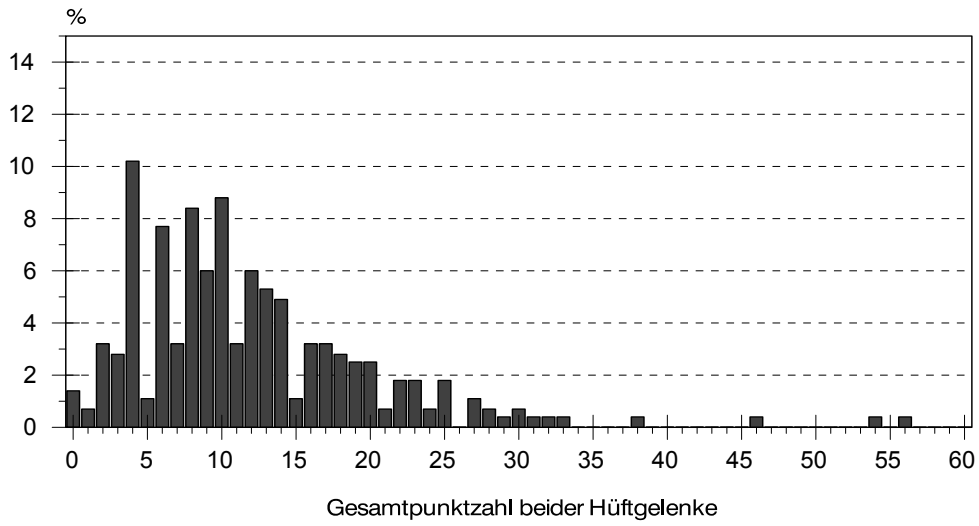


Abb. 17: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (Schweiz, Auswerter 3)

4.3.8 Punktzahlen der Einzelkriterien der Hipscore Auswertung (Auswerter 4)

Alle 287 Röntgenbilder wurden nach dem Hipscore ausgewertet, nur Einzelkriterien konnten in wenigen Fällen nicht beurteilt werden.
Die Tab. 27 stellt die Punktzahl der Einzelkriterien nach Gelenken getrennt dar. Die Skala umfasst 0 - 6 Punkte (Ausnahme Kriterium 7, hier nur 0 - 5 Punkte). Die darauffolgende Tab. 28 stellt die Summe der Punktzahlen beider Gelenke für die Einzelkriterien (0 – 12 Punkte) dar.

Tab. 27: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien in % (Hipscore, Auswerter 4)

Detail Nr.	Kriterium	Gelenk	0	1	2	3	4	5	6
1	Norbergwinkel (NW)	rechts	17,8	36,9	25,4	11,1	3,8	1,4	3,5
		links	12,2	31,4	31,0	16,0	3,8	1,7	3,8
2	Subluxation	rechts	2,1	30,0	45,6	18,5	3,1	0,0	0,7
		links	2,1	20,9	48,1	23,0	4,5	0,7	0,7
3	kraniale Azetabulumkontur	rechts	2,8	27,5	58,5	7,3	2,1	1,0	0,7
		links	2,4	24,4	61,7	6,3	3,1	1,4	0,7
4	dorsaler Azetabulumrand	rechts	83,5	9,8	3,5	0,7	1,1	0,7	0,7
		links	84,3	7,3	3,8	2,1	1,0	0,7	0,7
5	kraniolateraler Azetabulumrand	rechts	67,6	16,7	10,1	2,8	1,7	0,3	0,7
		links	66,2	17,8	9,8	4,2	1,0	0,3	0,7
6	Fossa azetabuli	rechts	87,7	4,6	4,6	2,1	0,4	0,0	0,7
		links	89,1	4,2	2,8	2,1	0,7	0,4	0,7
7	kaudaler Azetabulumrand	rechts	87,1	7,0	3,8	1,0	0,3	0,7	
		links	90,9	6,3	1,1	0,0	1,1	0,7	
8	Exostosen Femurkopf u. –hals	rechts	87,8	8,4	1,4	1,0	1,0	0,0	0,3
		links	84,7	10,1	2,4	1,7	0,7	0,0	0,3
9	Deformation Femurkopf	rechts	94,4	2,5	2,1	0,0	0,7	0,4	0,0
		links	94,7	1,1	2,1	0,7	1,1	0,0	0,4

Der NW (1), wie auch schon bei der FCI-Auswertung und der Schweizer Auswertung, und die Subluxation (2), wie auch schon bei der FCI-Auswertung, zeigen häufiger Unterschiede zwischen rechten und linkem Gelenk. Außerdem zeigen sich vergleichsweise häufig Unterschiede bei den Arthrosekriterien 7, 8 und 9.

Tab. 28: Punktzahlverteilung der Einzelkriterien, Summe beider Gelenke in % (Hipscore, Auswerter 4)

Detail Nr.	Kriterium	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Norbergwinkel (NW)	6,6	13,6	19,5	16,7	17,1	8,0	8,4	2,8	2,4	1,4	0,3	1,0	2,1
2	Subluxation	0,3	1,7	10,8	19,5	39,0	15,3	8,0	2,4	1,7	0,3	0,0	0,0	0,7
3	kraniale Azetabulumkontur	2,1	1,0	20,2	10,1	54,0	2,1	4,9	2,1	1,4	1,0	0,3	0,0	0,7
4	dorsaler Azetabulumrand	80,0	6,0	4,9	3,2	2,1	0,7	1,1	0,4	0,0	0,7	0,4	0,0	0,7
5	kraniolateraler Azetabulumrand	63,1	6,6	11,8	5,6	6,3	1,0	3,1	1,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,7
6	Fossa azetabuli	85,6	3,5	2,8	2,5	2,5	0,4	1,4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7
7	kaudaler Azetabulumrand	86,0	4,6	4,9	1,8	0,7	0,4	0,4	0,7	0,0	0,0	0,7		
8	Exostosen Femurkopf u. –hals	82,9	4,9	5,9	3,1	1,0	0,7	0,3	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3
9	Deformation Femurkopf	92,6	2,1	1,8	1,1	0,7	0,4	0,4	0,0	0,7	0,0	0,4	0,0	0,0

Der NW (1), die Subluxation (2) und Veränderungen am kranialen Azetabulumrand (3) zeigen bei 93,4 - 99,7% der Hunde Abweichungen vom optimalen Gelenk (Tab. 28). Bei 60% der Tiere erreicht der NW (1) mehr als 2 Punkte, beim kranialen Azetabulumrand (3) sind es 77% und beim Subluxationskriterium (2) sogar 87%.

Im Gegensatz dazu sind bei den übrigen Kriterien Veränderungen, die durch mehr als 2 Punkte beschrieben werden, in unter 10% der Fälle zu finden. Diese Kriterien beschreiben hauptsächlich Arthrosen. Eine Ausnahme macht hier der kraniolaterale Azetabulumrand (5), der Veränderungen über 2 Punkten bei 19% der Röntgenbilder erreicht

Die Höchstpunktzahl von 12 Punkten für ein Kriterium wird sehr selten erreicht. Am Häufigsten ist es noch beim NW (1) mit 2,1% der Hunde.

4.3.9 Gesamtpunktzahl aller Hipscore-Kriterien

Die Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (0 – 106 Punkte) ist in Abb. 18 dargestellt. Die Verteilung der Gesamtpunktzahl zeigt nahezu eine Normalverteilung im Bereich 0 - 20 Punkten, wobei bis 45 Punkten einige, bis 104 Punkte vereinzelt Fälle auftreten. In 23,5% der Fälle werden mehr als 15 Punkte erreicht, bei 13,8% mehr als 20 Punkte.

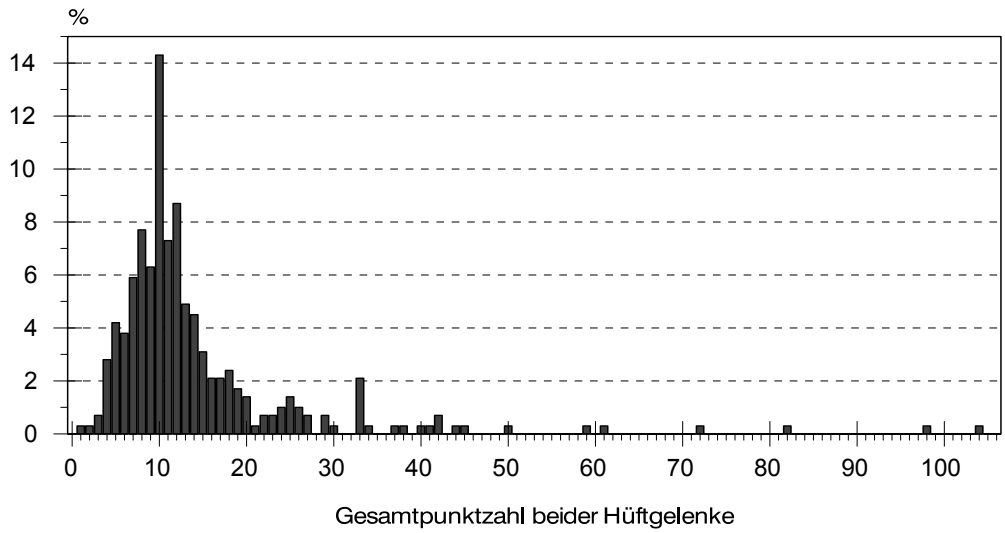


Abb. 18: Verteilung der Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke (Hipscore, Auswerter 4)

4.4 Verteilung der Norbergwinkel-Messungen (Ausmesser 5 und 6)

Alle 471 Röntgenbilder konnten von Ausmesser 5 und 6 vermessen werden.
Die Ähnlichkeiten zwischen den NW Messungen des rechten und linken Hüftgelenkes eines Hundes wurden mittels Korrelationen in Kapitel 4.7.3 verglichen.
Die Messung der NW wurde an beiden Gelenken vorgenommen und die Winkelgrade beider Seiten addiert. Die Häufigkeiten der Winkelgrade beider Hüftgelenke sind normalverteilt und die Verteilungen in der Abb. 19 dargestellt. Die Messungen liegen zwischen den festgelegten 140° als Minimum und 217° bzw. 218° als Maximum, der durchschnittliche NW beträgt 192,9° (SD: 12,6) bei Ausmesser 5 bzw. 195,2° (SD: 10,8) bei Ausmesser 6. Sowohl bei Auswerter 5 als auch 6 liegen 92,8% der NW zwischen 170° und 210°. Ausmesser 5 misst seltener NW zwischen 170° und 180°, er hat sein Häufigkeitsmaximum mit 6,8% bei 197°, bei Ausmesser 6 liegt die größte Häufigkeit bei 200° mit 5,9%.

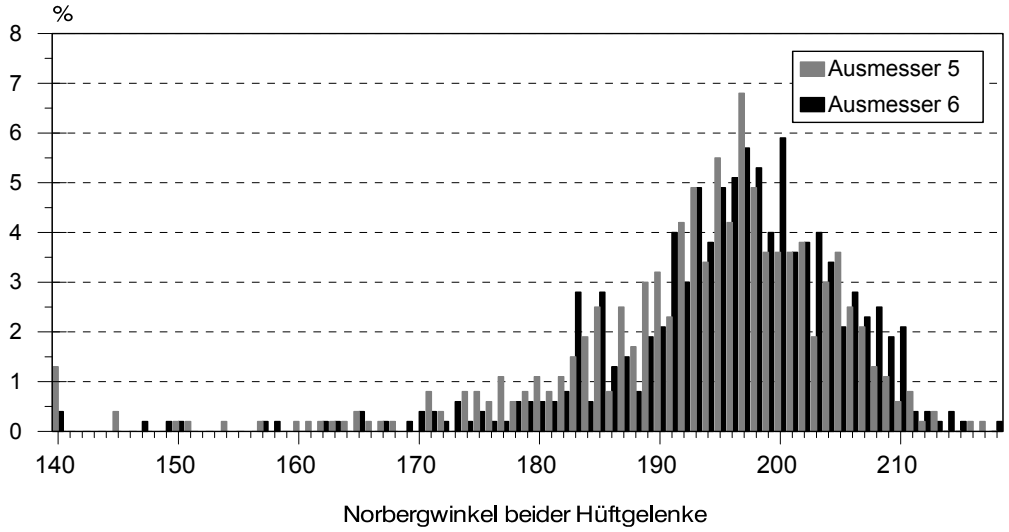


Abb. 19: Verteilung der Norbergwinkel beider Hüftgelenke in % (Ausmesser 5 und 6)

4.5 Gegenüberstellung der HD-Grade untereinander und mit dem Hipscore

4.5.1 Vergleich der HD-Grade untereinander

Die Tab. 29 zeigt, dass es zwischen den drei Auswertungen Unterschiede im Beurteilungsniveau von 0,28 HD-Graden gibt. Die HD-Grade sind hierbei mit 1 (HD-frei) bis 5 (HD-schwer) skaliert. Die Auswertung nach der Schweizer Methode erreicht den höchsten durchschnittlichen HD-Grad, die FCI-Auswertung von Auswerter 2 den niedrigsten.

Tab. 29: Durchschnittlicher HD-Grad bei Auswerter 1 (FCI), 2 (FCI) und 3 (Schweiz)

Auswerter	durchschnittlicher HD-Grad
1 (offizielle Ausw./FCI)	2,25
2 (FCI)	2,08
3 (Schweiz)	2,36

Wie aus Abb. 20 hervorgeht liegen die Unterschiede zwischen den Auswertern insbesondere bei HD-frei bis HD-leicht, während bei HD-mittel und HD-schwer größere Übereinstimmung herrscht.

So liegt die Häufigkeit der Auswertung bei HD-frei zwischen 17,3% und 40,9%, bei HD-Übergang zwischen 29,4% und 44,0% und bei HD-leicht zwischen 15,2% und 26,4%, während bei HD-mittel die Häufigkeiten zwischen 9,5% und 10,5% und bei HD-schwer zwischen 2,8% und 4,9% liegen.

Auswerter 1 beurteilt HD-frei (30,9%) und HD-Übergang (33,3%) fast gleich häufig, Auswerter 2 bewertet viel häufiger HD-frei (40,8%) als HD-Übergang (29,4%). Umgekehrt sieht dies bei Auswerter 3 aus, der nur 17,3% der Tiere als HD-frei bewertet, aber 44,0% als HD-Übergang. Es werden zwischen 61,3% (Auswerter 3) und 70,2% (Auswerter 2) der Hunde mit HD-frei oder HD-Übergang beurteilt.

Als HD-leicht werden 26,4% der Tiere von Auswerter 3 beurteilt, aber nur 15,2% von Auswerter 2. Wiederum werden HD-mittel und HD-schwer von Auswerter 3 seltener als von Auswerter 1 und 2 diagnostiziert.

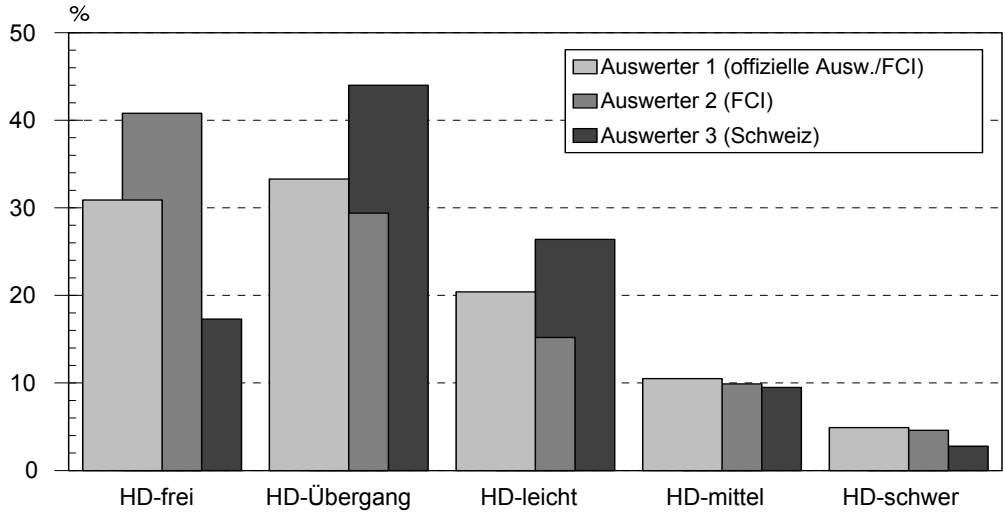


Abb. 20: Vergleich der HD-Grade von Auswerter 1 (offizielle Ausw./FCI), 2 (FCI) und 3 (Schweiz) in %

Die Kreuztabellen (Tab. 30 bis Tab. 32) zwischen den Auswertern verdeutlichen sowohl die Übereinstimmungen als auch die Abweichungen in den Beurteilungen. Jede Tabelle stellt in der Diagonalen (grau unterlegt) dar, wie viele Hunde von den jeweiligen Auswertern gleich beurteilt worden sind. Abweichungen von der Diagonalen stellen auch Abweichungen bei den Beurteilungen dar.

Von Auswerter 1 HD-leicht beurteilte Hunde werden von Auswerter 2 und 3 zwischen HD-frei und HD-mittel beurteilt. Von Auswerter 2 HD-Übergang beurteilte Hunde beurteilt Auswerter 3 zwischen HD-frei und HD-mittel.

Der beobachtete Niveauunterschied in den Auswertungen zwischen Auswerter 1 und 2 lässt sich an Tab. 30 nachvollziehen. Die härteren Beurteilungen von Auswerter 1 hin zu HD-Übergang und HD-leicht machen sich als fehlende Übereinstimmungen bemerkbar. In 60,7% der Fälle stimmen die Auswertungen genau überein, in 35,7% weichen sie um einen HD-Grad voneinander ab und in 3,6% der Fälle um 2 HD-Grade.

Tab. 30: Übereinstimmung von Auswerter 1 (FCI) und Auswerter 2 (FCI) in %

	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-frei	**26,4**	5,0			
HD-Übergang	11,8	**17,1**	3,9		
HD-leicht	2,9	6,4	**7,9**	2,9	
HD-mittel		0,7	3,6	**5,7**	0,7
HD-schwer				1,4	**3,6**

Auswerter 1 = Zeilen, Auswerter 2 = Spalten

Die Kreuztabelle (Tab. 31) zwischen Auswerter 1 und 3 verdeutlicht die unterschiedlichen Beurteilungen bei HD-frei und HD-Übergang einerseits und HD-mittel und HD-schwer andererseits. Die Auswertungen stimmen in 50,0% der Fälle genau überein, bei 45,7% unterscheiden sich die Beurteilungen um einen HD-Grad, in 4,3% um 2 HD-Grade.

Tab. 31: Übereinstimmung von Auswerter 1 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) in %

	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-frei	**12,4**	16,0	2,5		
HD-Übergang	3,2	**20,7**	9,2		
HD-leicht	1,8	7,4	**9,9**	1,4	
HD-mittel			5,0	**5,0**	0,7
HD-schwer				2,8	**2,1**

Auswerter 1 = Zeilen, Auswerter 3 = Spalten

Die Unterschiede zwischen Auswerter 2 und 3 (Tab. 32) liegen in der unterschiedlichen Bewertung von HD-frei bzw. HD-Übergang. Die beiden Auswertungen stimmen zu 51,1% überein, in 46,0% weichen sie um einen HD-Grad voneinander ab und in 2,9% der Fälle um 2 HD-Grade.

Tab. 32: Übereinstimmung von Auswerter 2 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) in %

	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
HD-frei	**15,4**	22,9	2,5		
HD-Übergang	2,1	**17,1**	9,6	0,4	
HD-leicht		3,6	**10,4**	1,4	
HD-mittel			3,9	**5,7**	0,4
HD-schwer				2,1	**2,5**

Auswerter 2 = Zeilen, Auswerter 3 = Spalten

4.5.2 Vergleich der HD-Grade mit Übertragungen der Hipscore Gesamtpunktzahl in HD-Grade

Es wurden die zwei Übertragungsschlüssel von CLAYTON JONES und REIBEL zur Übertragung von der Hipscore-Gesamtpunktzahl zum HD-Grad genutzt. In den zwei Graphiken (Abb. 21 und Abb. 22) sind vergleichend die Ergebnisse von Auswerter 1, 2, 3 und Auswerter 4 (Hipscore) dargestellt.

Bei der Übertragung nach Clayton Jones (Abb. 21) wird mit 64,5% sehr häufig HD-Übergang beurteilt, mit HD-frei werden nur 9,8% beurteilt. HD-leicht wird mit 16,7% ähnlich häufig wie bei Auswerter 1, 2 und 3 vergeben. Die HD-Grade mittel und schwer sind bei diesem Übertragungsschlüssel zusammengefasst und werden im Vergleich bei Auswerter 4 mit 9,1% am Seltensten beurteilt.

Unter Zugrundelegung des Übertragungsschlüssel von Reibel ergaben sich folgende Ergebnisse (Abb. 22): Die HD-Grade frei und Übergang werden tendenziell wie von Auswerter 3 (Schweiz) ausgewertet. HD-leicht liegt in der Auswertungshäufigkeit zwischen Auswerter 1 und 2 (FCI), HD-mittel (12,5%) und HD-schwer (5,9%) sind häufiger als bei den Auswertern 1, 2 und 3 beurteilt.

Bei der Übertragung nach Clayton Jones wurden 74,3% der Tiere mit HD-frei oder HD-Übergang beurteilt, bei Reibel waren dies 62,4% der Hunde. Nach Reibel werden 18,4% der Röntgenbilder als HD-mittel oder schwer ausgewertet, bei Clayton Jones nur 9,1%.

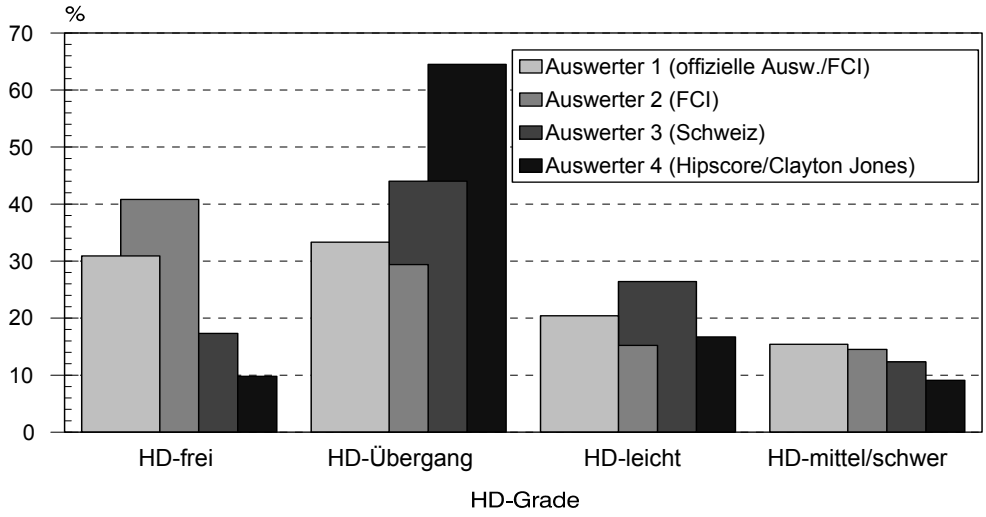


Abb. 21: Vergleich der HD-Grade (Auswerter 1, 2, 3) mit der Hipscore-FCI-Übertragung nach CLAYTON JONES (Auswerter 4)

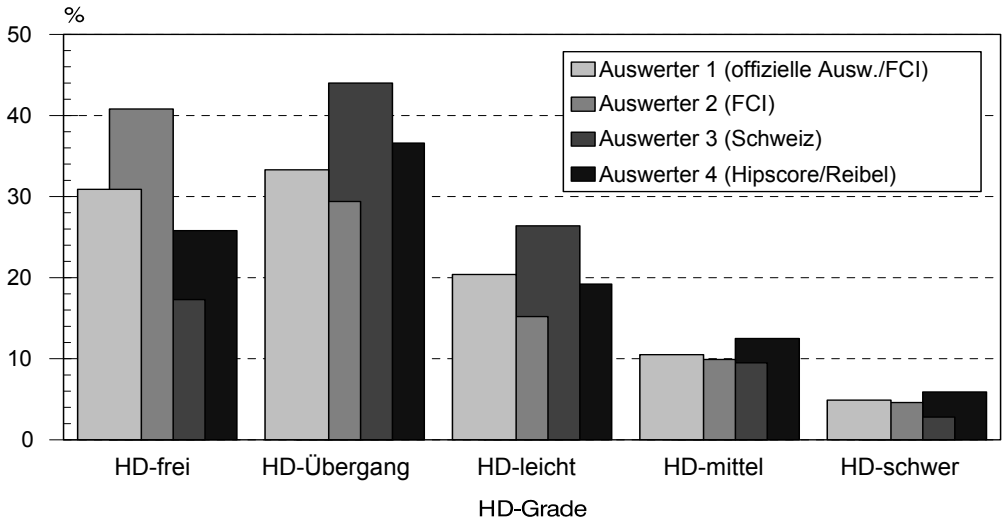


Abb. 22: Vergleich der HD-Grade (Auswerter 1, 2, 3) mit der Hipscore-FCI-Übertragung nach REIBEL (Auswerter 4)

4.5.3 Verteilung der Hipscore-Punkte auf die HD-Grade

Im Folgenden werden die HD-Grade von Auswerter 2 mit der Punktzahl des schlechteren Gelenkes und der Gesamtpunktzahl (Tab. 33) des Hipscore verglichen. Die im Text erwähnten Ergebnisse für die Punktzahl beider Gelenke (Gesamtpunktzahl) stehen in Klammern. Sie liegen bei Importtieren aus dem Vereinigten Königreich meist allein vor.

Es zeigt sich, dass die Mittelwerte der Punktzahlen von einem zum anderen HD-Grad erheblich steigen. Die Steigerung zwischen HD-frei und HD-Übergang liegt bei 1,97 Punkten bzw. 42,5% (3,55 Punkte = 43,8%), die Steigerung zwischen HD-Übergang und HD-leicht bei 2,69 Punkten bzw. 40,7% (4,77 Punkte = 40,9%). Die Steigerungen zwischen HD-leicht und HD-mittel liegen mit 7,56 Punkten bzw. 81,3% (12,62 Punkte = 76,9%) und zwischen HD-mittel und HD-schwer mit 15,99 Punkten bzw. 94,8% (28,50 Punkte = 98,1%) etwa doppelt so hoch.

Die Punktzahlen sind einem HD-Grad nicht direkt zuzuordnen. Es kommt zu Überlappungen (Tab. 33, Abb. 23 und Abb. 24). Dies sind zwischen HD-frei und HD-Übergang 7 (12) Punkte, zwischen HD-Übergang und HD-leicht 13 (17) Punkte, zwischen HD-leicht und HD-mittel 14 (21) Punkte, aber zwischen HD-mittel und HD-schwer nur 6 (18) Punkte.

Tab. 33: Mittelwerte, Standardabweichung und Minimum/Maximum der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes und der Gesamtpunktzahl zu den HD-Graden (Auswerter 2)

HD-Grade Auswerter 2	Mittelwert		Standardabweichung (SD)		Minimum/Maximum	
	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl
HD-frei	4,64	8,10	1,48	2,64	1/8	1/14
HD-Übergang	6,61	11,65	2,04	3,24	2/17	3/24
HD-leicht	9,30	16,42	3,08	5,23	5/22	8/37
HD-mittel	16,86	29,04	4,95	8,06	9/26	17/50
HD-schwer	32,85	57,54	10,44	24,46	21/52	33/104

In den Flächendiagrammen (Abb. 23 und Abb. 24) werden die Anzahl der Fälle je Punktzahl dargestellt und die fünf HD-Grade durch verschiedene Grautöne voneinander abgehoben. Die Überlappungen zwischen den HD-Graden wird durch die Abbildungen offensichtlich. Der Vergleich der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes mit den HD-Graden (Abb. 23) zeigt, dass 6 Punkte ähnlich häufig als HD-frei und HD-Übergang bewertet wurden und 11 Punkte gleich häufig als HD-Übergang und HD-leicht. Der Vergleich der Hipscore Gesamtpunktzahl mit den HD-Graden zeigt ähnliche Ergebnisse (Abb. 24).

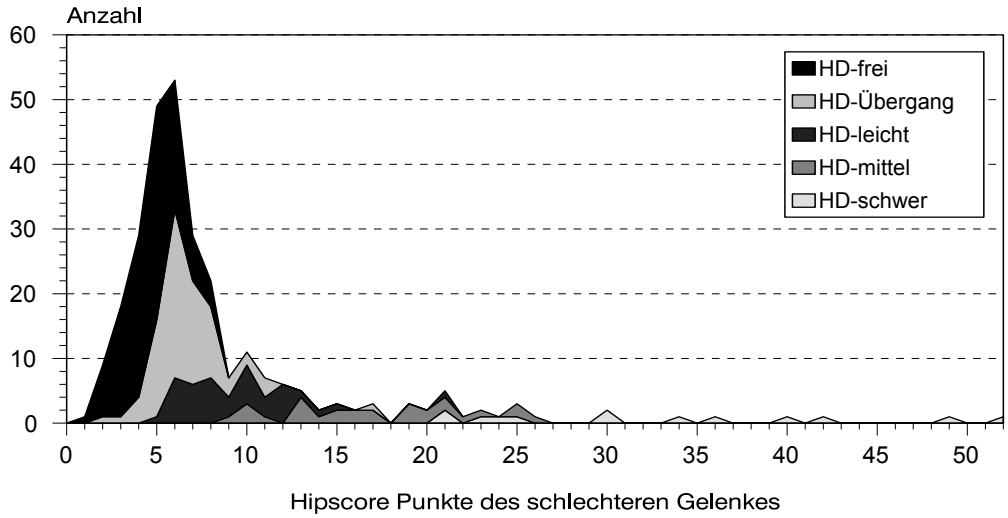


Abb. 23: Verteilung der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade des Auswerters 2 (FCI)

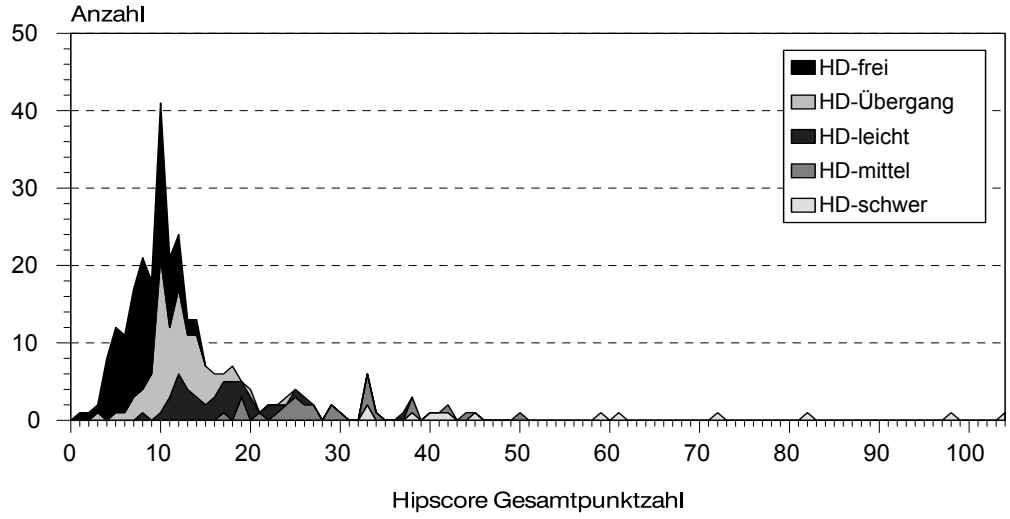


Abb. 24: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl auf die HD-Grade des Auswerters 2 (FCI)

In Anlage 9.5 (Tab. 63) ist die Verteilung der Punktzahl des schlechteren Gelenkes und der Hipscoregesamtpunktzahl zu den HD-Graden des Auswerters 2 dargestellt.
Der Vergleich mit Auswerter 3 (Schweiz) zeigt ähnliche Unterschiede. Die Überlappung zwischen HD-mittel und HD-schwer liegt aber bei 21 (40) Punkten, zwischen HD-leicht und HD-mittel kommt es zu einer Steigerung des Mittelwerts um 116,7% (104,6%). Die Tabellen und Graphiken sind in Anlage 9.5 (Tab. 64,Tab. 65, Abb. 25, Abb. 26) aufgeführt.

4.6 Besitzerbefragung: Vergleich der Endergebnisse (Auswerter 1-4) mit Fällen klinischer Symptome

Aufgrund des Rücklaufs der Besitzerbefragung liegen von den geröntgten Hunden der Jahrgänge 1984 bis 1993 (n = 287) bei 51% (n = 147) der Tiere eine Information über die HD-Gesundheit vor. Von den Auswertern liegen Informationen über 146 bzw. 147 dieser Tieren vor. Die Hunde waren zum Zeitpunkt der Befragung mindestens 6 Jahre alt.
Bei 14 Hunden sind Lahmheiten aufgrund HD aufgetreten, das heißt 9,5% der Hunde leiden unter HD.
Der Vergleich der HD-Ergebnisse zwischen Hunden mit und ohne klinischen Symptomen zeigt deutliche Unterschiede. Hunde mit klinischen Symptomen haben im Durchschnitt radiologisch nachweisbar schlechtere Hüften (Tab. 34). Der Unterschied der Mittelwerte der HD-Ergebnisse von Tieren mit und ohne klinische Symptome liegt bei Auswerter 1 und 2 bei 2,2 HD-Graden und bei Auswerter 3 bei 1,8 HD-Graden.

Tab. 34: HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 im Vergleich mit klinischen Symptomen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum/Maximum)

	Auswerter 1, FCI			Auswerter 2, FCI			Auswerter 3, Schweiz		
	Mittel-wert	SD	Min./ Max.	Mittel-wert	SD	Min./ Max.	Mittel-wert	SD	Min./ Max.
keine klinischen Symptome	1,88	0,89	1/4	1,68	0,86	1/4	2,13	0,78	1/4
klinische Symptome	4,08	0,95	2/5	3,86	1,10	2/5	3,92	0,76	3/5

Skala: 1 (HD-frei) – 5 (HD-schwer), SD = Standardabweichung

Aus der Tab. 35 wird deutlich, dass alle Hunde mit HD-frei unabhängig vom Auswerter im Rahmen der Besitzerbefragung keine klinischen Symptome zeigen, während in allen Fällen mit

HD-schwer klinische Symptome beobachtet werden. Führt HD-Übergang und HD-leicht nur in Einzelfällen zu klinischen Symptomen, kommt es bei HD-mittel in etwa der Hälfte der Fälle zu klinischen Symptomen.

Tab. 35: HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 im Vergleich mit klinischen Symptomen (Verteilung)

	Auswerter 1, FCI		Auswerter 2, FCI		Auswerter 3, Schweiz	
HD-Grade	keine Symptome	klinische Symptome	keine Symptome	klinische Symptome	keine Symptome	klinische Symptome
HD-frei	55	0	70	0	29	0
HD-Übergang	44	1	40	2	62	0
HD-leicht	28	2	16	3	38	4
HD-mittel	6	5	6	4	4	6
HD-schwer	0	5	0	5	0	3

Auf der Basis Gesamtpunktzahl (Auswerter 3, Schweiz) zeigt sich, dass erst bei 14 Punkten der erste Fall von klinischen Symptomen auftritt.
Auch bei höheren Punktzahlen tauchen noch Tiere ohne Symptome auf, so dass zum Beispiel drei Hunde mit einer Gesamtpunktzahl von 20 noch ohne Beschwerden sind, ein weiterer aber Symptome zeigt (Anlage 9.6, Tab. 66).

Beim Hipscore stellt die Gesamtpunktzahl das offizielle Endergebnis dar. Hier liegt die durchschnittliche Punktzahl der lahmenden Hunde um 24 Punkte höher als bei den nicht lahmenden Hunden (Tab. 36).

Tab. 36: Hipscore Punkte (Auswerter 4) im Vergleich mit klinischen Symptomen (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum/Maximum)

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum/ Maximum
keine klinischen Symptome	10,66	5,08	1/33
klinische Symptome	34,86	18,39	12/72

Bei einer Gesamtpunktzahl von 12 tritt der erste Fall klinischer HD auf, bei gleicher Punktzahl kommen Tiere mit und ohne klinische Symptomatik vor. Extrem hohe Punktzahlen (ab 33) werden nur durch Tiere erreicht, die auch klinische Symptome zeigen (Anlage 9.6, Tab. 66).

4.7 Phänotypische und genetische Korrelationen

Alle Korrelationen erreichen eine Signifikanz von $p < 0,01$.

4.7.1 Korrelationen innerhalb der Auswertungsmethoden FCI, Schweiz und Hipscore

4.7.1.1 Korrelationen zwischen den FCI-Kriterien

Die phänotypischen Korrelationen der Einzelkriterien zwischen rechtem und linkem Gelenk liegen zwischen 0,87 beim Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) und 0,37 bei der Subluxation (17).

Zur Darstellung der Korrelationen zwischen den Einzelkriterien wurde die Summe der Punktzahl beider Gelenke verwendet. Wie im Material- und Methodenteil erwähnt konnten durch fehlende Varianz keine Korrelationen des Merkmals Oberschenkelkopf zu klein (6) errechnet werden. Die Kriterien 10, 11 und 12 wurden wegen der identischen Auswertung in dem Kriterium walzenförmiger Hals (11) zusammengefasst.
In Tab. 37 sind alle Korrelationen zwischen den Einzelkriterien dargestellt.

Tab. 37: Genetische (unterhalb) **und phänotypische** (oberhalb) **Korrelationen zwischen den FCI-Kriterien**

Detail Nr.	Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	subchondrale Sklerose (2)	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)	kugelförmiger Kopf (5)	Kragenbildung Kopf (7)	Deformation des Kopfes (8)	Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	walzenförmiger Hals (11)	Hals scharf/unscharf (13)	Auflagerungen am Hals (14)	Morganlinie (15)	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	Subluxation (17)	Norbergwinkel (NW) (18)
(1)	1,00	0,53	0,70	0,50	0,62	0,61	0,62	0,65	0,75	0,57	0,62	0,40	0,44	0,61	0,59
(2)	*0,52*	1,00	0,68	0,45	0,47	0,48	0,50	0,53	0,62	0,42	0,47	0,39	0,51	0,45	0,55
(3)	*0,86*	*0,77*	1,00	0,55	0,63	0,53	0,67	0,69	0,74	0,57	0,60	0,45	0,49	0,55	0,68
(4)	*0,75*	*0,87*	*0,93*	1,00	0,54	0,60	0,6	0,42	0,50	0,54	0,62	0,27	0,27	0,2	0,44
(5)	*0,86*	*0,69*	*0,97*	*0,95*	1,00	0,66	0,89	0,59	0,68	0,60	0,72	0,35	0,39	0,41	0,55
(7)	*0,81*	*0,82*	*0,93*	*0,99*	*0,96*	1,00	0,71	0,45	0,62	0,58	0,69	0,37	0,35	0,40	0,43
(8)	*0,81*	*0,70*	*0,94*	*0,96*	*0,99*	*0,97*	1,00	0,53	0,72	0,70	0,84	0,37	0,35	0,39	0,55
(9)	*0,71*	*0,77*	*0,92*	*0,97*	*0,97*	*0,96*	*0,98*	1,00	0,59	0,43	0,44	0,36	0,57	0,58	0,76
(11)	*0,87*	*0,84*	*0,94*	*0,97*	*0,93*	*0,98*	*0,93*	*0,90*	1,00	0,59	0,69	0,44	0,43	0,51	0,59
(13)	*0,64*	*0,60*	*0,67*	*0,91*	*0,79*	*0,80*	*0,79*	*0,68*	*0,57*	1,00	0,83	0,28	0,28	0,31	0,48
(14)	*0,79*	*0,68*	*0,78*	*0,95*	*0,89*	*0,88*	*0,93*	*0,84*	*0,79*	*0,98*	1,00	0,37	0,34	0,36	0,51
(15)	*0,67*	*0,74*	*0,65*	*0,64*	*0,68*	*0,75*	*0,68*	*0,63*	*0,82*	*0,72*	*0,81*	1,00	0,38	0,33	0,39
(16)	*0,67*	*0,39*	*0,66*	*0,31*	*0,77*	*0,39*	*0,71*	*0,79*	*0,64*	*0,79*	*0,82*	*0,76*	1,00	0,60	0,66
(17)	*0,88*	*0,72*	*0,82*	*0,68*	*0,86*	*0,75*	*0,67*	*0,74*	*0,70*	*0,40*	*0,55*	*0,77*	*0,69*	1,00	0,64
(18)	*0,87*	*0,65*	*0,87*	*0,65*	*0,87*	*0,62*	*0,86*	*0,89*	*0,83*	*0,88*	*0,95*	*0,80*	*0,80*	*0,73*	1,00

kursiv = genetische Korrelationen

Das Niveau der genetischen Korrelationen liegt durchschnittlich höher als das der phänotypischen Korrelationen.

Der Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1) korreliert genetisch zu 5 Kriterien zwischen 0,86 und 0,88. Dies sind die phänotypisch hoch korrelierten Kriterien Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) und walzenförmiger Hals (11) und außerdem die Subluxationskriterien Subluxation (17) und NW (18) und das Arthrosekriterium kugelförmiger Kopf (5).

Die subchondrale Sklerose (2) hat die höchste genetische Korrelation zu Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4) mit 0,87. Beide Kriterien sind Zeiger für Arthrosen bzw. beschreiben sie direkt. Der Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) korreliert genetisch mit der subchondralen Sklerose (2) im Vergleich zu anderen Kriterien nicht mehr so hoch wie bei der phänotypischen Korrelation.

Die Kriterien 3 - 11 bilden eine Gruppe von Arthrosekriterien, die miteinander genetische Korrelationen von 0,90 bis 0,99 erreichen.

Das Kriterium Sitz des Kopfes in der Pfanne (9) nimmt eine Sonderstellung ein, da es definitionsgemäß keine arthrosebedingte Veränderungen beschreibt. So korreliert dieses Kriterium sowohl genetisch als auch phänotypisch hoch mit dem NW (18). Das Kriterium Auflagerungen am Hals (14) gehört bei etwas inhomogeneren Korrelationen von 0,78 bis 0,95 auch zur Gruppe der Arthrosekriterien, dieses Kriterium erreicht aber mit dem NW eine Korrelation von 0,95. Bei den phänotypischen Korrelationen ist die vorgenannte Gruppierung so nicht möglich. Insbesondere der Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1) korreliert hoch mit den Arthrosekriterien 3, 5, 9 und 11.

Die Morganlinie (15) zeichnet sich durch vergleichsweise niedrige phänotypische Korrelationen aus und erreicht die höchsten genetischen Korrelationen mit 0,81 und 0,82 zu den Kriterien walzenförmiger Hals (11) und Auflagerungen am Hals (14), weiterhin korreliert die Morganlinie (15) aber auch mit dem NW (18) mit 0,80.

Das Kriterium Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16) erreicht mit sehr unterschiedlichen Kriterien hohe genetische Korrelationen. Einerseits korreliert es mit dem NW (18) und dem Sitz des Kopfes in der Pfanne (9) mit 0,80 bzw. 0,79 und andererseits mit Hals scharf/unscharf (13) und Auflagerungen am Hals (14) mit 0,79 bzw. 0,82. Das Kriterium Subluxation (17) erreicht die höchste genetische Korrelation zu dem Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1). Der NW (18) erreicht ein hohes genetisches Korrelationsniveau zu den anderen Kriterien, allein mit 7 Kriterien erreicht er Korrelationen von über 0,85. Diese 7 Kriterien sind der Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1), der Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) und der Sitz des Kopfes

in der Pfanne (9), aber auch die Arthrosekriterien kugelförmiger Kopf (5), Deformation des Kopfes (8), Hals scharf/unscharf (13) und Auflagerungen am Hals (14).

Bei den phänotypischen Korrelationen sind die Kriterien Sitz des Kopfes in der Pfanne (9), konzentrischer/divergierender Gelenkspalt (16), Subluxation (17) und der NW (18) mit 0,57 bis 0,76 untereinander höher korreliert als zu den restlichen Kriterien. Der NW (18) korreliert phänotypisch mit dem Sitz des Kopfes in der Pfanne (9) mit 0,76.

4.7.1.2 Korrelationen der FCI-Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen

Die Einzelkriterien korrelieren mit den Endergebnissen HD-Grad, Summe beider HD-Grade, Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen sehr unterschiedlich. Die genetischen Korrelationen sind ausnahmslos höher als die phänotypischen Korrelationen (Tab. 38).

Tab. 38: Genetische und phänotypische Korrelationen der FCI-Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen

	Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	subchondralen Sklerose (2)	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)	kugelförmiger Kopf (5)	Kragenbildung Kopf (7)	Deformation des Kopfes (8)	Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	walzenförmiger Hals (11)	Hals scharf/unscharf (13)	Auflagerungen am Hals (14)	Morganlinie (15)	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	Subluxation (17)	Norbergwinkel (NW) (18)
genetisch															
HD-Grad	*0,88*	*0,77*	*0,87*	*0,79*	*0,89*	*0,86*	*0,81*	*0,93*	*0,89*	*0,67*	*0,75*	*0,73*	*0,85*	*0,95*	*0,93*
phäno-typisch															
HD-Grad	0,70	0,66	0,71	0,42	0,60	0,59	0,60	0,72	0,71	0,50	0,56	0,52	0,78	0,72	0,82
Summe der HD-Grade	0,70	0,68	0,73	0,43	0,61	0,59	0,61	0,74	0,72	0,51	0,57	0,54	0,79	0,74	0,84
Gesamt-Punktzahl	0,82	0,74	0,85	0,62	0,75	0,71	0,77	0,81	0,83	0,67	0,74	0,57	0,70	0,71	0,83
klinische Symptome	0,59	0,51	0,62	0,40	0,66	0,52	0,64	0,65	0,72	0,47	0,50	0,32	0,38	0,46	0,56

Der HD-Grad korreliert genetisch am Höchsten mit den Subluxationskriterien Subluxation (17) und NW (18), wobei Kriterium 17 eine sehr hohe genetische Korrelation von 0,95 erreicht. Die Arthrosekriterien zeigen niedrigere genetische Korrelationen zum HD-Grad. Die niedrigsten genetischen Korrelationen werden von den Kriterien Hals scharf/unscharf (13) und der Morganlinie (15) mit 0,67 und 0,73 erreicht. Auch zeigen sie nur eine geringe Steigerung zwischen phänotypischer und genetischer Korrelation.

Die Summe der HD-Grade unterscheidet sich bei den phänotypischen Korrelationen kaum von den HD-Graden, die Korrelationen sind aber durchschnittlich etwas höher.

Die Gesamtpunktzahl korreliert mit den Kriterien höher als der HD-Grad. Ausnahmen sind die Subluxationskriterien 16, 17 und 18. Die Spannweite zwischen den niedrigsten und höchsten Korrelationen wird kleiner.
Die klinischen Symptome korrelieren niedriger mit den Kriterien als der HD-Grad und die Gesamtpunktzahlen. Die niedrigsten Korrelationen zeigen sich bei Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4), der Morganlinie (15) und den Subluxationskriterien 16 und 17 mit 0,32 bis 0,46. Die höchste Korrelation erreicht das Kriterium walzenförmiger Hals (11) mit 0,72, gefolgt vom kugelförmigen Kopf (5) mit 0,66 und dem Sitz des Kopfes in der Pfanne (9) mit 0,65.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen der Punktzahl eines Gelenkes und dem dazugehörigen HD-Grad (Anlage 9.7, Tab. 67) sind vergleichbar mit den Korrelationen zwischen der Punktzahl beider Gelenke (Gesamtpunktzahl) und dem offiziellen HD-Grad (Tab. 38) und wurden deshalb nach Tab. 38 mitbesprochen. Eine Ausnahme bildet das Kriterium Subluxation (17), bei der die Korrelationen für die einzelnen Seiten mit 0,67 und 0,59 auffällig niedriger sind als bei der Summe mit 0,72.

Der HD-Grad und die Summe beider HD-Grade sind mit 0,97 hoch miteinander korreliert. Auch die Gesamtpunktzahl ist mit 0,90 und 0,92 hoch mit HD-Grad und der Summe beider HD-Grade korreliert (ohne Tbl.). Die klinischen Symptome korrelieren mit der Gesamtpunktzahl höher als mit dem HD-Grad und der Summe beider HD-Grade, sind aber mit 0,70, 0,59 und 0,61 insgesamt deutlich niedriger korreliert (Kapitel 4.7.2, Tab. 43 und Tab. 44).

4.7.1.3 Korrelationen zwischen den Schweizer Kriterien

Die phänotypischen Korrelationen der Einzelkriterien zwischen rechtem und linkem Gelenk liegen beim Norbergwinkel (1), bei der Subluxation (2), beim kraniolateralen Azetabulumrand (3) und dem subchondralen Knochen (4) zwischen 0,80 und 0,84. Die Korrelation bei Beurteilung des Femurkopfes und -halses (5) beträgt 0,66, die Korrelation der Morganlinie (6) nur 0,50.
Zur Darstellung der Korrelationen zwischen den Einzelkriterien wurde die Summe der Punktzahl beider Gelenke verwendet.
Die genetischen und phänotypischen Korrelationen zwischen den sechs Einzelkriterien der Schweizer Methode werden in Tab. 39 dargestellt und nachfolgend besprochen.

Tab. 39: Genetische (unterhalb) **und phänotypische** (oberhalb) **Korrelationen zwischen den Schweizer Kriterien**

Kriterien	Norbergwinkel (NW) (1)	Subluxation (2)	kraniolateraler Azetabulumrand (3)	subchondraler Knochen (4)	Femurkopf u. –hals (5)	Morganlinie (6)
Norbergwinkel (NW) in°	-0,94	-0,69	-0,58	-0,46	-0,54	-0,52
Norbergwinkel (NW) (1)	1,00	0,73	0,57	0,41	0,48	0,47
Subluxation (2)	*0,97*	1,00	0,58	0,38	0,45	0,43
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	*0,88*	*0,88*	1,00	0,52	0,59	0,52
subchondraler Knochen (4)	*0,87*	*0,87*	*1,00*	1,00	0,53	0,48
Femurkopf u. –hals (5)	*0,91*	*0,84*	*0,90*	*0,88*	1,00	0,65
Morganlinie (6)	*0,89*	*0,86*	*0,92*	*0,91*	*0,98*	1,00

kursiv = genetische Korrelationen

Bei der NW-Messung in Grad kommt es zu negativen Korrelationen, da den Methoden und der Messung unterschiedliche Skalen zugrunde liegen. Je größer der NW bei der Messung desto besser ist das Gelenk, aber je mehr Punkte bei den Kriterien, desto schlechter ist das Gelenk. Zwischen dem NW in Grad und dem NW (1) in Punkten besteht eine sehr hohe phänotypische Korrelation. Dies lässt eine Beschränkung auf die NW-Punktzahl zu. Die Winkelmessungen wurden in 10 Grad, selten in 5 Grad Schritten durchgeführt, so dass keine weiteren Informationen über das Gelenk hinzukommen.

Die genetischen Korrelationen zwischen den Kriterien sind mit 0,84 bis 1,00 sehr hoch. Es bilden sich drei Gruppen mit jeweils zwei Kriterien. Der NW (1) und die Subluxation (2) haben eine genetische Korrelation von 0,97, der kraniolaterale Azetabulumrand (3) und der subchondrale Knochen (4) sind mit einer Korrelation von 1,00 genetisch identisch und als dritte Gruppe korrelieren der Femurkopf und –hals (5) und die Morganlinie (6) mit 0,98.

Die geringste genetische Korrelation von 0,84 wird zwischen dem Kriterium Subluxation (2) und dem Arthrosekriterium Femurkopf und –hals (5) erreicht. Die genetischen Korrelationen der Kriterien 3 und 4 zu den Arthrosekriterien 5 und 6 sind durchschnittlich etwas höher als zu den Subluxationskriterien 1 und 2.

Der Norbergwinkel (1) erreicht auch die insgesamt höchste phänotypische Korrelation mit 0,73 zur Subluxation (2). Das Kriterium kraniolateraler Azetabulumrand (3) erreicht mit 0,52 bis 0,59 gleichmäßig hohe phänotypische Korrelationen zu allen weiteren Kriterien. Anders sieht dies bei der Ausbildung des subchondralen Knochens (4) aus. Es ist mit den Arthrosekriterien (5,6) mit 0,53 und 0,48 höher phänotypisch korreliert als mit den Subluxationskriterien (1,2) mit 0,41 und 0,38.
Die Veränderungen am Femurkopf und –hals (5) erreichen mit den Kriterien 3, 4 und 6 phänotypische Korrelationen von 0,53 bis 0,65. Die beiden Arthrosekriterien (5,6) sind mit 0,65 gegenseitig am Höchsten korreliert. Die Morganlinie (6) zeigt höhere Korrelationen zum Arthrosekriterium (5) als die Morganlinie der FCI Auswertung zu deren Arthrosekriterien.
Die Kriterien sind phänotypisch mit Werten zwischen 0,38 und 0,73 durchschnittlich geringer als bei FCI (Auswerter 2) und Hipscore (Auswerter 4) korreliert.

4.7.1.4 Korrelationen der Schweizer Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen

Die genetischen Korrelationen sind wieder höher als die phänotypischen (Tab. 40). Der HD-Grad korreliert phänotypisch und genetisch sehr hoch mit dem NW (1) und der Subluxation (2), bei der Subluxation wird wie bei der FCI Auswertung eine genetische Korrelation von 0,97 erreicht. Auch das Kriterium kraniolateraler Azetabulumrand (3) korreliert genetisch mit 0,84 hoch mit dem HD-Grad. Das Kriterium subchondraler Knochen (3) und das Arthrosekriterium Femurkopf und –hals (5) korrelieren genetisch mit 0,66 zum HD-Grad.

Tab. 40: Genetische und phänotypische Korrelationen der Schweizer Kriterien mit dem HD-Grad, der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen

	Norbergwinkel (NW) (1)	Subluxation (2)	kraniolateraler Azetabulumrand (3)	subchondraler Knochen (4)	Femurkopf u. –hals (5)	Morganlinie (6)
genetisch						
HD-Grad	*0,93*	*0,97*	*0,84*	*0,66*	*0,66*	*0,79*
phänotypisch						
HD-Grad	0,77	0,77	0,75	0,64	0,62	0,64
Summe der HD-Grade	0,80	0,81	0,77	0,64	0,62	0,65
Gesamtpunktzahl	0,83	0,80	0,80	0,70	0,76	0,74
klinische Symptome	0,45	0,36	0,47	0,28	0,58	0,49

Die Summe beider HD-Grade und die Gesamtpunktzahl korrelieren phänotypisch mit dem NW (1), der Subluxation (2) und der Ausprägung des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) mit 0,77 bis 0,83 höher als mit der Ausprägung des subchondralen Knochens (4) und den Arthrosekriterien des Oberschenkels (5,6) mit 0,62 bis 0,76. Die Gesamtpunktzahl korreliert phänotypisch etwas höher mit den Kriterien als der HD-Grad und die Summe beider HD-Grade.
Ein anderes Bild stellt sich bei der Korrelation zwischen klinischen Symptomen und den Einzelkriterien dar. Hier sind die phänotypischen Korrelationen geringer und die Veränderungen am Femurkopf und –hals (5) erreichen mit 0,58 die höchsten Korrelationen. Die Sklerose des subchondralen Knochens (4) korreliert mit 0,28 noch niedriger mit klinischen Symptomen als die Subluxationskriterien NW (1) und Subluxation (2).

Die phänotypischen Korrelationen zwischen der Punktzahl eines Gelenkes und dem dazugehörigen HD-Grad (Anlage 9.6, Tab. 67) sind vergleichbar mit den Korrelationen der Summe der Punkzahl beider Gelenke (Gesamtpunktzahl) mit dem offiziellem HD-Grad und (Tab. 40) und wurden deshalb nach Tab. 40 mitbesprochen.
Nur beim Kriterium Subluxation (2) erreicht der HD-Grad einer Seite mit beidseitig 0,79 höhere Korrelationen als die Summe des Kriteriums beider Seiten mit dem offiziellen HD-Grad. Im Gegensatz dazu wurde bei der FCI-Auswertung eine höhere Korrelation zum offiziellen HD-

Grad gefunden. Bei den Arthrosekriterien 5 und 6 kommt es zu Unterschieden der Korrelationen von rechts und links von 0,1 bzw. 0,06.

Die Korrelation zwischen HD-Grad und Summe der HD-Grade ist mit 0,97 genauso hoch wie bei Auswerter 2 (FCI), die Korrelationen zwischen dem HD-Grad und der Gesamtpunktzahl ist mit 0,92 geringfügig höher (ohne Tbl.).
Die klinischen Symptome korrelieren mit der Gesamtpunktzahl mit 0,59, mit den HD-Graden mit 0,55 und mit der Summe der HD-Grade mit 0,53 (Kapitel 4.7.2, Tab. 43 und Tab. 44).

4.7.1.5 Korrelationen zwischen den Hipscore-Kriterien

Die phänotypischen Korrelationen der Einzelkriterien zwischen rechtem und linkem Gelenk liegen bei 7 Kriterien zwischen 0,75 und 0,88. Ausnahmen sind der NW (1) mit einer Korrelation von 0,69 und die Subluxation (2) mit einer Korrelation von 0,49.
Zur Darstellung der Korrelationen zwischen den Einzelkriterien wurde die Summe der Punktzahl beider Gelenke verwendet.

Die Kriterien lassen sich anhand der genetischen Korrelationen in zwei Gruppen unterteilen (Tab. 41). Erstens in die Gruppe der Subluxationskriterien 1 - 3 mit dem NW, der Subluxation und dem kranialen Azetabulumrand mit Korrelationen zwischen 0,93 und 0,96, zweitens in die Gruppe der Arthrosekriterien 4 - 9 mit Korrelationen zwischen 0,98 und 1,00.

Die Ergebnisse der phänotypischen Korrelationen sind weniger einheitlich.
Die Einzelkriterien zeigen untereinander Korrelationen zwischen 0,51 und 0,89 (Tab. 41).
Der NW (1) korreliert phänotypisch am Höchsten mit dem Subluxationskriterium (2) mit 0,80 und der Beurteilung des kranialen Azetabulumrandes (3) mit 0,71. Das Subluxationskriterium (2) zeigt ähnliche aber durchschnittlich etwas höhere phänotypische Korrelationen zu den anderen Kriterien als der NW.
Die kraniale Azetabulumkontur (3) korreliert mit den Kriterien 1 und 2, aber auch mit den Kriterien 4, 5 und 6 in einer Höhe von 0,71 bis 0,74.
Die Beschreibung des kraniolateralen Azetabulumrandes (5) korreliert phänotypisch nur mit den Kriterien kaudaler Azetabulumrand (4) und Fossa azetabuli (6) mit über 0,80.

Eine ganze Gruppe von Kriterien ist aber mit 0,81 - 0,89 sehr hoch miteinander korreliert. Es sind die Kriterien dorsaler Azetabulumrand (4), Fossa azetabuli (6), kaudaler Azetabulumrand (7), Exostosen an Femurkopf und -hals (8) und Deformation des Femurkopf (9). Diese Gruppe von Kriterien zeichnet sich dadurch aus, dass sie erst durch arthrotische Veränderungen Punkte erlangen können.

Tab. 41: Genetische (unterhalb) **und phänotypische** (oberhalb) **Korrelationen zwischen den Hipscore-Kriterien**

Kriterien	Norbergwinkel (NW) (1)	Subluxation (2)	kraniale Azetabulumkontur (3)	dorsaler Azetabulumrand (4)	kraniolateraler Azetabulumrand (5)	Fossa azetabuli(6)	Kaudaler Azetabulumrand (7)	Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	Deformation Femurkopf (9)
Norbergwinkel (NW) (1)	1,00	0,80	0,71	0,62	0,69	0,67	0,58	0,53	0,51
Subluxation (2)	*0,95*	1,00	0,74	0,67	0,71	0,69	0,64	0,63	0,58
kraniale Azetabulumkontur (3)	*0,93*	*0,96*	1,00	0,72	0,72	0,73	0,68	0,67	0,65
dorsaler Azetabulumrand (4)	*0,83*	*0,89*	*0,96*	1,00	0,83	0,89	0,86	0,86	0,81
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	*0,84*	*0,90*	*0,98*	*1,00*	1,00	0,81	0,76	0,77	0,69
Fossa azetabuli (6)	*0,83*	*0,89*	*0,97*	*1,00*	*1,00*	1,00	0,88	0,82	0,83
kaudaler Azetabulumrand (7)	*0,81*	*0,81*	*0,90*	*1,00*	*0,98*	*1,00*	1,00	0,87	0,89
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	*0,85*	*0,88*	*0,92*	*1,00*	*0,99*	*0,99*	*1,00*	1,00	0,89
Deformation Femurkopf (9)	*0,82*	*0,82*	*0,90*	*1,00*	*0,98*	*0,99*	*1,00*	*1,00*	1,00

kursiv = genetische Korrelationen

4.7.1.6 Korrelationen der Hipscore-Kriterien mit der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen

Alle Einzelkriterien zeigen mit 0,81 bis 0,92 und 0,94 bis 0,99 ausnahmslos hohe phänotypische und genetische Korrelationen zur Gesamtpunktzahl (Tab. 42).

Die niedrigste genetische Korrelation zur Gesamtpunktzahl erreicht der NW (1) mit 0,94, die höchste Korrelation wird mit 0,99 vom kranialen Azetabulumrand (3) erreicht. Die sehr starke Einheitlichkeit der Korrelationen lässt keine weitere Differenzierung zu.

Die phänotypischen Korrelationen zur Gesamtpunktzahl sind bei den Subluxationskriterien NW (1) und Subluxation (2) durchschnittlich etwas niedriger als bei den Arthrosekriterien (4-9). Die Beurteilung des dorsalen Azetabulumrandes (4) und die Fossa azetabuli (6) sind am Höchsten mit der Gesamtpunktzahl korreliert. Beide Kriterien sind nur in Fällen schwerer HD verändert und werden in der FCI- und der Schweizer Methode nicht verwandt.
Die phänotypischen Korrelationen zwischen klinischen Symptomen und Einzelkriterien sind sehr unterschiedlich. Während der NW (1) und die Subluxation (2) nur eine Korrelation von 0,46 erreichen, korrelieren die Kriterien 4 - 8 zwischen 0,63 und 0,73 mit klinischen Symptomen. Die Kriterien kraniale Azetabulumkontur (3) und Deformation des Femurkopfes (9) korrelieren mit 0,55 bzw. 0,57.

Tab. 42:Genetische und phänotypische Korrelationen der Einzelkriterien mit der Gesamtpunktzahl und klinischen Symptomen (Hipscore)

	Norbergwinkel (NW) (1)	Subluxation (2)	kraniale Azetabulumkontur (3)	dorsaler Azetabulumrand (4)	kraniolateraler Azetabulumrand (5)	Fossa azetabuli (6)	kaudaler Azetabulumrand (7)	Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	Deformation Femurkopf (9)
genetisch									
Gesamtpunktzahl	*0,94*	*0,96*	*0,99*	*0,98*	*0,97*	*0,97*	*0,95*	*0,98*	*0,96*
phänotypisch									
Gesamtpunktzahl	0,81	0,84	0,85	0,92	0,90	0,92	0,89	0,87	0,84
klinische Symptome	0,46	0,46	0,55	0,73	0,66	0,67	0,64	0,63	0,57

Die Korrelationen zwischen der Gesamtpunktzahl der rechten und linken Seite und den entsprechenden Einzelkriterien unterscheiden sich kaum voneinander (Anlage 9.7, Tab. 67). Da die Höhe der Korrelationen vergleichbar mit den Korrelationen der Summe der Kriterien beider Seiten mit der Gesamtpunktzahl ist (Tab. 42), sind die Ergebnisse dort mitbesprochen worden.

Die Korrelation zwischen der Gesamtpunktzahl des Hipscores und klinischen Symptomen beträgt 0,70 (Kapitel 4.7.2, Tab. 44).

4.7.2 Korrelationen zwischen den HD-Graden und den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen

Die genetischen Korrelationen zwischen den HD-Graden und der Gesamtpunktzahl des Hipscore liegen zwischen 0,85 und 0,98 (Tab. 43). Die höchste Korrelation wird mit 0,98 zwischen den HD-Graden der FCI-Auswerter 1 und 2 erreicht. Auswerter 2 korreliert aber auch hoch mit dem HD-Grad der Schweizer Auswertung und der Gesamtpunktzahl des Hipscore mit 0,95 und 0,93. Die genetischen Korrelationen der Gesamtpunktzahl des Hipscore zum HD-Grad von Auswerter 1 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) liegen mit 0,85 und 0,88 etwas niedriger.
Sowohl phänotypisch als auch genotypisch wird die höchste Korrelation zwischen den HD-Graden von Auswerter 1 (FCI) und 2 (FCI) erreicht. Auch die phänotypische Korrelation zwischen dem HD-Grad des Auswerters 2 und dem Schweizer HD-Grad ist mit 0,80 wieder hoch. Im Gegensatz zu den genetischen Korrelationen wird zwischen dem HD-Grad von Auswerter 1 und der Hipscore Gesamtpunktzahl mit 0,80 eine genauso hohe Korrelation wie zwischen den HD-Graden von Auswerter 2 (FCI) und Auswerter 3 (Schweiz) erreicht. Die Korrelation zwischen den HD-Graden der Auswerter 1 (FCI) und 3 (Schweiz) fällt mit 0,74 niedriger aus.

Tab. 43: Genetische (unterhalb) **und phänotypische** (oberhalb) **Korrelationen zwischen den HD-Graden (FCI, Schweiz) und der Gesamtpunktzahl (Hipscore) der Auswertungsmethoden**

	HD-Grad FCI Auswerter 1	HD-Grad FCI Auswerter 2	HD-Grad Schweiz Auswerter 3	Gesamt-punktzahl Hipscore
HD-Grad FCI Auswerter 1	1,00	0,83	0,74	0,80
HD-Grad FCI Auswerter 2	*0,98*	1,00	0,80	0,78
HD-Grad Schweiz Auswerter 3	*0,93*	*0,95*	1,00	0,76
Gesamtpunktzahl Hipscore	*0,85*	*0,93*	*0,88*	1,00

kursiv = genetische Korrelationen

Die phänotypischen Korrelationen der Gesamtpunktzahlen untereinander und die Korrelationen zwischen den HD-Graden und den Gesamtpunktzahlen sind höher als zwischen den HD-Graden (Tab. 44).

Die Korrelationen der Endergebnisse mit Fällen klinischer Symptome aufgrund HD bewegen sich zwischen 0,54 und 0,70 (Tab. 44). Die Hipscore Gesamtpunktzahl erreicht eine Korrelation von 0,70. Hohe Punktzahlen werden beim Hipscore nur durch Arthrosen erreicht, da viele Einzelkriterien erst durch Arthrosen Punkte zeigen. Wird das Hipscoreergebnis nach dem von CLAYTON JONES vorgeschlagenen Übertragungsschlüssel auf vier HD-Grade reduziert, beträgt die Korrelation noch 0,54. Genauso stellt es sich bei der FCI-Beurteilung von Auswerter 2 dar, nur erreicht hier das Endergebnis, also der HD-Grad eine Korrelation von 0,59 mit den klinischen Symptomen. Wird die FCI-Gesamtpunktzahl herangezogen erhöht sich die Korrelation auch auf 0,70. Die HD-Grad-Beurteilung nach Auswerter 1 erreicht einen Wert von 0,57; für die Population von 1984 bis 1996 (n = 266) sinkt die Korrelation auf 0,44. Bei der Schweizer Methode kommt es mit Korrelationen von 0,55 und 0,59 zu keinen großen Unterschieden zwischen HD-Grad und Gesamtpunktzahl. Die Schweizer Methode erfasst Arthrosen durch 2 Kriterien und nicht durch eine Vielzahl.

Tab. 44: Phänotypische Korrelationen zwischen den HD-Graden und den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen

	Gesamt-punktzahl FCI	Gesamt-punktzahl Schweiz	HD-Grad Hipscore[a]	klinische Symptome
phänotypisch				
HD-Grad FCI Auswerter 1	0,80	0,78	0,72	0,57
HD-Grad FCI Auswerter 2	0,89	0,82	0,81	0,59
HD-Grad Schweiz Auswerter 3	0,76	0,92	0,80	0,55
Gesamtpunktzahl Hipscore	0,91	0,90	0,80	0,70
Gesamtpunktzahl FCI	1,00	0,89	0,81	0,70
Gesamtpunktzahl Schweiz	0,89	1,00	0,81	0,59
HD-Grad Hipscore[a]	0,81	0,89	1,00	0,54

[a] Übertragungsschlüssel nach Clayton Jones

4.7.3 Korrelationen zwischen den Norbergwinkeln der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und den NW-Messungen (Ausmesser 5 + 6)

Die negativen Korrelationen zwischen den Methoden und den Messungen kommen durch die verschiedenen Skalen zustande (Tab. 45). Die Methoden bewerten mit einer höheren Punktzahl ein schlechteres Gelenk, dagegen beschreiben die Messungen durch einen höheren Winkelgrad ein besseres Gelenk.

Die genetischen Korrelationen zwischen der NW-Messung und den NW-Auswertungen liegen bei 0,98 bis 1,00. Es gibt keine nennenswerten genetischen Unterschiede zwischen den Norbergwinkeln der Auswerter und Ausmesser.

Die NW unterschiedlicher Auswerter korrelieren phänotypisch zwischen 0,78 und 0,92. Die höchsten phänotypischen Korrelationen werden mit 0,92 bzw. –0,92 zwischen den NW-Messungen von Ausmesser 5 und 6 und zwischen NW-Messung (Ausmesser 5 + 6) und

Hipscore NW (1) erreicht. Der Hipscore misst den NW zwischen 80 und 105 Grad in 5 Grad Schritten und ist damit genauer als die beiden anderen Methoden (FCI, Schweiz).
Bei den Ausmessern 5 und 6 beträgt die phänotypische Korrelation zwischen dem rechten und linken Hüftgelenk 0,66 (Ausmesser 5) und 0,68 (Ausmesser 6). Die rechten Hüftgelenke korrelieren mit 0,89, die linken mit 0,88.

Tab. 45: Genetische und phänotypische Korrelationen zwischen den NW der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und den NW-Messungen (Ausmesser 5 + 6)

	NW FCI (18)	NW Schweiz (1)	NW Hipscore (1)	NW Ausmesser 5	NW Ausmesser 6
genetisch					
NW Ausmesser 5 + 6	*-0,98*	*-1,00*	*-1,00*		
phänotypisch					
NW Ausmesser 5 + 6	-0,87	-0,86	-0,92	0,98	0,98
NW FCI (18)		0,78	0,83	-0,85	-0,85
NW Schweiz (1)			0,85	-0,85	-0,82
NW Hipscore (1)				-0,91	-0,88
NW Ausmesser 5					0,92

(X) = Detailnummer

4.7.4 Korrelationen der NW-Messung mit HD-Graden, Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen

Die NW-Messung und die Endergebnisse sind mit -0,88 bis -0,96 genetisch hoch miteinander korreliert (Tab. 46), ohne dass die Messungen wie die Einzelkriterien der Methoden direkten Einfluss auf das Endergebnis nehmen könnten. Der NW hat, da er bei allen Auswertungsmethoden auch als Kriterium vorkommt, eine enge Verbindung zu den Endergebnissen. Die Korrelationen sind in ihrer Höhe vergleichbar mit denen der Endergebnisse untereinander (Tab. 43).

Der NW korreliert mit -0,85 auch bei den phänotypischen Korrelationen mit der Gesamtpunktzahl des Hipscores höher als mit den anderen Endergebnissen. Die Korrelationen der HD-Grade mit dem NW liegen mit -0,72 bis -0,76 nahe zusammen. Die Gesamtpunktzahlen von FCI und Schweizer Methode korrelieren mit -0,81 und -0,83 ähnlich hoch mit dem NW wie die Hipscore Gesamtpunktzahl.

Der NW korreliert mit -0,49 viel niedriger mit den klinischen Symptome als mit den HD-Graden und Gesamtpunktzahlen. Der NW korreliert aber ähnlich hoch mit den klinischen Symptomen (Tab. 46) wie die HD-Grade.

Für die Population von 1984 bis 1996 (n = 266) sinkt die Korrelation zwischen NW und klinischen Symptomen auf -0,36 (ohne Tab.).

Tab. 46: Genetische und phänotypische Korrelationen zwischen NW-Messung und den HD-Graden, den Gesamtpunktzahlen der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und klinischen Symptomen

	Norbergwinkel (NW) Ausmesser 5 + 6	
	genetisch	**phänotypisch**
HD-Grad, Auswerter 1 FCI	-0,88	-0,76
HD-Grad, Auswerter 2 FCI	-0,94	-0,75
HD-Grad, Auswerter 3 Schweiz	-0,91	-0,72
Hipscore, Gesamtpunktzahl	-0,96	-0,85
FCI, Gesamtpunktzahl		-0,81
Schweiz, Gesamtpunktzahl		-0,83
klinische Symptome		-0,49

4.7.5 Korrelationen der Einzelkriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung

Die HD-Grade von Auswerter 1, 2 und 3 korrelieren genetisch sehr hoch mit den Subluxationskriterien der Auswertungsmethoden (Anlage 9.8, Tab. 68). Die genetischen Korrelationen der Kriterien Subluxation (FCI,17; Schweiz,2; Hipscore,2), NW (FCI,18; Schweiz,1; Hipscore,1) und dem Kriterium kraniale Azetabulumkontur des Hipscore (Hipscore,3) liegen zwischen 0,88 und 1,00. Zum HD-Grad des Auswerters 1 korreliert das Kriterium Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (FCI,16) mit 0,90, zum HD-Grad des Auswerters 2 korreliert das Kriterium Sitz des Kopfes in der Pfanne (FCI,9) mit 0,93.

Die FCI-Morganlinie (15) ist bei Auswerter 1 und 2 nur mit 0,67 und 0,73 mit dem HD-Grad korreliert, erreicht aber eine Korrelation von 0,82 zum Schweizer HD-Grad von Auswerter 3. Die Schweizer Morganlinie (6) korreliert mit 0,78 bis 0,82 gleichmäßig hoch mit den HD-Graden. Die NW-Messung korreliert mit der FCI-Morganlinie nur mit 0,60, aber mit der Schweizer Morganlinie mit 0,86. Mit den Schweizer Kriterien korreliert die NW-Messung mit 0,81 bis 1,00 insgesamt hoch, auch die Korrelationen mit den Hipscore-Kriterien sind hoch.
Die Gesamtpunktzahl des Hipscore korreliert genetisch mit fast allen Kriterien aller Auswertungsmethoden mit über 0,90. Ausnahmen sind die Kriterien subchondraler Knochen (Schweiz,4) und die FCI-Kriterien Gesamteindruck der Gelenkpfanne (1), Hals scharf/unscharf (13), Morganlinie (15), Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16) und Subluxation (17). Die drei letztgenannten Kriterien korrelieren nur mit Werten zwischen 0,65 bis 0,73 mit der Gesamtpunktzahl des Hipscore.
Die HD-Grade von Auswerter 1, 2 und 3 und die Gesamtpunktzahl des Hipscore unterscheiden sich in der Höhe der Korrelation zu den Kriteriengruppen Arthrose und Subluxation. Subluxationskriterien korrelieren höher zu den HD-Graden der Auswerter 1, 2 und 3, die Gesamtpunktzahl des Hipscore korreliert höher zu den Arthrosekriterien.
Die niedrigsten genetischen Korrelationen zu den HD-Graden von Auswerter 1, 2 und 3 werden von Arthrosekriterien erreicht. Bei der Schweizer Methode sind dies immer die Kriterien subchondraler Knochen (4) und Femurkopf und -hals (5), bei der FCI Methode gehören immer die Kriterien Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4), Hals scharf/unscharf (13) und Auflagerungen am Hals (14) dazu.
Das Kriterium subchondraler Knochen (Schweiz,4) korreliert mit den HD-Graden der Auswerter 1, 2 und 3, der Gesamtpunktzahl des Hipscore und der NW-Messung niedriger als alle anderen Kriterien.
Die NW-Messung korreliert mit den FCI-Kriterien Morganlinie (15), Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16) und Subluxation (17) mit 0,60, 0,73 und 0,70 niedrig.

Die höchsten phänotypischen Korrelationen liegen beim HD-Grad von Auswerter 1, 2 und 3 zwischen 0,76 und 0,82. Die Reihung der Kriterien nach Höhe der Korrelationen folgt der Reihung bei den genetischen Korrelationen. Ausnahmen sind die niedrige Korrelation von 0,57 des Kriteriums kaudaler Azetabulumrand (Hipscore,8) zum HD-Grad des Auswerters 1, die hohe Korrelation von 0,76 des Kriteriums Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (FCI,3) zum HD-Grad des Auswerters 2 und die niedrige Korrelation von 0,64 des Kriteriums Morganlinie (Schweiz,6) zum Schweizer HD-Grad. Die NW-Messung korreliert auf gleich hohem Niveau

wie die HD-Grade der Auswerter, nur bei Arthrosekriterien der FCI-Methode sind die Korrelationen etwas geringer.
Die phänotypischen Korrelationen zur Gesamtpunktzahl des Hipscores bestätigen die genetischen Korrelationen auf niedrigerem Niveau. Das Kriterium Morganlinie des Auswerters 3 (Schweiz,5) korreliert mit der Hipscore-Gesamtpunktzahl mit 0,71, das gleiche Kriterium von Auswerter 2 (FCI,15) aber nur mit 0,42.

4.7.6 Phänotypische Korrelationen zwischen den Einzelkriterien der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore)

Die phänotypischen Korrelationen zwischen den Einzelkriterien der Auswertungen liegen zwischen 0,28 und 0,86 (vollständige Darstellung: Anlage 9.9, Tab. 69 und Tab. 70)
Die höchsten Korrelationen untereinander werden von zwei Kriteriengruppen erreicht, die eine Gruppe beschreibt die Subluxation und die andere Arthrosen.
Der NW (FCI,18; Schweiz,1; Hipscore,1) wird in allen drei Methoden ausgewertet. Er erreicht untereinander hohe Korrelationen zwischen 0,78 und 0,85. Auch die Subluxation (FCI,17; Schweiz,2; Hipscore,2) wird ähnlich ausgewertet und ist zwischen 0,75 und 0,83 korreliert.
Die Arthrosekriterien sind in ihren Beschreibungen mannigfaltiger und ihre Anzahl größer, erfassen aber die Veränderungen ähnlich. Sie erreichen untereinander Korrelationen von 0,62 bis 0,86. Nach den phänotypischen Korrelationen gehören zur Gruppe der Arthrosekriterien bei FCI die Kriterien 7, 8, 11, 13 und 14, beim Hipscore die Kriterien 4 - 9 und bei der Schweizer Methode das Kriterium 5.
Auch der kraniolaterale Azetabulumrand (FCI,3; Schweiz,3; Hipscore,5) wird bei allen Methoden als Kriterium erfasst. Er ist mit 0,59 bis 0,77 untereinander korreliert.
Die Morganlinie, sowohl von FCI (15) als auch von der Schweizer Methode (6) als Einzelkriterium und vom Hipscore (8) innerhalb eines Kriteriums erfasst, korreliert mit anderen Kriterien sehr unterschiedlich. Die Morganlinie bei FCI (15) zeigt vergleichsweise nur geringe Korrelationen zu anderen Kriterien. Ausnahme ist die Korrelation von 0,64 zum Kriterium Morganlinie bei der Schweizer Methode (6). Die Korrelation mit Kriterium 8 des Hipscores beträgt nur 0,44. Das Kriterium Morganlinie der Schweizer Methode zeigt aber auch Korrelationen von 0,63 - 0,64 mit den FCI-Kriterien 1, 3, 7, 8, 11 und 14, die außer Kriterium 1 hauptsächlich Arthrosen beschreiben. Die höchste Korrelation zwischen Schweizer Morganlinie und Hipscore erreicht Kriterium 8 mit 0,77.

Das Hipscore-Kriterium 8 erreicht mit dem Schweizer Arthrosekriterium 5, das genauso wie das Hipscore-Kriterium 8 Exostosen an Femurkopf und –hals beschreibt, eine höhere Korrelation von 0,86. Zu den FCI-Kriterien 5, 8 und 14 hat das Hipscore-Kriterium 8 phänotypische Korrelationen, die mit 0,80 bis 0,85 fast doppelt so hoch liegen wie zur Morganlinie.

4.8 Regressionen

Alle Regressionen erreichen eine Signifikanz von $p < 0,01$.

4.8.1 Einfluss der Einzelkriterien auf das Endergebnis der Auswertungsmethode

Die Regression der Einzelkriterien auf das Endergebnis der jeweiligen Auswertungsmethode stellt den Einfluss der Kriterien dar. Bei der schrittweisen Aufnahme des jeweils die Varianz am Besten abdeckenden Kriteriums kommt es zu einer übersichtlichen tabellarischen Darstellung. Das Kriterium, das die Varianz des Endergebnisses am Besten erfasst steht in der ersten Zeile der (Tab. 47) bis (Tab. 52). Es werden nur die Kriterien dargestellt, die das Bestimmtheitsmaß (R^2) um mehr als 1% verbessern.

4.8.1.1 HD-Grade (Auswerter 2)

Bei der FCI-Auswertung ist der HD-Grad als Endergebnis die abhängige Variable. Von den 15 Einzelkriterien, reichen 5 Kriterien aus, um ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,86 zu erreichen (Tab. 47). Weitere 5 Kriterien können das R^2 noch um 0,02 auf 0,88 steigern, die restlichen 5 Kriterien beinhalten kein zusätzliches Wissen. Ein Bestimmtheitsmaß von 1,00 wird auch durch alle Kriterien nicht erreicht.

Der Norbergwinkel (18) beeinflusst den HD-Grad mit 0,65, durch die Beschreibung des Gelenkspaltes (16) und durch das Arthrosekriterium walzenförmiger Hals (11) wird ein Bestimmtheitsmaß von 0,83 erreicht.

Tab. 47: Einfluss der FCI-Einzelkriterien auf den HD-Grad (Auswerter 2)

Kriterium	R^2	b
Norbergwinkel (NW) (18)	0,65	0,24
Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	0,76	0,28
walzenförmiger Hals (11)	0,83	0,25
Kragenbildung Kopf (7)	0,85	0,20
Subluxation (17)	0,86	0,14

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

4.8.1.2 Schweizer HD-Grade (Auswerter 3)

Die abhängige Variable bei der Schweizer Methode ist der HD-Grad. Von den 6 Kriterien wird zusammen ein Bestimmtheitsmaß von 0,85 erreicht, wobei 5 Kriterien ausreichen, um das höchste R^2 zu erreichen (Tab. 48). Dies ist vergleichbar mit dem Ergebnis bei der FCI-Auswertung (Auswerter 2), hier wurde mit 5 Kriterien ein R^2 von 0,86 und mit allen Kriterien ein R^2 von 0,88 erreicht. Ein Bestimmtheitsmaß von 1,0 wird erreicht, wenn als abhängige Variable die Gesamtpunktzahl beibehalten und nicht durch den HD-Grad ersetzt wird. Wie auch schon bei der FCI-Auswertung beschreibt der NW (1) den HD-Grad am Besten.

Tab. 48: Einfluss der Schweizer Einzelkriterien auf den HD-Grad (Auswerter 3)

Kriterium	R^2	b
Norbergwinkel (NW) (1)	0,60	0,10
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,75	0,14
subchondraler Knochen (4)	0,79	0,13
Subluxation (2)	0,83	0,14
Morganlinie (5)	0,85	0,10
Femurkopf u. –hals (6)	0,85	0,01

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

4.8.1.3 Hipscore-Gesamtpunktzahl (Auswerter 4)

Der Hipscore ergibt sich aus 9 Kriterien, die Gesamtpunktzahl ist Endergebnis und abhängige Variable. Ein Bestimmtheitsmaß von 0,97 wird schon mit 4 Kriterien erreicht, die arthrotischen Veränderungen der Fossa azetabuli (6) erreichen allein ein R^2 von 0,86 (Tab. 49). Mit dem zweiten Kriterium Subluxation (2), das die Abdeckung des Femurkopfes vom Pfannendach beschreibt, wird ein R^2 von 0,93 erlangt. Alle 9 Kriterien zusammen erreichen ein R^2 von 1,00, da die Gesamtpunktzahl aller Kriterien gleichzeitig auch das Endergebnis ist und sich so direkt aus den Punktzahlen der Einzelkriterien ableitet.

Tab. 49: Einfluss der Hipscore-Einzelkriterien auf die Gesamtpunktzahl (Auswerter 4)

Kriterium	R^2	b
Fossa azetabuli (6)	0,86	0,25
Subluxation (2)	0,93	0,24
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,96	0,18
Deformation Femurkopf (9)	0,97	0,25

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

4.8.2 Einfluss aller Kriterien auf die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3

Alle Einzelkriterien der Methoden und die NW-Messung werden als unabhängige Variablen in einer Regression verwendet. Als abhängige Variable wird die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3 genutzt. Zu 262 Röntgenbildern liegen Auswertungen für alle Kriterien vor.
Von den 31 Kriterien werden durch die Regressionsanalyse 6 Kriterien erkannt, die zusammen ein Bestimmtheitsmaß von 0,89 erreichen (Tab. 50). Alle weiteren Kriterien erhöhen das R^2 nicht mehr.
Allein der NW (Schweiz,1) erreicht ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,65. Das folgende Kriterium ist ein Arthrosekriterium (Hipscore,8). Die Beschreibung des Gelenkspaltes (FCI,16) und das Kriterium Subluxation (FCI,17) von Auswerter 2 erfassen die Subluxation des Gelenkes genauer. Durch die Kriterien subchondraler Knochen (Schweiz,4) und kraniolateraler Azetabulumrand (Schweiz,3) werden auch feine arthrotische Veränderungen erfaßt.

Tab. 50: Einfluss aller Kriterien auf die Summe des HD-Grades von Auswerter 2 und 3

Kriterium	R^2	b
Norbergwinkel (NW) (Schweiz,1)	0,65	0,22
Exostosen Femurkopf u. –hals (Hipscore,8)	0,76	0,38
Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (FCI,16)	0,82	0,31
Subluxation (FCI,17)	0,85	0,37
subchondraler Knochen (Schweiz,4)	0,88	0,19
kraniolateraler Azetabulumrand (Schweiz,3)	0,89	0,18

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

Durch den Ausschluss der wichtigsten unabhängigen Variablen, dem NW von Auswerter 3 (Schweiz,1), sollen die Veränderungen in der Regression beobachtet werden.
Bei der folgenden Regressionsanalyse wurde dieser durch den NW des Auswerters 2 (FCI,18) ersetzt (Tab. 51). Insgesamt beeinflussen diesmal 7 Kriterien das Endergebnis. Das Kriterium Deformation Femurkopf (Hipscore,9) kommt hinzu. Es wird wieder ein R^2 von 0,89 erreicht.

Tab. 51: Einfluss aller Kriterien auf die Summe des HD-Grades von Auswerter 2 und 3 unter Ausschluss des Schweizer NW (1)

Kriterium	R^2	b
Norbergwinkel (NW) (FCI,18)	0,60	0,30
Subluxation (FCI,17)	0,72	0,39
subchondraler Knochen (Schweiz,4)	0,80	0,20
Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (FCI,16)	0,83	0,33
Exostosen Femurkopf und –hals (Hipscore,8)	0,86	0,63
kraniolateraler Azetabulumrand (Schweiz,3)	0,88	0,21
Deformation Femurkopf (Hipscore,9)	0,89	0,39

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

4.8.3 Einfluss der NW-Messung auf die Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3

Die NW-Messung (Ausmesser 5+6) erreicht als Einzelkriterium ein Bestimmtheitsmaß von 0,61 (b = -0,13) und somit eine vergleichbar hohe Regressionen zur Summe der HD-Grade von Auswerter 2 und 3 wie die NW der Auswerter 2, 3 und 4.

4.8.4 Einfluss aller Kriterien auf Arthrosen

Als abhängige Variable wurde das Kriterium Arthrosen an Kopf und Hals (8) aus dem Hipscore beispielhaft gewählt. Die anderen Arthrosekriterien erreichen erwartungsgemäß Bestimmtheitsmaße bis zu 0,75 auf die vorgenannte Zielgröße.

Erst nach Ausgliederung von 18 Kriterien, die Arthrosen oder morphologische Veränderungen am Gelenk beschreiben, zeigt das erste Subluxationskriterium eine Regression zur abhängigen Variablen.

Die Norbergwinkel (NW-Messung: R^2=0,37 b=-0,35; FCI,18: R^2=0,31 b=0,50; Schweiz,1: R^2=0,25 b=0,28; Hipscore,1: R^2=0,29 b=0,28) die Subluxationskriterien (FCI,17: R^2=0,19 b=0,47; Schweiz,2: R^2=0,23 b=0,33; Hipscore,2: R^2=0,40 b=0,55) und die subchondrale Sklerose (FCI,2: R^2=0,28 b=0,66; Schweiz,4: R^2=0,28 b=0,43) beschreiben die Arthrosen zwar ähnlich, es kommt aber innerhalb der Kriterien zu großen Unterschieden. Eine Zeigerfunktion der Sklerose des subchondralen Knochens für Arthrosen ist nicht zu erkennen.

4.8.5 Einfluss aller Kriterien auf klinische Symptome

Klinische Symptome aufgrund HD, als abhängige Variable, konnte an 147 Tieren überprüft werden, wobei 13 Hunde Symptome zeigten.
Ein Subluxationskriterium (FCI,9), das den Sitz des Kopfes in der Pfanne beschreibt, erreicht ein Bestimmtheitsmaß von 0,55 (Tab. 52). Insgesamt 6 Kriterien vergrößern R^2 um mehr als 1% bis zu 0,77. Hierbei handelt es sich um 4 Arthrosekriterien, ein Subluxations- und ein morphologisches Kriterium (FCI,1).

Tab. 52: Einfluss aller Kriterien auf klinische Symptome

Kriterium	R^2	b
Sitz des Kopfes in der Pfanne (FCI,9)	0,55	0,17
dorsaler Azetabulumrand (Hipscore,4)	0,66	0,09
Auflagerung am kraniolateralen Azetabulumrand (FCI,4)	0,70	0,28
Hals scharf/unscharf (FCI,13)	0,72	0,26
Fossa azetabuli (Hipscore,6)	0,74	0,11
Gesamteindruck Gelenkpfanne (FCI,1)	0,77	0,06

R^2 = Bestimmtheitsmaß, b = Regressionskoeffizient

4.9 Korrelationen zwischen HD-Graden, Gesamtpunktzahlen und Indices aus Einzelkriterien im Hinblick auf einen Übertragungsschlüssel zwischen den Auswertungsmethoden

Durch die Gewichtung von Einzelkriterien wurden Indices erstellt. Die Gewichtungen wurden mit Regressionskoeffizienten (b) vorgenommen und die Indices so auf das Endergebnis (z.B HD-Grad) optimiert. Eine etwaige Überlegenheit der Indices im Hinblick auf einen Übertragungsschlüssel zwischen den Auswertungsmethoden wurde durch phänotypische Korrelationen überprüft.

Tab. 53: Phänotypische Korrelationen zwischen Indices aus den Schweizer Einzelkriterien und den Endergebnissen von FCI und Hipscore

	Schweizer Methode		
	HD-Grad	Gesamtpunktzahl	Index aus Einzelkriterien
HD-Grad FCI Auswerter 2	0,80	0,83	0,84
Gesamtpunktzahl Hipscore	0,76	0,90	0,93

Der Index aus den Schweizer Einzelkriterien erreicht mit 0,84 eine höhere Korrelation zum FCI-HD-Grad von Auswerter 2 als der Schweizer HD-Grad und die Schweizer Gesamtpunktzahl (Tab. 53). Der Unterschied in der Korrelation zwischen der Schweizer Gesamtpunktzahl und dem Index mit dem FCI-HD-Grad ist aber mit 0,01 nur sehr gering.

Die Korrelation zwischen dem Index aus Schweizer Einzelkriterien und Gesamtpunktzahl des Hipscore liegt mit 0,93 sehr hoch. Die Korrelation zwischen Schweizer Gesamtpunktzahl und Gesamtpunktzahl des Hipscore liegt mit 0,90 aber nur geringfügig niedriger.

Tab. 54: Phänotypische Korrelationen zwischen Indices aus den Hipscore Einzelkriterien und den Endergebnissen von FCI und Schweizer Methode

	Hipscore	
	Gesamtpunktzahl	Index aus Einzelkriterien
HD-Grad FCI Auswerter 2	0,78	0,84
HD-Grad Schweiz	0,76	0,84
Gesamtpunktzahl Schweiz	0,90	0,93

Der Index aus Hipscore Einzelkriterien verbessert die Korrelation zum FCI-HD-Grad im Vergleich zur Hipscore-Gesamtpunktzahl um 0,06 auf 0,84 (Tab. 54). Die Korrelation zum Schweizer HD-Grad wird um 0,08 auch auf 0,84 erhöht.
Die Schweizer Gesamtpunktzahl erreicht mit dem Index aus Hipscore Einzelkriterien eine sehr hohe Korrelation von 0,93.

Die Korrelationen der Indices liegen durchgehend höher als die Korrelationen der Endergebnisse untereinander. Die Unterschiede sind aber gering.
Das Ziel durch Indices aus Einzelkriterien so hohe Korrelationen zu finden, dass eine Übertragung der Endergebnisse von einer zur anderen Methode möglich wird, wurde nicht erreicht.
Nur die hohen Korrelationen zwischen den Gesamtpunktzahlen der Schweizer Methode und dem Hipscore oder deren Indices lassen eine Übertragung möglich erscheinen.

4.10 Heritabilitäten

4.10.1 Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen

Die in Tab. 55 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Auswerter 1, 2 und 3 ähnlich hohe Heritabilitäten beim HD-Grad erreichen. Diese liegen bei Datensatz 1 (DS1) mit 0,47 - 0,50 erheblich höher als bei Datensatz 2 (DS2) mit 0,30 - 0,34. Datensatz 2 stellt eine auf HD vorselektierte Population dar (siehe Kapitel 3.4). Vergleicht man die vorgenannten Heritabilitäten, die an der Population von 1986 bis 1993 geschätzt wurden, mit der Heritabilität von 0,22 des HD-Grades von Auswerter 1, die an der Population von 1994 bis 1996 geschätzt wurde, ist eine h^2-Reduktion von über der Hälfte zu erkennen.
Die Übertragung der Gesamtpunktzahl des Hipscore in HD-Grade mit dem Übertragungsschlüssel von Clayton Jones führt mit 0,36 (DS1) und 0,26 (DS2) zu geringeren Heritabilitäten als bei der direkten Auswertung nach HD-Graden.
Die Heritabilitäten der Gesamtpunktzahlen liegen höher als die der HD-Grade. Die Hipscore-Gesamtpunktzahl erreicht mit 0,86 (DS1) und 0,69 (DS2) sehr hohe Heritabilitäten. Die Heritabilitäten der Gesamtpunktzahlen von FCI und Schweiz liegen bei DS1 mit 0,78 und 0,62 zwar noch weit auseinander, nähern sich bei DS2 aber mit 0,46 und 0,44 aneinander an.

Tab. 55: Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen

Auswerter	HD-Grad		Gesamtpunktzahl	
	DS1	DS2	DS1	DS2
FCI (Auswerter 1)	0,47	0,31		
FCI (Auswerter 2)	0,50	0,30	0,78	0,46
Schweiz (Auswerter 3)	0,48	0,34	0,62	0,44
Hipscore (Auswerter 4)	0,36[a]	0,26[a]	0,86	0,69

DS1/DS2 = Datensatz 1 und 2, [a] Übertragungsschlüssel nach Clayton Jones
FCI (Auswerter 1) Population 1994 - 1996: $h^2 = 0,22$

Die in Tab. 56 vorgenommene Einschränkung der FCI-HD-Skala führt zu einem niedrigerem h^2 bei den Schätzungen. Bei der FCI Auswertung (Auswerter 2) führt die Zusammenfassung von HD-schwer und HD-mittel in einen HD-Grad zu einer h^2-Reduktion von 0,50 auf 0,45. Werden HD-schwer, HD-mittel und HD-leicht in einem HD-Grad zusammengefasst beträgt das h^2 noch

0,38. Eine noch stärkere h^2-Reduktion wird bei der Entfernung von HD-schwer bzw. HD-schwer und HD-mittel erreicht. Die Heritabilität beträgt dann noch 0,31 bzw. 0,25.

Auch bei der Auswertung nach der Schweizer Methode kommt es zu einer Reduktion der Heritabilität, wobei die Unterschiede geringer ausfallen und es zu keiner weiteren Verringerung der Heritabilität durch Entfernen von HD-schwer und HD-mittel kommt.

Auch bei der Übertragung der Gesamtpunktzahl des Hipscore in HD-Grade nach Clayton Jones werden HD-schwer und HD-mittel in einen Grad zusammengefasst. Hierbei wird ein h^2 von 0,36 geschätzt und die vergleichbaren Heritabilitäten von Auswerter 2 und 3 mit 0,45 und 0,44 nicht erreicht.

Tab. 56: Heritabilitäten bei eingeschränkter HD-Grad Skala

	FCI (Auswerter 2)	Schweiz (Auswerter 3)
	DS1	DS1
HD-Grad, offiziell	0,50	0,48
HD-Grad, HD-S gleich HD-M	0,45	0,44
HD-Grad, HD-S und HD-M gleich HD-L	0,38	0,43
HD-Grad, ohne HD-S	0,31	0,41
HD-Grad, ohne HD-S und HD-M	0,25	0,44

HD-L = HD-leicht, HD-M = HD-mittel, HD-S = HD-schwer
DS1 = Datensatz 1

4.10.2 Heritabilitäten der Kriterien

Die Heritabilitäten der Einzelkriterien bewegen sich insgesamt auf einem hohem Niveau (Tab. 57). Insbesondere die Merkmale, die Arthrosen beschreiben, zeigen bei DS1 sehr hohe Heritabilitäten.

Bei den FCI-Kriterien werden die höchsten Heritabilitäten (DS1) durch die Arthrosekriterien Deformation des Kopfes (8) und Hals scharf/unscharf (13) und den Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3) mit 0,74 bis 0,91 geschätzt. Während die Arthrosekriterien 8 und 13 bei DS2 nur noch geringe Heritabilitäten erreichen, steigert sich das h^2 des Kriteriums 3 auf 0,83. Gegen den Trend erhöht sich auch die Heritabilität des Kriteriums Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16) auf 0,48, außerdem erreicht das Kriterium walzenförmiger Hals (11) weiterhin eine Heritabilität von 0,58. Für die vier Arthrosekriterien 4, 5, 7 und 8 kann bei DS2 keine oder nur noch eine sehr geringe Heritabilität geschätzt werden.

Die h^2-Schätzungen der Schweizer Kriterien zeigen im Niveau ähnliche Tendenzen wie bei den FCI-Kriterien. Sind bei DS1 die Heritabilitäten der Arthrosekriterien Femurkopf und -hals (5) und Morganlinie (6) am Höchsten, sinken sie bei DS2 stark ab. Insbesondere die Subluxation (2) und der kraniolaterale Azetabulumrand (3) erreichen mit 0,51 und 0,48 auch bei DS2 höhere Heritabilitäten. Die Beschreibung des subchondralen Knochens (4) hat mit 0,21 bei DS1 die geringste Heritabilität aller untersuchten Kriterien, auch bei DS2 liegt die Heritabilität nur bei 0,16.

Die Heritabilitäten der Hipscore-Kriterien bestätigen die Ergebnisse bei den FCI und Schweizer Kriterien. Die höchsten Heritabilitäten bei DS1 werden von den Arthrosekriterien 6, 7 und 9 erreicht, wobei für die Deformation des Femurkopfes und –halses (9) eine Heritabilität von 1,00 geschätzt wird. Die Kriterien 6, 7 und 9 können zwar auch bei DS2 höhere Heritabilitäten halten, aber die Arthrosekriterien 4 und 8 zeigen keine bzw. nur noch eine sehr geringe Heritabilität. Für die Subluxation (2) wird eine Heritabilität von 0,58 bei DS2 geschätzt.

Tab. 57: Heritabilitäten der Einzelkriterien

FCI Kriterien	h² DS1	h² DS2	Schweiz Kriterien	h² DS1	h² DS2	Hipscore Kriterien	h² DS1	h² DS2
Norbergwinkel (NW) (18)	0,65	0,38	Norbergwinkel (NW) (1)	0,46	0,34	Norbergwinkel (NW) (1)	0,60	0,49
Subluxation (17)	0,62	0,40	Subluxation (2)	0,58	0,51	Subluxation (2)	0,65	0,58
Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	0,67	0,19						
Gelenkspalt konzentrisch/ divergierend (16)	0,40	0,48						
Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrand (3)	0,82	0,83	kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,54	0,48	kraniale Azetabulumkontur (3)	0,64	0,49
Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)	0,71	0,00						
subchondrale Sklerose (2)	0,56	0,44	subchondraler Knochen (4)	0,21	0,16			
Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	0,66	0,37				dorsaler Azetabulumrand (4)	0,61	0,00
						kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,65	0,39
						Fossa azetabuli (6)	0,75	0,60
						kaudaler Azetabulumrand (7)	0,91	0,64
Auflagerungen am Hals (14)	0,70	0,27	Femurkopf u. –hals (5)	0,69	0,19	Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	0,56	0,10
Kragenbildung Kopf (7)	0,33	0,00						
walzenförmiger Hals (11)	0,57	0,58						
Hals scharf/unscharf (13)	0,91	0,28						
Morganlinie (15)	0,36	0,31	Morganlinie (6)	0,62	0,19			
Deformation des Kopfes (8)	0,74	0,07				Deformation Femurkopf u. –hals (9)	1,00	0,94
kugelförmiger Kopf (5)	0,70	0,08						

h² = Heritabilität, DS1/DS2 = Datensatz 1 und 2

4.10.3 Heritabilitäten der NW-Auswertungen und der NW-Messung

Die Heritabilitäten des NW (DS1) liegen zwischen 0,46 und 0,74 (Tab. 58). Die niedrigste Heritabilität erreicht der NW der Schweizer Auswertung mit 0,46, die höchste Heritabilität erreicht die Summe der NW Messungen von Ausmesser 5 und 6. Der Unterschied zwischen niedrigster und höchster Heritabilität beträgt 0,28.
Bei DS2 werden zwar durchweg niedrigere Heritabilitäten geschätzt, sie liegen aber noch zwischen 0,34 und 0,65.

Tab. 58: Heritabilitäten aller NW-Auswertungen und der NW-Messung

	Heritabilitäten	
	DS1	DS2
FCI NW (18)	0,65	0,38
Schweiz NW (1)	0,46	0,34
Hipscore NW (1)	0,60	0,49
Ausmesser 5 + 6	0,74	0,65

DS1/DS2 = Datensatz 1 und 2

Die Heritabilitäten der NW-Messungen liegen für die Jahrgänge 1984 - 1996 bei 0,65 und 0,70 (Tab. 59).
Wird die Heritabilität nur für die Jahrgänge 1994 bis 1996 geschätzt, kommt es zu einer Reduktion des h^2 auf 0,60 bzw. 0,63. Im Vergleich zur Heritabilität von 0,22 bei der FCI Auswertung von Auswerter 1 für 1994 – 1996 ist dies eine viel geringere Reduktion.

Tab. 59: Heritabilitäten der NW-Messung an Teilpopulationen

	Heritabilität 1984-1996	Heritabilität 1984-1993	Heritabilität 1994-1996
	DS1	DS1	
NW Ausmesser 5	0,70	0,76	0,60
NW Ausmesser 6	0,65	0,67	0,63

DS1 = Datensatz 1

4.11 Darstellung des zu erwartenden Zuchtfortschrittes mit Selektionsindices

Der Einsatz von Selektionsindices über Regressionen zeigt die relative Überlegenheit einer optimierten Züchtungsinformation. Der zu erwartende Zuchtfortschritt bei Einsatz des Selektionsindexes im Hinblick auf die jeweilige Zielgröße (HD-Grad, Gesamtpunktzahl) wird in Tab. 60 dargestellt. Die Selektion mit der Zielgröße als Eigenleistung führt zu einem Zuchtfortschritt von 100%.

Die Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp der Zielgröße wird durch h beschrieben, die Korrelation des phänotypischen Indexes zum additiven Genotyp der Zielgröße durch r_{AI}. Der Selektionsindex ist relativ überlegen, wenn r_{AI} größer als h ist.

Die Regressionskoeffizienten (b) der Informationsmerkmale für die Selektionsindices sind in Anlage 9.10, Tab. 71 dargestellt.

Allein die NW-Messung als Informationsmerkmal im Selektionsindex erreicht gegenüber den HD-Graden der Auswerter 1, 2 und 3 als Zielgröße bei DS1 einen größeren möglichen Zuchtfortschritt zwischen 8 und 14% (Tab. 60). Im Gegensatz dazu wäre der mögliche Zuchtfortschritt bei der Gesamtpunktzahl des Hipscore um 12% geringer.

Die gleichen Berechnungen mit DS2 zeigen eine noch größere Überlegenheit der NW-Messung gegenüber den HD-Graden. Die Einschränkung der Varianz der HD-Grade und die im Vergleich zum NW stärker sinkende Heritabilität erklärt die steigende Überlegenheit. Der Genotyp des Hipscore wird weiterhin besser durch seine Gesamtpunktzahl charakterisiert, aber der Zuchtfortschritt durch Selektion nach NW wäre nur noch um 8% geringer.

Der Einsatz der Schweizer Einzelkriterien als Informationsmerkmale (Tab. 60) zeigt eine nochmals höhere relative Überlegenheit des Indexes von 22 - 25% bei den HD-Graden (DS1). Auch die Gesamtpunktzahl des Hipscore kann durch diesen Index geringfügig besser erfasst werden. Bei DS2 wird eine relative Überlegenheit bis zu 40% bei den HD-Graden erreicht, beim Hipscore ist aber die Zucht mit der Eigenleistung dem Index überlegen.

Die Hipscore Einzelkriterien ermöglichen den effektivsten Index (Tab. 60). Bei den HD-Graden als Zielgröße beträgt die relative Überlegenheit des Indexes zwischen 36% und 43%, für DS2 werden Überlegenheiten bis zu 80% errechnet. Auch die Zucht auf die Gesamtpunktzahl des Hipscores wird durch den Index etwas besser erfasst.

Tab. 60: Zuchtfortschritt mit der NW-Messung, den Schweizer- und Hipscore-Kriterien als Züchtungsinformation in einem Selektionsindex

Zielgröße	h der Zielgröße		Informations-merkmal	r_{AI} des Index		Relative Überlegenheit	
	DS1	DS2		DS1	DS2	DS1	DS2
HD-Grad Auswerter 1	0,69	0,56	NW Ausmesser 5 + 6	0,75	0,69	108%	123%
HD-Grad Auswerter 2	0,71	0,55	NW Ausmesser 5 + 6	0,81	0,73	114%	133%
HD-Grad Schweiz	0,69	0,58	NW Ausmesser 5 + 6	0,78	0,68	113%	117%
HD-Grad[b] Auswerter 1 + 2 + 3	0,70	0,56	NW Ausmesser 5 + 6	0,79	0,71	113%	127%
Gesamtpunktzahl Hipscore	0,93	0,83	NW Ausmesser 5 + 6	0,82	0,76	88%	92%
HD-Grad Auswerter 1	0,69	0,56	Schweiz (1-6)	0,84	0,72	122%	129%
HD-Grad Auswerter 2	0,71	0,55	Schweiz (1-6)	0,89	0,77	125%	140%
HD-Grad Schweiz	0,69	0,58	Schweiz (1-6)	0,84	0,69	122%	119%
HD-Grad[b] Auswerter 1 + 2 + 3	0,70	0,56	Schweiz (1-6)	0,87	0,74	124%	128%
Gesamtpunktzahl Hipscore	0,93	0,83	Schweiz (1-6)	0,95	0,76	102%	92%
HD-Grad Auswerter 1	0,69	0,56	Hipscore(1-9)	0,94	0,99	136%	177%
HD-Grad Auswerter 2	0,71	0,55	Hipscore (1-9)	1,00	0,99	141%	180%
HD-Grad Schweiz	0,69	0,58	Hipscore (1-9)	0,99	0,96	143%	166%
HD-Grad[b] Auswerter 1 + 2 + 3	0,70	0,56	Hipscore (1-3), (5-7), 9	0,91	0,82	130%	146%
Gesamtpunktzahl Hipscore	0,93	0,83	Hipscore (1-9)	0,98	1,00	105%	120%

[b] Summe der HD-Grade von Auswerter 1, 2 und 3; DS1/DS2 = Datensatz 1 und 2

h = Korrelation zwischen Phänotyp und Genotyp der Zielgröße

r_{AI} = Korrelation des phänotypischen Indexes zum additiven Genotyp der Zielgröße

5 Diskussion

Die Untersuchungen vergleichen an Röntgenbildern von Berger des Pyrénées HD-Diagnose-Methoden (FCI, Schweiz, Hipscore), eine NW-Messung und klinische Symptome aufgrund HD. Es werden Wege zur weiteren Optimierung der HD-Bekämpfung durch eine bessere Anpassung an die Ansprüche der Selektion aufgezeigt.

5.1 Röntgenbildqualität

Hierfür ist es notwendig, dass die Röntgenbildqualität eine valide Auswertung zulässt. Je differenzierter eine Auswertungsmethode, je mehr Einzelkriterien hinzugezogen werden, desto besser muss sowohl die technische Qualität als auch die Lagerungsqualität des Röntgenbildes sein. Die Zurückweisung der Röntgenbilder durch unzureichende technische Qualität (BRASS, 1987; FLÜCKIGER und FREUDIGER, 1991), trifft in der vorliegenden Studie insbesondere auf die Erfassung der Morganlinie zu. Die Morganlinie, als feiner arthrotischer Grat am Femurhals, konnte bei der Schweizer Methode bei 11 von 287 Röntgenbildern nicht beurteilt werden, bei den anderen Kriterien waren dies nur 3 - 5 Bilder. Schon KLIMT et al. (1992) wiesen darauf hin, dass die Morganlinie hohe Ansprüche an die technische Röntgenbildqualität stellt.
Eine schlechte Lagerung des Hundes mit Verkippung um die Längsachse führt zur Begünstigung eines Hüftgelenkes (GIBBS, 1997), insbesondere bei Kriterien, welche die Lockerheit der Hüfte erfassen, z.B. dem NW oder das Verhältnis von Femurkopfzentrum zu dorsalem Azetabulumrand (Subluxation). Die Korrelationen zwischen rechtem und linkem Gelenk liegen bei den zwei erwähnten Kriterien sowohl bei der FCI als auch der Hipscore Auswertung im Vergleich zu anderen Kriterien sehr niedrig. Bei der Auswertung nach der Schweizer Methode wurde die Verkippung um die Längsachse bei der Auswertung berücksichtigt und so direkt ausgeglichen. Dieses von TELLHELM und BRASS (1989) und REIBEL (1992) beschriebene Problem tritt also auch in dieser Studie auf, ist aber für genetische Studien, durch eine Addition beider Gelenksbeurteilungen wie von GIBBS (1997) vorgeschlagen, zu beheben.

5.2 Verteilungen

Die Verteilung der Punktzahlen der Einzelkriterien ist durch die geringere Anzahl von Hunden mit schwer dysplastischen Hüften geprägt. Bei allen drei Methoden (FCI, Schweiz, Hipscore) lassen sich aufgrund unterschiedlicher Varianz zwei Gruppen von Kriterien bilden. Die erste Gruppe, hier als Arthrosekriterien bezeichnet, zeigt beim Pyrenäenschäferhund eine sehr geringe Varianz. Je nach Kriterium gibt es nur bei 2 bis 15% der Hunde Veränderungen. Arthrosen treten hierbei selten isoliert an Oberschenkelhals und –kopf oder am Azetabulum auf, sondern entweder gar nicht oder an allen Teilen des Gelenkes. Daraus folgt, dass die Tiere mit arthrotischen Hüften beim Hipscore und bei FCI eine sehr hohe Gesamtpunktzahl erreichen, da beim Hipscore durch sechs der neun Kriterien Arthrosen beschrieben werden, bei FCI beschreiben 9 der 18 Kriterien ausschließlich Arthrosen.

Die zweite Gruppe von Kriterien beschreibt ein „lockeres Gelenk“ und somit den primären Grund der HD (RISER, 1964; SMITH et al., 1990; MADSEN und SVALASTOGA, 1995; FRIEDRICH, 1996). Abweichungen vom idealen Gelenk kommen in dieser Arbeit bei über 90% der Röntgenbilder vor. Die größten Variationen werden beim NW und bei der Beziehung des dorsalen Azetabulumrandes zum Femurkopfzentrum (Subluxation) erreicht, wie auch von WOOD et al. (2000b) beobachtet. Es stellt sich die Frage, ob es sich wirklich immer um pathologische Veränderungen im Sinne eines lockeren Hüftgelenkes und nicht um physiologische Rasseeigentümlichkeiten ohne krankheitsrelevanten Wert handelt, wie von SCHNELLE (1937, 1954), SCARTAZZINI (1970), SCHREINERT (1962) und RICHTER (1977) schon beschrieben wurden. HARHOFF-RIEPE (1997) stellte bei Berger des Pyrénées mit HD-frei, HD-Übergang und HD-leicht und ohne arthrotischen Veränderungen am Gelenk fest, dass nur 50% der Hunde einen NW von über 97° erreichten, NW über 104° erreichten nur 5%. Aus ihren Ergebnissen schloss sie, dass der Referenzwert 105° für die untersuchte Hunderasse nicht haltbar ist. Trotzdem sind die Subluxationskriterien durch ihre größere Variation und die Erfassung des lockeren Gelenkes für die Selektion interessant, insbesondere OHLERTH et al. (2001) wiesen auf den Einfluss von NW und Subluxation auf Arthrosen hin.

Durch die gradgenaue NW-Messung wird die Variation im Gegensatz zur derzeit praktizierten NW-Beurteilung vergrößert und eine Spannweite der NW von 140° bis 218° für die Summe beider Hüftgelenke erreicht. Außerdem nähert sich bei der NW-Messung die Verteilung der

Häufigkeiten einer Gaußschen Normalverteilung an, so dass die Messung des NW zur Nutzung für die Zucht im Vergleich zu den einzelnen Kriterien optimiert ist.
Allein aus der Benennung eines Kriteriums lässt sich nicht schließen, dass bei den drei Auswertungsmethoden auch die gleichen Veränderungen erfasst werden, so findet z.B. Auswerter 2 (FCI) bei 42,3% der Hunde einen Hinweis auf eine Morganlinie, Auswerter 3 (Schweiz) hingegen sieht bei 25,0% Veränderungen, Auswerter 4 (Hipscore) wiederum nur bei 17,1%. Die objektive Erfassung der Morganlinie erscheint schwierig und lässt einen großen Interpretationsraum offen. Die Morganlinie zeigt, dass der Vergleich zwischen Einzelkriterien anhand der Häufigkeiten unbefriedigend ist, und hier erst die phänotypischen und genetischen Korrelationen einen objektiven Vergleich ermöglichen.

5.3 Vergleich der HD-Grade untereinander

Das Endergebnis der Auswerter 1, 2 (FCI) und 3 (Schweiz) ist der HD-Grad. Die Unterschiede im Beurteilungsniveau von 0,28 HD-Graden und die fehlende Übereinstimmung des HD-Grades bei 39,3 bis 50,0% der Hunde zeigen den großen Interpretationsspielraum in der FCI-Methode und bestätigen die Ergebnisse von STUR et al. (1996), die bei zwei erfahrenen Auswertern nur eine geringe Übereinstimmung der einzelnen Auswertungen fanden. Trotz des Zusammenschlusses aller Auswerter in der "Gesellschaft für Röntgendiagnostik genetisch beeinflusster Skeletterkrankungen bei Kleintieren e. V.", die durch Treffen und Umläufe von Röntgenbildern eine Standardisierung anstreben, ist diese in der vorliegenden Studie nicht erreicht. Da Auswerter 1 die Röntgenbilder über einen Zeitraum von 6 Jahren ausgewertet hat, kann hier von einem Zeittrend ausgegangen werden, den schon VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG (1983) in ihren Studien beobachteten. In diesen Zeitraum fallen z.B. die Propagierung der Morganlinie (MORGAN, 1987), die Entwicklung des FCI-Auswertungsbogens (1990, nach REIBEL 1992) und die Anpassung der NW-Auswertung an die rassespezifischen Besonderheiten des Berger des Pyrénées (HARHOFF-RIEPE, 1997). Eine Reaktion der Auswertung auf diese neuen Erkenntnisse, Zeittrend genannt, ist hier fest anzunehmen.
Auswerter 2 nutzte den FCI-Auswertungsbogen aktiv und hat die Bilder innerhalb eines kurzen Zeitraumes ausgewertet.
Im Gegensatz zu Auswerter 1 und 2, bei denen eine FCI-Auswertung zum Endergebnis HD-Grad führt, wertet Auswerter 3 nach der Schweizer Methode (FLÜCKIGER, 1993) aus und überträgt

durch einen offiziellen Schlüssel eine Gesamtpunktzahl in das Endergebnis FCI-HD-Grad. Hier bestätigten sich systembedingte Unterschiede bei der Beurteilung zwischen den Graden HD-frei und HD-Übergang, auf die OHLERTH et al. schon 1998 hinwiesen. Die Schweizer Methode beurteilt häufiger HD-Übergang, aber seltener HD-schwer. Eine einfache Übernahme von FCI-Ergebnissen eines Auswerters in eine Hundepopulation eines Rassehundevereins eines anderen Auswerters ist im Moment nicht möglich ohne die Gefahr den jeweiligen Hund zu benachteiligen oder zu übervorteilen. Eine Nachbeurteilung ist nötig.
Um eine weitere Standardisierung der HD-Beurteilungen und eine dauernde Selbstkontrolle zu erreichen, wird beim Hipscore (WILLIS, 1997) und bei der Schweizer Methode in der HD-Zentrale Zürich (FLÜCKIGER, 1993) jedes Röntgenbild von 2 Auswertern beurteilt. Bei der Auswertung nach OFA in den Vereinigten Staaten von Amerika werden alle Röntgenbilder von drei Auswertern beurteilt, wobei eine Übereinstimmung von 94,9% erreicht wird, wenn in HD-frei, HD-Übergang und HD-Befall unterschieden wird. Die Übereinstimmung für alle 7 OFA HD-Grade beträgt 73,5% (FARESE et al., 1998). Die Beurteilung von Röntgenbildern durch mehrere Auswerter kann die Unterschiede zwischen den Beurteilungen minimieren.

Die Beurteilung von Auswerter 4 wurde nach dem Hipscore vorgenommen. Für die Übertragung auf HD-Grade wurde auf den Übertragungsschlüssel von REIBEL (1992) und die Erfahrungswerte von CLAYTON JONES (1997) zurückgegriffen. Beide Formen der Übertragung führten zu Abweichungen von den FCI-Beurteilungen, auch untereinander wichen sie erheblich voneinander ab. Die Übertragung von CLAYTON JONES fasst die HD-Grade HD-mittel und HD-schwer in eine Gruppe zusammen und bezieht sich auf die Punktzahl nur eines Gelenkes, welche bei einem Importtier nur in seltenen Fällen zur Verfügung steht. Eine Übertragung scheitert mit beiden Übertragungsmöglichkeiten. Die unbefriedigende Übertragung der Hipscorepunkte in HD-Grade bestätigt die Ergebnisse von BRASS (1989) und von REIBEL (1992), letzterer schlug als Konsequenz einen einheitlichen Bewertungsbogen vor. Die sehr große Diskrepanz zwischen Hipscore und FCI-Verfahren muss aber auch im Zusammenhang mit der mangelnden Übereinstimmung der FCI-Auswerter untereinander gesehen werden; inwieweit es sich hier um Auswerterunterschiede handelt und inwieweit um Methodenunterschiede lässt sich nicht objektiv trennen. Solange auch große Unterschiede zwischen den FCI-Auswertungen bestehen, ist die Entwicklung eines allgemeingültigen Übertragungsschlüssels nicht möglich.
VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG schlossen schon 1983 aus den Auswerter- und Systemdiskrepanzen, dass die Auswertungssysteme durch eine Methode ersetzt werden sollten, die Objektivität und Einfachheit vorteilhaft vereint. Die europaweite Nutzung

einer Messung, z.B. eines exakt definierten NW, erscheint eher realisierbar als die Durchsetzung eines einheitlichen Bewertungsbogens.
Die HD-Grade des rechten und linken Gelenkes eines Hundes sind bei Auswerter 2 (FCI) zu 26% unterschiedlich und bei Auswerter 3 (Schweiz) zu 22%. Die unterschiedlichen Auswertungen treten sowohl bei niedrigen HD-Graden als auch bei hohen HD-Graden auf. Bei den niedrigen HD-Graden ist auch die schlechte Lagerungsqualität mit Verkippung um die Längsachse und daraus folgender Benachteiligung eines Hüftgelenkes (TELLHELM und BRASS, 1989) als Grund für unterschiedliche Auswertung zu sehen. Die unterschiedlichen Auswertungen bei etwa 25% der Hunde mit hohen HD-Graden zeigt, dass auch morphologische Veränderungen verantwortlich sein müssen. Die Erfassung der Summe der HD-Grade als Endergebnis und Züchtungsinformation kann unterschiedliche Auswertungen ausgleichen (GIBBS, 1997).

5.4 Besitzerbefragung und klinischen Symptomen

Aufgrund einer Besitzerbefragung konnten von 51% (n = 147) der Hunde der Geburtsjahre 1984 bis 1993 Informationen über die HD-Gesundheit erhoben werden. Auch unter Berücksichtigung der bekannten Probleme bei Besitzerbefragungen, mit subjektiven und emotional eingefärbten Antworten, kam es zu interessanten Antworten. Bei 9,5% (n = 14) der Hunde wurde von klinischen Symptomen aufgrund von HD berichtet. Die HD stellt also bei den damals über 6 Jahre alten Hunden ein erhebliches Problem dar und ist wie von ZAKEL (1993) beschrieben nicht nur ein Problem größerer und schwerer Rassen. Die wenigen Literaturquellen über HD bei kleineren Hunden legt die Vermutung nahe, dass die HD kleiner Hunde als Problem unterschätzt wird. Die Möglichkeiten eines kleineren und leichteren Hundes sich auch mit stärkeren Lahmheiten zu bewegen verharmlosen möglicherweise das Leiden der HD-befallenen Tiere. Der Unterschied zwischen klinisch gesunden Hunden und Hunden mit klinischen Symptomen im Mittelwert von 2,2 HD-Graden bei Auswerter 1 und 2 (FCI) und 1,8 HD-Graden bei Auswerter 3 (Schweiz) ermöglicht eine klare Trennung von Hunden mit höherer und niedrigerer Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von klinischen Symptomen. Eine Vorhersage für das Einzeltier ist jedoch nur bedingt möglich. Es zeigt sich zwar in der Befragung, dass alle HD-freien Hunde keine Symptome zeigten und alle HD-schwer Hunde Symptome, aber Hunde mit HD-Übergang und HD-leicht zeigten schon vereinzelt Symptome, bei HD-mittel waren etwa die Hälfte der Hunde von klinischen Symptomen betroffen. Der Vergleich zwischen den HD-

Gesamtpunktzahlen der einzelnen Hunde und klinischen Symptomen verdeutlicht, dass sich sowohl mit den HD-Graden als auch den Punktzahlen die Wahrscheinlichkeit von klinischen Symptomen beschreiben lässt. Anhand der HD-Ergebnisse HD-Übergang, HD-leicht, HD-mittel und den vergleichbaren Punktzahlen kann aber für den Einzelhund nicht gesagt werden, ob es bei diesem Tier zu klinischen Symptomen kommen wird. Nur der HD-freie Hund kann uneingeschränkt für den Einsatz als Sporthund oder für andere starke physische Belastungen empfohlen werden.

5.5 Phänotypische und genetische Korrelationen

Die hohen phänotypischen und genetischen Korrelationen zwischen den Kriterien des Hipscores bestätigen die durch die sehr ähnlichen Verteilungsmuster aufgekommene Vermutung, dass hier Veränderungen mit genetisch gleicher Ursache wiederholt erfasst werden. So zeigen die Kriterien 4 - 9 des Hipscores, die Arthrosen an verschiedenen anatomischen Strukturen des Gelenkes erfassen, genetische Korrelationen zwischen 0,98 und 1,00. Daraus resultiert, dass diese 6 Kriterien des Hipscores möglicherweise in ein umfassendes Kriterium zusammengefasst werden können. Die 3 übrigen Kriterien des Hipscores erfassen die Lockerheit des Gelenkes (NW, Subluxation) oder die Lockerheit des Gelenkes in Verbindung mit morphologischen Veränderungen (kraniale Azetabulumkontur). Auch diese Kriterien sind mit 0,93 bis 0,96 so hoch genetisch korreliert, dass eine Zusammenfassung in ein Kriterium möglich erscheint. Genetisch stellen sich somit beim Hipscore nur 2 Hauptkriterien dar. Das eine Kriterium erfaßt die Lockerheit des Gelenkes, das andere die Arthrosen.

Bei der Zusammenfassung von Einzelkriterien in ein Hauptkriterium muss aber bedacht werden, dass ein Einzelkriterium erst vollständig verzichtbar ist, wenn dadurch das Bestimmtheitsmaß (R^2) nicht mehr steigt. Dies gilt auch für die Hauptkriterien der FCI- und Schweizer Methode. Die Überprüfung der Regressionen der Einzelkriterien auf das HD-Endergebnis mit Erfassung des Bestimmtheitsmaßes zeigt, welcher Anteil der Varianz durch das Einzelkriterium erklärbar ist (KRÄUßLICH und BREM, 1997).

Die genetischen Korrelationen zwischen den 6 Kriterien der Schweizer Methoden zeigen, dass jeweils 2 Kriterien eine Übereinstimmung im Genotyp von 97 - 100% haben. Die Lockerheit der Hüfte wird, wie beim Hipscore, durch die Kriterien NW und Subluxation beschrieben. Schon VAN DER VELDEN und BROOYMANS-SCHALLENBERG (1983) fanden beim Vergleich von 12 Kriterien am Hüftgelenk die höchsten Korrelationen zwischen NW und der Position des

Femurkopfes zum dorsalen Azetabulumrand (Subluxation). Die Arthrosen werden mit den Veränderungen an Femurkopf und –hals und der Morganlinie erfaßt. Die verbesserte Übersichtlichkeit und die vollkommen ausreichende Erfassung von Arthrosen als sekundäre Veränderungen durch 2 Kriterien zeigt einen Fortschritt der neueren (FLÜCKIGER, 1993) gegenüber den älteren Methoden Hipscore (LAWSON, 1963) und FCI (BRASS et al., 1978). Die dritte Gruppe mit genetisch gleicher Basis bilden der kraniolaterale Azetabulumrand (3) und die Sklerose des subchondralen Knochens (4). Im Gegensatz zum Hipscore, bei dem das Kriterium kraniale Azetabulumkontur genetisch nicht klar von den Subluxationskriterien getrennt ist, bildet sich hier eine weitere Gruppe, wie von FLÜCKIGER (1993) geplant. Die etwas höheren genetischen Korrelationen dieser dritten Gruppe zu den Arthrosekriterien weisen auf eine mögliche Erfassung von ersten arthrotischen Veränderung hin, dies steht wieder im Einvernehmen mit FLÜCKIGER (1993).

Die Aufteilung der Kriterien in zwei Gruppen nach primär dysplastischen Veränderungen und sekundär osteoarthritischen Läsionen wie von OHLERTH et al. (1998) vorgeschlagen, bestätigte sich durch die phänotypischen und genetischen Korrelationen dieser Studie nicht. Die genetischen Untersuchungen von OHLERTH et al. (2001) am Labrador Retriever in der Schweiz ergaben wiederum genetische Korrelationen von 0,62 - 0,92 zwischen den ersten 5 Kriterien. Die Morganlinie hat nur sehr geringe z.T. negative Korrelationen zu den anderen Kriterien. Es entstand weder eine Aufteilung in 2 noch in 3 Gruppen.

Der Auswertungsbogen nach FCI gibt mit 15 beim Berger des Pyrénées nutzbaren Kriterien eine Vielzahl von Informationen. Die Subluxations- und Arthrosekriterien sind im Gegensatz zu Hipscore und Schweizer Methode auf dem Auswertungsbogen nicht in zwei Gruppen geordnet. Durch sehr hohe genetische Korrelationen sind 8 Arthrosekriterien mit den Detailnummern 3, 4, 5, 7, 8, 11, 13 und 14 einer genetischen Gruppe zuzuordnen. Dazu gehört auch das Kriterium “Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes“ (3), welches ebenfalls hohe Korrelationen zum NW und zum Kriterium Subluxation zeigt. Alle anderen Kriterien, inklusive des NW, können keiner homogenen genetischen Gruppe zugeordnet werden, da sie sehr unterschiedliche Korrelationen zu den weiteren Kriterien zeigen. Die Beurteilung vieler Einzelkriterien ohne klare Struktur führt zu einer unübersichtlichen Erfassung der HD.

Die Konsequenz daraus ist die subjektive Auswertung nach HD-Graden. Vollkommen gleich angekreuzte FCI-Auswertungsbögen führen nicht zwingend zum gleichen HD-Grad, sondern die Gradeinteilung liegt im Ermessen des jeweiligen Gutachters.

Die phänotypischen Korrelationen zwischen dem NW, als einem der wichtigsten Subluxationskriterien, und den Arthrosekriterien liegen bei FCI zwischen 0,44 und 0,55, bei der Schweizer Methode bei 0,47 bzw. 0,48 und beim Hipscore zwischen 0,51 und 0,69. Hiermit bestätigen sich die Ergebnisse von TSCHAPKA (1993) nicht, der zwischen NW und Arthrosen eine phänotypische Korrelation von 0,68 fand. Eine Ausnahme bildet die Korrelation von 0,69 zwischen dem NW (1) und dem kraniolateralen Azetabulumrand (5) beim Hipscore.

Die phänotypischen und genetischen Korrelationen der Einzelkriterien der FCI-Methode mit dem HD-Grad und der Gesamtpunktzahl (Auswerter 2) zeigen, dass die Subluxationskriterien den Endergebnissen sehr ähnlich sind. Die höchste phänotypische Korrelation mit 0,82 zwischen einem Einzelkriterium und dem HD-Grad bei Auswerter 2 (FCI) erreicht der NW. Dies bestätigt die Ergebnisse von STUR et al. (1996) und TSCHAPKA (1993), die ebenfalls eine phänotypische Korrelation von 0,82 bzw. 0,80 zwischen NW und HD-Grad fanden. Bei Auswerter 3 (Schweiz) werden die höchsten phänotypischen Korrelationen zwischen HD-Grad und Einzelkriterien beim NW und der Subluxation mit jeweils 0,77 berechnet. Die genetischen Korrelationen zwischen HD-Grad und NW betragen bei Auswerter 2 und 3 jeweils 0,93. Das Subluxationskriterium zeigt eine genetische Korrelation von 0,97 zum Schweizer HD-Grad. Der NW und das Subluxationskriterium der Schweizer Auswertung erreichen sogar genetische Korrelationen von 0,99 und 1,00 zum FCI-HD-Grad von Auswerter 2. Der Genotyp eines objektivierbaren Kriteriums und dem HD-Grad stimmen zu 99 bzw. 100% überein.
Die genetischen Korrelationen zwischen Hipscore Gesamtpunktzahl und Hipscore-Kriterien liegen zwischen 0,94 und 0,99. Eine Unterscheidung zwischen Subluxations- und Arthrosekriterien ist kaum noch möglich. Jedes einzelne Kriterien korreliert mit der Gesamtpunktzahl sehr hoch.

Die genetischen Korrelationen der verschiedenen HD-Grade und Gesamtpunktzahlen der Auswerter untereinander zeigen, dass hohe genetische Korrelationen zwischen allen Endergebnissen bestehen, aber nur zwischen beiden FCI-Auswertungen eine fast vollständige Übereinstimmung (r_g = 0,98) des Genotyps erreicht wird. Die nicht vollständige Übereinstimmung der HD-Auswertungen der Schweizer HD-Komissionen und FCI (r_g = 0,93/0,95) weisen darauf hin, dass es sich hierbei nicht nur um Auswerter- sondern auch um Systemunterschiede handeln könnte. Dies würde die Ergebnisse von OHLERTH et al. (1998) bestätigen, die auf Unterschiede insbesondere beim Übergang HD-frei zu HD-Übergang

hinweisen, widerspricht aber FLÜCKIGER (1996), der es nach Analyse von 2156 Hunden aus mehr als 100 Rassen für möglich hielt die Hunde den FCI-HD-Graden sicher zuzuordnen.
Trotz der geringen Übereinstimmung der HD-Grade der verschiedenen Auswerter beim Einzelhund und trotz der Niveauunterschiede in der Auswertung zeigen die hohen genetischen Korrelationen, dass die Population genetisch sehr ähnlich erfasst wird.

Der Vergleich der Einzelkriterien der Methoden (FCI, Schweiz, Hipscore) über phänotypische Korrelationen wirft die Frage auf, ob die drei Auswerter bzw. die drei Methoden unter der Morganlinie wirkliche dasselbe verstehen. Die phänotypische Korrelation zwischen der FCI-Morganlinie und Schweizer Morganlinie ist zwar mit 0,64 mit Abstand die höchste Korrelation für die FCI-Morganlinie. Die Morganlinie der Schweizer Auswertung erreicht aber mit den FCI-Arthrosekriterien 3, 7, 8, 11 und 14 ähnlich hohe Korrelationen und hat insgesamt ein höheres Niveau bei der Korrelation mit anderen Einzelkriterien. Die Schweizer Morganlinie erreicht wiederum mit 0,77 die höchste Korrelation mit dem Hipscore-Kriterium 8, das die Morganlinie beinhaltet. Das Hipscore-Kriterium 8, das auch gleichzeitig Exostosen an Femurkopf und –hals beschreibt, korreliert aber am Höchsten mit den Arthrosekriterien Femurkopf und –hals der Schweizer Methode und einigen Arthrosekriterien der FCI-Methode. Die Vermischung von Morganlinie und weiteren Arthrosen in einem Kriterium beim Hipscore erschwert die Vergleichbarkeit der Morganlinie, wie FLÜCKIGER (1993) es schon kritisierte. Die Unterschiede der Korrelationen zwischen der Morganlinie von FCI und Schweizer Methode insbesondere im Niveau, aber auch im Hinblick auf die Korrelationen zu den Arthrosekriterien lässt schließen, dass keine Übereinstimmung zwischen den Kriterien besteht. Die enge Korrelation zwischen Morganlinie und einer vermehrten Subluxation wie von MORGAN (1987) und KLIMT et al. (1992) beschrieben bestätigt sich hier nicht, auch nicht die sehr geringen genetischen Korrelationen zwischen der Morganlinie und den anderen 5 Kriterien der Schweizer Methode (OHLERTH et al., 2001). Wohl aber bestätigen sich die Beobachtungen von HARHOFF-RIEPE (1997), die bei 20% der Berger des Pyrénées ohne weitere osteoarthritische Veränderungen eine Morganlinie fand und MORGAN (1987), der bei bis zu 29% der Hunde verschiedener Rassen eine Morganlinie ohne weitere osteoarthritische Veränderungen beobachtete.
Bei der FCI-Auswertung wurden bei 42% eine Morganlinie gefunden, bei der Schweizer Auswertung nur bei 25% der Tiere. Der Schweizer Auswerter wies aber darauf hin, dass er Exostosen nicht gepunktet hat, die der Morganlinien nur ähnlich sehen. Die Morganlinie stellt in dieser Arbeit ein schlecht objektivierbares und standardisierbares Kriterium dar, das eine sehr

gute Röntgenbildqualität erfordert. Weitere Studien zur Gewichtung und Einordnung der Morganlinie in der Beurteilung von HD sind sicher nötig.

Die genetischen Korrelationen zwischen den Norbergwinkeln der Methoden (FCI, Schweiz, Hipscore) und den Messungen (Ausmesser 5 und 6) liegen durchgehend bei 0,98 bis 1,00. Hier ist ein Kriterium gefunden, das von allen Auswertern genetisch gleich erfaßt wurde. Es liegen keine Systemunterschiede vor. Die phänotypischen Korrelationen sind hoch, wobei die gradgenauen Messungen mit 0,92 untereinander die höchste Korrelation erreichen. Die phänotypischen Korrelationen zwischen den NW-Auswertungen der Methoden liegen mit 0,78 bis 0,85 höher als bei STUR et al. (1996), die eine Korrelation von 0,70 zwischen zwei Auswertern fanden. Für diese Diskrepanz kommen zwei Gründe in Frage, erstens wertete bei STUR et al. (1996) ein erfahrener und ein unerfahrener Auswerter aus, zweitens wurde durch die Einschränkung der Skala auf 0 und 1 die Varianz sehr stark verringert.
Die unterschiedliche Festlegung des Messpunktes entweder am äußersten kraniodorsalen Azetabulumrand, an der Schnittstelle von dorsalem und kraniodorsalen Azetabulumrand oder am lateralen Ende der subchondralen Sklerose und die Einbeziehung arthrotischer Veränderungen am kraniodorsalen Azetabulumrand (GIBBS, 1997; HENRY, 1992; TELLHELM und BRASS, 1991; HENNINGER und KÖPPEL, 1994) erschwert die Messung. Weiterhin verhindern auftretenden Messungsungenauigkeiten bei Verkippung und Verkantung des Beckens (GIBBS, 1997; HENNINGER und KÖPPEL, 1994) und die zum Teil starke Einschränkung der Skala (STUR et al., 1996) eine höhere phänotypische Korrelation. Die phänotypische Korrelation von 0,92 zwischen den Ausmessern 5 und 6 zeigt, dass auch durch scheinbar vollständig gleiche Auswertung keine phänotypische Korrelation von 1,00 erreicht wird. Schon kleine Unterschiede in der Auswertung lässt die Korrelation sinken. Auch die Heritabilität des NW wird durch geringe Unterschiede in der NW Erfassung beeinflusst (siehe Kapitel 5.7.3). Nur die exakte und verbindliche Definition des NW, erfahrene Ausmesser und eine höhere Präzision und Wiederholbarkeit der Messung kann das Vertrauen in dieses wichtige Kriterium stärken und den NW als Züchtungsinformation unverzichtbar machen. Die Nutzung digitaler Erfassungsmethoden ermöglicht dabei nach WODECKI und SCHIMKE (1997) eine objektive Merkmalserfassung bei einer Reduktion des zeitlichen Aufwandes, nach GAMBOA HUAMÁN et al. (1998) erhöht der Einsatz eines digitalen Bildverarbeitungssystems die Messgenauigkeit beim NW nicht. Neuere Entwicklungen in der digitalen Erfassung lassen Vorteile gegenüber der Arbeit mit Schablonen erkennen, insbesondere in der weiteren Verbesserung der Digitalisierung der Röntgenbilder und der eingesetzten Punktgrößen und Strichdicken.

Die Arthrosekriterien korrelieren phänotypisch höher mit den klinischen Symptomen aufgrund HD als die Subluxationskriterien. Die höchsten Korrelationen erreichen die klinischen Symptome mit den Gesamtpunktzahlen des Hipscore und der FCI-Auswertung ($r_p = 0,70$). Hohe Gesamtpunktzahlen werden hier nur durch Arthrosen, die durch eine Vielzahl von Arthrosekriterien beschrieben werden, erreicht. Daraus ist nicht zu schließen, dass eine Überlegenheit gegenüber anderen Auswertungen besteht. Es liegt nur eine Überbewertung einfach zu erkennender Veränderungen vor. Die Gesamtpunktzahl der Schweizer Methode mit nur zwei Arthrosekriterien korreliert nur zu 0,59 mit den klinischen Symptomen. Auch die HD-Grade von Auswerter 1, 2 und 3 korrelieren zwischen 0,55 und 0,59.

5.6 Regressionen

Die Regressionsanalyse beschreibt wie stark der HD-Auswerter die Einzelkriterien zur Charakterisierung seines Endergebnisses nutzt. Die zum Teil hohen und sehr hohen Korrelationen zwischen den Einzelkriterien lassen vermuten, dass schon wenige Kriterien ausreichen, um den HD-Grad bzw. die Gesamtpunktzahl zu beschreiben.

Bei der FCI-Methode wurden 15 Kriterien genutzt, wobei allein die Kriterien NW (18), konzentrischer bzw. divergierender Gelenkspalt (16) und das Arthrosekriterium walzenförmiger Hals (11) ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,83 zum HD-Grad erreichen. Letztlich wird ein R^2 von 0,86 durch 5 Kriterien erreicht , alle weiteren Kriterien sind überflüssig. Die Ergebnisse zeigen, dass die Beurteilung einer Vielzahl von Einzelkriterien, durch die zum Teil sehr hohen Korrelationen zwischen den Einzelkriterien, keinen immer weiteren Wissenszuwachs bringt, sondern dass eine beschränkte Anzahl von Kriterien ausreicht, um das Gelenk zu beschreiben. Subluxations- und Arthrosekriterien beschreiben den HD-Grad gemeinsam, eine Beobachtung die sich bei der Schweizer Methode und dem Hipscore wiederholt.

Bei der Schweizer Methode wird mit 0,85 ein vergleichbares Bestimmtheitsmaß zum HD-Grad erreicht. Der NW (1) ist wieder die informativste unabhängige Variable. An zweiter Stelle folgt mit dem Kriterium kraniolateraler Azetabulumrand (3) eine Variable, die feine arthrotische Veränderungen erfaßt (FLÜCKIGER, 1993). Mit diesen beiden Kriterien wird ein Bestimmtheitsmaß von 0,75 erreicht, die weiteren vier Kriterien erhöhen das Bestimmtheitsmaß für die HD-Grade auf maximal 0,85. Die Übertragung der Gesamtpunktzahl anhand der Umrechnungstabelle (FLÜCKIGER, 1996) in HD-Grade führt dazu, dass ein Bestimmtheitsmaß

von 1,0 nicht mehr erreicht wird. Die Einzelkriterien beschreiben zwar die Gesamtpunktzahl zu 100%, aber nicht die von der Gesamtpunktzahl abgeleiteten HD-Grade.
Der Hipscore hat zwar mit 9 Kriterien und einer Skala von 0 - 6 Punkten pro Kriterium das differenzierteste Punktesystem, aber das Endergebnis ist schon durch 4 Kriterien fast vollständig determiniert. Allein die arthrotischen Veränderungen an der Fossa azetabuli (6) und die Subluxation (2), beschrieben durch die Überdeckung des Femurkopfes vom dorsalen Azetabulumrand, erreichen ein R^2 von 0,93. Die Verdrängung des NW als Hauptkriterium aus der Regression durch ein weiteres Subluxationskriterium zeigt, dass der Einsatz eines Kriteriums in der Regression nicht unbedingt eine große Überlegenheit des Kriteriums beschreibt, da bei sehr hoch miteinander korrelierten Kriterien schon marginale Unterschiede zu einer Bevorzugung führen können. Das Gleiche trifft auf das Arthrosekriterium Fossa azetabuli im Vergleich zu anderen Arthrosekriterien zu.

Wird die Summe der HD-Grade von FCI und Schweizer Methode als abhängige Variable und alle Einzelkriterien der Methoden und die NW-Messung als unabhängige Variablen definiert, kommt es zum gleichen Ergebnis. Ein NW (Schweiz, 1) erreicht allein ein R^2 von 0,65, ergänzt durch Exostosen an Femurkopf und –hals (Hipscore, 8) steigt das Bestimmtheitsmaß auf 0,76. Vier weitere Kriterien führen zu einem R^2 von 0,89, alle weiteren Kriterien bringen keine neuen Informationen. Zwar wurden 31 unabhängige Variablen in die Regression eingesetzt, aber nur 6 Kriterien reichen aus, um das maximale R^2 zu erreichen. Die große Bedeutung des NW für den HD-Grad als Endergebnis bestätigt die Ergebnisse von TSCHAPKA (1993), STUR et al. (1996) und OHLERTH et al. (2001).
Der starke Einfluss einzelner Kriterien auf das Endergebnis zeigt, dass viele Kriterien die gleichen Veränderungen beschreiben. Hierbei ergänzen sich immer Subluxations- und Arthrosekriterien. Dies bestätigt die Einteilung der Kriterien in Gruppen durch die phänotypischen und genotypischen Korrelationen. Es sind nur wenige Kriterien nötig, um den Zustand eines Gelenkes zu beschreiben. Auch OHLERTH et al. (2001) beobachteten bei Studien an einer Labrador Retriever Population, dass nur wenige Einzelkriterien das Hüftgelenk weitgehend beschreiben. Dies stellt in Frage, ob eine immer genauere Erfassung von Veränderungen am Gelenk für die Zuchtauswahl bzw. als Züchtungsinformation für HD nötig ist.
Eine Bewertung der Verfahren und der Einzelkriterien ist dadurch aber nicht möglich. Es ist lediglich eine Dokumentation dessen, was Gutachter in ihr Urteil einfließen lassen.

Deshalb wurde in einem weiteren Ansatz postuliert, dass die durch HD verursachten Schmerzen und Leiden durch Arthrosen (BRINKER et al., 1993) erfasst werden können. Als Zielgröße wurde ein Arthrosekriterium aus dem Hipscore definiert. Erwartungsgemäß erreichten andere Arthrosekriterien als unabhängige Variablen in einer Regression die höchsten Bestimmtheitsmaße. Es war aber ein Ziel darzustellen inwieweit die Zielgröße „Schmerz“ nicht nur durch sekundäre Arthrosen, sondern auch durch die primäre Gelenkslockerheit erfaßt werden kann. Um dies zu erreichen wurden nur Subluxationskriterien als unabhängige Variablen genutzt. Die NW und die Kriterien zur Erfassung der Subluxation erreichen ein R^2 zwischen 0,19 und 0,40. Die NW-Messung erreicht ein R^2 von 0,37. Die beiden Kriterien zur Beschreibung der Sklerose des subchondralen Knochens von Auswerter 2 (FCI) und 3 (Schweiz) erreichen ein R^2 von 0,28. Es bestand die Hoffnung mit der subchondralen Sklerose einen Frühindikator für Arthrosen bzw. erste osteoarthrotische Veränderungen (Änderung der Richtlinien der FCI-Auswertung nach REIBEL, 1992; FLÜCKIGER, 1993; OHLERTH et al., 1998) zu haben, da sich das subchondrale Knochenbett zehnmal stärker als kortikaler Knochen deformieren lässt (SCHAWALDER et al., 1997). Dies kann durch die vorliegende Untersuchung nicht bestätigt werden. Gründe hierfür könnten in einer erschwerten Beurteilung, durch die geringe Größe der Hüftgelenke oder durch die Überdeckung der subchondralen Veränderungen durch massivere Arthrosen bei Hunden mit schwererer HD, liegen.

Die Besitzerbefragung ermöglichte direkt „klinische Symptome“ als Zielgröße und abhängige Variable zu nutzen. Wieder wurden alle Einzelkriterien und die NW-Messung als unabhängige Variablen erfasst. Am Informativsten ist ein Subluxationskriterium mit einem R^2 von 0,55. Danach folgen Arthrosekriterien. Insgesamt führen 6 Kriterien zu einem R^2 von 0,77. Der Schluss aus diesem Ergebnis ist, dass die Schmerzen bei HD nicht allein durch Arthrosen beschrieben werden, sondern auch Subluxationskriterien einen beträchtlichen Anteil am Bestimmtheitsmaß haben. Arthrosen, als Auslöser von Schmerzen wie bei BRINKER et al. (1993) beschrieben, reichen nicht aus, um den Schmerz bei HD zu erfassen. OHLERTH et al. (2001) hatten schon bei statistischen Analysen mit den Schweizer Einzelkriterien beobachtet, dass die Arthrosekriterien signifikant von Subluxation und lockerer Hüfte beeinflusst werden, so dass jetzt Zusammenhänge zwischen Subluxation, Arthrosen und klinischen Symptomen wahrscheinlich erscheinen.

Hierbei muss aber bedacht werden, dass die relativ eingeschränkte Anzahl an Tieren mit klinischen Symptomen Unsicherheiten bei der statistischen Auswertung mit sich bringt. Weitere Studien, die das Ziel haben klinische Symptome aufgrund HD zu erfassen, sollten helfen den

Satz von GODDARD und MASON (1982) „Surprisingly, there is very little direct information on the correlation between radiographic hip dysplasia and lameness“ zu hinterfragen. Das Bestimmtheitsmaß von 0,77 und die Beobachtung, dass in dieser Studie kein HD-freies Tier mit klinischen Symptomen und auch kein Tier mit HD-schwer ohne klinische Symptome vorkam, zeigt dass der genannte Satz widerlegt werden könnte. Das unterschiedliche Schmerzempfinden von Hunden (KÁSA et al., 2001) kann keine Begründung für fehlende Studien zum Thema Schmerz und Leiden aufgrund von HD sein.

Mit den Einzelkriterien der Auswertungsmethoden wurde versucht mit einem durch Regressionskoeffizienten optimierten Index aus den Einzelkriterien eine hohe phänotypische Korrelation und hiermit einen sicheren Übertragungsschlüssel zwischen den Auswertungsmethoden zu erreichen. Nur zwischen den Gesamtpunktzahlen der Schweizer Methode und dem Hipscore wird eine so hohe Korrelation erreicht, dass eine Übertragung möglich erscheint. Die kontinuierliche Variation und die ausreichend große Skala der Gesamtpunktzahlen vereinfachen die Möglichkeiten einer Übertragung. Bei der Diskussion der Verteilungen wurde schon darauf hingewiesen, dass die Entwicklung von Übertragungsschlüsseln nur Sinn macht, wenn die Auswertungen von verschiedenen Auswertern innerhalb einer Methode gleich sind.

5.7 Heritabilitäten (h^2)

Die Beschreibung klinischer Symptome oder radiologisch feststellbarer Veränderungen am Hüftgelenk beinhaltet sowohl ererbte Risiken als auch umweltbedingte Schäden. Ist die HD Gegenstand züchterischer Bemühungen interessieren ausschließlich genetisch verursachte Gelenkabnormitäten. Allein hohe Korrelationen und Regressionen zu den Zielgrößen reichen nicht aus. Nur bei einer gleichzeitig vorliegenden möglichst hohen Heritabilität kann effektiv gezüchtet werden (GAILLARD, 1997; BEUING, 1993).
In der unselektierten Population (Datensatz 1) befanden sich zwei Extremvererber für HD. Für die Schätzung der Heritabilitäten wurde vergleichend auch ein um diese Rüden und deren Nachkommen (n = 11) reduziertes Datenmaterial (Datensatz 2) verwendet. Datensatz 2 stellt somit eine auf HD vorselektierte Population mit eingeschränkter Varianz dar. Da in allen Rassehundezuchten, häufig seit Jahrzehnten, gegen HD selektiert wird, ist der Datensatz 2 von

großer Bedeutung, um möglichst effiziente Zuchtprogramme für die heute vorliegende genetische Situation in den Hundepopulationen zu entwickeln.

5.7.1 Heritabilitäten der HD-Grade und Gesamtpunktzahlen

Die hohen Heritabilitäten der HD-Grade der Methoden von 0,47 bis 0,50 bei Datensatz 1 mit allen Tieren der Population sind vergleichbar mit der h² Schätzung an einer noch nicht auf HD vorselektierten Schäferhundpopulation, bei der HENRICSON et al. (1965) ein h² von 0,6 schätzten. Ein h²-Niveau, das in der Studie von GEIßNER (1977) beim Bernhardiner mit einem h^2 von 0,42 annähernd erreicht und beim Neufundländer mit 0,73 sogar übertroffen wurde. In einer neueren Studie schätzten MÄKI et al. (2000) ein h^2 von 0,58 beim Rottweiler. KREMPL (1985), DISTL et al. (1991) und SWENSON et al. (1997) schätzten mit verschiedenen Schätzmethoden für einige Merkmale ähnlich hohe Heritabilitäten, andere lagen aber zum Teil deutlich niedriger. Die Anzahl der genannten Studien darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass sehr häufig niedrigere Heritabilitäten geschätzt werden (siehe Tab. 9). Für den Berger des Pyrénées lagen bisher noch keine Heritabilitätsschätzungen für HD vor, der Beagle mit 33 bis 44 cm Widerristhöhe ist die kleinste und leichteste Rasse, bei der ein h² (STUR et al., 1996) geschätzt wurde. Dabei lag das h² der FCI Auswertung mit 0,43 bzw. 0,45 etwas niedriger als die Heritabilitäten der vollständigen, unselektierten Population (Datensatz 1).

OHLERTH et al. (1998) schätzten an Röntgenbildern von Labrador Retrievern aus den Jahren 1972 - 1996, die nach der Schweizer Methode ausgewertet waren, ein h² von 0,53. Die Heritabilität ist damit etwas höher als die Heritabilität von 0,48 bei der Schweizer HD-Auswertung der vorliegenden Arbeit. Auch in der Retriever-Studie wurden Röntgenbilder von einem erfahrenen Auswerter nachbeurteilt.

Die h^2-Schätzung ist aber wichtiger um Auswertungsmethoden und Auswerter zu vergleichen und weniger wichtig in bezug auf absolute Werte, die auch in dieser Studie durch die Größe der Stichprobe und die verschiedenen Varianzen der Einzelkriterien eingeschränkt aussagekräftig sind.

Die Heritabilitäten für den FCI-HD-Grad für beide FCI Auswerter und den Auswerter der Schweizer Methode liegen sowohl bei Datensatz 1 als auch 2 auf vergleichbarem Niveau. Trotz des Niveauunterschiedes bei der Auswertung wird die Genetik sehr ähnlich erfaßt. Die Erfahrung der Auswerter wird hier offenkundig. Die Ergebnisse stimmen mit der Studie von STUR et al. (1996) überein, bei der Beagle-Röntgenbilder von zwei erfahrenen Auswertern und einem

angelernten Auswerter beurteilt wurden. Der unerfahrene Auswerter erreicht das h²-Niveau der erfahrenen Auswerter nicht. Auch in dieser Studie bestand trotz ähnlichem h^2-Niveau der erfahrenen Auswerter nur eine geringe Übereinstimmung der einzelnen Auswertungen.

Der Berger des Pyrénées war vor dem Versuchszeitraum keiner offiziellen Selektion gegen HD durch die Zuchtverbände unterworfen. Lange Zeit wurde die HD für eine Erkrankung der schweren und großen Hunde gehalten und erst ZAKEL (1993) wies detailliert auf die Relevanz der HD auch bei kleineren und leichteren Hunden hin. Bei den Pyrenäenschäferhunden wurde die in der Rasse vorkommende HD-Variation stark von zwei extrem HD vererbenden Vatertieren bestimmt. Die beiden Rüden wurden durch die früh praktizierte HD-Zuchtwertschätzung (MÜLLER et al., 2000) schnell erkannt und diese Blutlinien praktisch eliminiert. In dem Datensatz 2, ohne die Tiere der stark mit HD belasteten Blutlinien, zeigen sich durchweg niedrigere Heritabilitäten. Die Erklärung liegt in der reduzierten Varianz in der Population. Eine erfolgreiche Selektion kann nur auf den Ergebnissen von Datensatz 2 beruhen, da diese den aktuellen Stand in der Population wiederspiegelt.
Die Schätzung der Heritabilität für die offiziellen HD-Grade an den Jahrgängen 1994 bis 1996, ergibt ein h^2 von 0,22, im Gegensatz zu einem h^2 von 0,47 für die Jahrgänge 1984 bis 1993. Es bestätigt sich, dass es durch eine erfolgreiche Selektion zu einer Verringerung der genetischen Varianz und so zu einer Verkleinerung der Heritabilität kommen kann (KRÄUßLICH, 1994), wobei aber die Änderung der Auswertung insbesondere beim NW (HARHOFF-RIEPE, 1997) als Unsicherheitsfaktor mit berücksichtigt werden muss.
Die h^2-Schätzung an Teilpopulationen ist ein Beispiel dafür, dass Heritabilitäten für jede Population und jeden Zeitpunkt spezifisch sind. Die Häufigkeit bzw. Variation der einzelnen HD-Grade in der Population, die Anzahl der geröntgten Hunde und die Rasse der Hunde beeinflussen die h^2-Schätzung genauso wie die Definition der Kriterien, die Auswertungsmethode, die Erfahrung des Auswerters und die statistischen Schätzmethoden. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Studien ist deshalb nie ein Vergleich unter vollkommen gleichen Voraussetzungen.

Die Gesamtpunktzahl des Hipscore erreicht hohe Heritabilitäten von 0,86 bzw. 0,69 (Datensatz 2), vergleichbar mit WOOD et al. (2000a), die Hipscore Heritabilitäten beim Flatcoated Retriever von 0,74 schätzten.
Die Gesamtpunktzahlen als Endergebnis erreichen auch bei FCI und Schweizer Methode höhere Heritabilitäten von 0,78 und 0,62 (Datensatz 1). OHLERTH et al. (2001) schätzten nur

geringfügig höhere Heritabilitäten für die Gesamtpunktzahl (h^2=0,44) als für die HD-Grade (h^2=0,41). Durch die Reduktion der Gesamtpunktzahl auf einzelne Klassen bzw. Grade werden die Vorteile eines höheren h^2 verschenkt. Beim Hipscore ist die Reduktion des h^2 auf 0,36 durch Klassenbildung, wie bei Import und Export von Zuchthunden genutzt (CLAYTON JONES, 1996), sehr ausgeprägt. Dies bestätigt die Ergebnisse von WILLIS (1987), der die Heritabilitäten des Hipscore mit dem des vorhergehenden „three class" Systems verglich.

Die Einschränkung der 5 HD-Grade von Auswerter 2 (FCI) und 3 (Schweiz) auf 3 oder 4 Klassen führte zu einer weiteren Reduktion des h^2. Die phänotypische Erscheinung der quantitativ genetischen Normalverteilung der HD wird als Schwellenmerkmal mit wenigen Kategorien dargestellt (GLODEK, 1994). Dies steht im Einklang mit DISTL et al. (1991), die darauf hinwiesen, dass eine Reduzierung von mehreren auf 2 HD-Grade das h^2 verringert. Zum gleichen Ergebnis kommt auch KREMPL (1985) bei der Einschränkung von 5 auf 2 Klassen bei einer Studie, die sich auf den Zeitraum 1980 - 83 bezog. Bei Ergebnissen aus dem Zeitraum 1961 bis 1983 kommt es zu keinen Veränderungen des h^2. Auch bei einer Studie von LEIGHTON (1977), der 9 HD-Klassen auf 2 Klassen einschränkte, kam es zu keiner Reduktion des h^2. Es ist nur zu vermuten, dass erst in den letzten Jahren sowohl die höhere technische Qualität als auch die größere Sorgfalt der Auswertung eine Aufteilung der HD in verschiedene Grade sinnvoll machte.
Durch die Reduktion der HD-Grade sinkt das h^2 der FCI-Auswertung stärker als das der Schweizer Auswertung, der Grund dafür könnte die stärkere Unterscheidung zwischen HD-frei und HD-Übergang bei der Schweizer Auswertung sein.

5.7.2 Heritabilitäten der Einzelkriterien

Von den Einzelkriterien der 3 Auswertungen zeigen das Subluxationskriterium (FCI,17; Schweiz,2; Hipscore,2), welches das Verhältnis zwischen Femurkopfzentrum und dorsalem Azetabulumrand beschreibt, mit Heritabilitäten von 0,58 - 0,65 (Datensatz 1) und das Kriterium, das den Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes beschreibt (FCI,3; Schweiz,3; Hipscore, 3), mit Heritabilitäten von 0,54 - 0,82 (Datensatz 1) bei allen drei Auswertern ein hohes h^2. Auch bei Datensatz 2 kommt es nur zu geringer Einschränkung der Heritabilität. Das Kriterium kraniale Azetabulumkontur aus der Studie von STUR et al. (1996) erreicht mit 0,57 eine ähnlich hohe Heritabilität. Im Gegensatz dazu liegt das h^2 für das Subluxationskriterium und den Verlauf

des kranialen Azetabulumrandes bei WOOD et al. (2000b) zwischen 0,21 und 0,36. Insgesamt wird in der Studie von WOOD nur ein niedriges Heritabilitätsniveau erreicht, ein möglicher Hinweis auf allgemein eingeschränkte Varianz.

Die Heritabilität der Arthrosekriterien ist bei Datensatz 1 immer hoch. Im Hipscore und bei der FCI-Auswertung werden im Datensatz 2 nur bei einigen Kriterien hohe Heritabilitäten erreicht, bei anderen fällt das h² auf oder nahe 0. Bei den FCI-Arthrosekriterien gibt es mit Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4), Kragenbildung (7) und Deformation am Kopf (8) Kriterien, die spezifisch für die ausgeschlossenen Blutlinien waren. In Datensatz 2 zeigen sie keine Heritabilität, den Kriterien fehlt die Varianz.

Das h^2 des Hipscore-Kriterium Exostosen an Femurkopf und –hals (8) sinkt von 0,56 auf 0,10, auch hier durch die fehlende Varianz bei Datensatz 2. WOOD et al. (2000b) schätzten an einer Gordon Setter Population bei insgesamt niedrigerem h^2 Niveau eine Heritabilität von 0,40 bei diesem Hipscore-Kriterium. Vermutlich entwickelt der Gordon Setter häufiger Arthrosen am Femur. In der Schweizer Methode erreichen die Arthrosekriterien 4, 5 und 6, die den subchondralen Knochen, Arthrosen an Femurkopf und –hals und die Morganlinie beschreiben, ein durchschnittliches h² von 0,16 bis 0,19 bei Datensatz 2. Hier sinkt kein Kriterium auf ein h^2 von 0 und das sinkende h² erklärt sich wiederum durch die geringere Variation.

Die subchondrale Sklerose wird bei der FCI-Methode und der Schweizer Methode als Einzelkriterium erfaßt, die Heritabilität liegt bei der FCI-Auswertung mit 0,56 doppelt so hoch, wie bei der Schweizer Methode mit 0,21. Dies ist die niedrigste Heritabilität aller Schweizer und aller Kriterien bei Datensatz 1 überhaupt. Daraus kann nur geschlossen werden, dass hier zwei genetisch unterschiedliche Veränderungen am Azetabulum erfaßt werden. Die geringe Korrelation von 0,53 zwischen beiden Kriterien ist ein weiterer Hinweis darauf. Trotz der Unterschiede im h^2 und der geringen Korrelation lag das Bestimmtheitsmaß zur abhängigen Variable „Arthrose“ niedrig und war mit $R^2 = 0,28$ vollkommen gleich. Die subchondrale Sklerose ist beim Berger des Pyrénées als Kriterium ungeeignet.

Die Morganlinie wird von FCI (15) und der Schweizer Methode (6) als Einzelkriterium und vom Hipscore als Unterpunkt bei Exostosen an Femurkopf und –hals (8) erfaßt. Auch bei diesem Kriterium sind die Heritabilitäten mit 0,36 bis 0,62 bei Datensatz 1 sehr verschieden, auch hier scheinen unterschiedliche Veränderungen erfaßt zu werden. Hinzu kommen sehr unterschiedliche Korrelationen und Regressionen der verschiedenen Auswertungen der Morganlinie, so dass auch die Morganlinie als Kriterium beim Berger des Pyrénées eher ungeeignet ist. OHLERTH et al. (2001) schätzten eine sehr niedrige Heritabilität von 0,05 bei der Morganlinie der Schweizer Methode, dies bestätigt sich in dieser Studie nicht.

5.7.3 Heritabilitäten der Norbergwinkel

Vom NW liegen Heritabilitäten von drei Auswertern und zwei Ausmessern vor. Da die Summe beider Gelenke genutzt wurde, spielt eine mögliche Verkantung des Beckens mit Bevorzugung einer Seite keine Rolle. Die Heritabilitäten liegen insgesamt auf hohem Niveau, unterscheiden sich aber mit 0,46 bis 0,76 erheblich. Die Verringerung des h² bei Datensatz 2 ist im Vergleich zu den Arthrosekriterien mit Heritabilitäten von 0,34 bis 0,67 geringer.

Die gradgenaue Ausmessung des Norbergwinkels hat eine höhere Heritabilität als die NW der Auswertungsmethoden. Die größere Variation durch die gradgenaue Messung und die weitere Objektivierung dieses Kriteriums scheint sich hier positiv auf das h^2 auszuwirken. Die NW-Messungen haben für die Jahrgänge 1984 bis 1996 (n = 471) ein h^2 von 0,70 (Ausmesser 5) bzw. 0,65 (Ausmesser 6), für die Population von 1984 bis 1993 (n = 287) ein h^2 von 0,76 bzw. 0,67 und für die Jahrgänge 1994 bis 1996 (n = 182) ein h^2 von 0,60 bzw. 0,63. Das h^2 der NW-Messungen für die Jahrgänge 1994 bis 1996 liegt fast dreimal so hoch wie das h^2 der FCI-Auswertung mit 0,22. Die Möglichkeit den NW objektiv über eine große Skala hinweg auch bei mäßiger Röntgenbildqualität messen zu können, unterscheidet den NW maßgeblich vom Subluxationskriterium, das die Überdeckung des Femurkopfes durch den dorsalen Azetabulumrand beschreibt und das in den Auswertungen der Methoden ähnlich hohe Heritabilitäten hat. Ein h² von 0,43 wird sowohl für den in 5 Grade unterteilten NW aus der Studie von STUR et al. (1996) als auch bei OHLERTH et al. (2001) für einen NW als Einzelkriterium der Schweizer Methode erreicht. Das h^2 liegt im gleichen Bereich wie beim NW der Schweizer Methode.

Die direkte Messung der lockeren Hüfte durch Stressaufnahmen in den Vereinigten Staaten bei Hunden in einem Alter von 16 Wochen (KELLER, 1991; SMITH et al. 1990) und in der Schweiz (FRIEDRICH, 1996) erreichen ein hohes h^2 bei einer guten Korrelation zu sekundär auftretenden Arthrosen, erfordern aber eine neue Lagerungstechnik, neue Röntgenbilder und eine neue Vermessung. Dadurch entsteht der Nachteil, dass alte Röntgenbilder und Auswertungen für eine Zuchtwertschätzung nicht mehr nutzbar sind. Da auch beim NW von einer Korrelation zum lockeren Gelenk ausgegangen wird (KLIMT, 1990; KELLER, 1991; FRIEDRICH, 1996), sollten weitere statistische Studien die Vor- und Nachteile des NW gegenüber den Ergebnissen der Stressaufnahmen beleuchten.

Die fehlende Möglichkeit alte Röntgenbilder und Auswertungen zu nutzen wird es auch der verbesserten Darstellung des dorsalen Azetabulumrandes (SLOCUM, 1990) und dem Röntgen

am stehenden Hund (VEIT, 1991; SCHAWALDER et al., 1996) schwer machen sich neben der gestreckten Aufnahme (Position 1) zu etablieren.

5.8 Selektionsindex

Eine schnellere züchterische Verbesserung des Genotyps der HD ist durch eine verschiedene Gewichtung der Einzelkriterien innerhalb eines Selektionsindexes zugunsten hochheritabler und informativer Merkmale unter Einbeziehung der genetischen Korrelationen möglich. Die Umgewichtung wird durch Regressionskoeffizienten (b) vorgenommen. Allein der Einsatz der NW-Messung als Einzelkriterium erreicht einen möglichen größeren Zuchtfortschritt von 8 - 14% bei Datensatz 1 als die HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 bezogen auf die Zielgröße HD-Grade. Wird, wie bei Datensatz 2, die Variation eingeschränkt, erreicht die NW-Messung sogar Zuchtfortschritte von 17 - 33%. Die gewichteten Einzelkriterien der Schweizer Methode ermöglichen Zuchtfortschritte von 22 - 40% im Vergleich zu den HD-Graden.
Die Gesamtpunktzahl des Hipscore können der NW und die gewichteten Schweizer Einzelkriterien nicht besser erfassen.
Allerdings könnten die gewichteten Einzelkriterien des Hipscore eine Verbesserung des Zuchtfortschrittes um bis zu 80% bei Datensatz 2 gegenüber den HD-Graden erreichen. Der Informationszuwachs durch die Gewichtung von Einzelkriterien, aber auch durch den Einsatz von gemessenen Norbergwinkeln, sollte züchterisch genutzt werden. Dabei ist der Vorteil des NW ein einfaches, objektivierbares und schnell zu erfassendes Informationsmerkmal zu sein. Die von HARHOFF-RIEPE (1997) beschriebenen Niveauunterschiede zwischen den Rassen können sich bei der alleinigen Nutzung des NW als Züchtungsinformation nicht negativ auswirken, da es nur zu einer Niveauverschiebung bei erhaltener Varianz kommt. Den Einzelkriterien müssen im Gegensatz dazu in jeder Population einer Rasse Gewichtungen (Regressionskoeffizienten) zugeordnet werden, die sich zum Beispiel durch Zuchterfolge ändern können. Die möglichen Änderungen des Selektionsindexes durch Verschiebung der Regressionskoeffizienten erschwert den Einsatz in der züchterischen Routine, außerdem ist die Erfassung von einer Anzahl von Einzelkriterien aufwendiger, kostspieliger und mit größerer Unsicherheit bezüglich der Wiederholbarkeit und Objektivität der Erfassung behaftet. Zwar kann mit einem Selektionsindex aus gewichteten Einzelkriterien theoretisch ein höherer Zuchtfortschritt erreicht werden, die vorgenannten Gründe lassen aber eine Messung z.B. den NW als alleinige Züchtungsinformation für den routinemäßigen Zuchteinsatz sehr interessant erscheinen.

5.9 Generelle Aussagen und Thesen

Die Hoffnung dem komplexen Sachverhalt und den Problemen der Selektion gegen HD in absehbarer Zeit durch einen Gentest zu entgehen ist gering. Nur LEIGHTON (1997) hält es für möglich, dass ein Hauptgen bei der Vererbung der HD eine Rolle spielen könnte und so durch eine sicherere Erfassung des Merkmales effizientere Zuchtprogramme ermöglicht werden. Geht man aber davon aus, dass es sich bei der HD um ein polygenes, quantitatives Merkmal ohne Hauptgen handelt (HUTT, 1967; WILLIS, 1977; HEDHAMMAR et al., 1979) wird nur eine effiziente Merkmalserfassung und deren Einbindung in ein Zuchtprogramm unter Nutzung genetisch statistischer Verfahren zum Erfolg führen.

Die optimale Erfassung des Merkmals HD für ein wirksames Bekämpfungsprogramm ist nur über eine spezielle Anpassung an die Gegebenheiten der Population, Rasse und des Zuchtvereins möglich, unter Berücksichtigung von Aufwand und züchterischem Erfolg (Ertrag).

Liegt z.B. eine kontinuierliche FCI-Auswertung eines Auswerters über Jahre vor und hat dieses Ergebnis eine hohe Heritabilität, ist hiermit, in Verbindung mit einem Zuchtprogramm das auf Zuchtwertschätzung und strategischer Paarung beruht (Beuing, 1993), eine effektive Zucht möglich.

Die Eignung des HD-Grades als Züchtungsinformation für eine Zuchtwertschätzung bei mehreren Auswertern in einer Population ist eingeschränkt, falls jedes Röntgenbild nur durch einen Auswerter beurteilt wird. Die Betreuung einer Population durch nur einen Auswerter, wie in Deutschland praktiziert, minimiert die Erkennung der unterschiedlichen Bewertungen der Auswerter. Mehrere Auswerter, vor allem bei Parallelgutachten, können eine vorhandene Subjektivität dokumentieren. Die pluralistische Meinung ist im Prinzip korrekter und reduziert die Varianz innerhalb des Tieres zwischen den Begutachtungen auf 1/n (BEUING, 1993).

Bei einem Wechsel des Auswerters, bei niedriger Heritabilität des HD-Grades oder bei eingeschränkter Varianz sollte die Situation überdacht werden. Die Vorteile der Erfassung von Einzelkriterien mit einer Gesamtpunktzahl beider Hüftgelenke und einer hieraus folgenden größeren Skala und höheren Heritabilität sollten genutzt werden, wie von OHLERTH et al. (2001) für eine Schweizer Blindenhundpopulation vorgeschlagen. Die Einbindung der FCI-Auswertungen des vorherigen Auswerters in die neue Zuchtplanung sollte entweder über die zeitlich begrenzte Beibehaltung der FCI-Auswertungen als Züchtungsinformation oder über

Nachauswertung älterer Hunde erfolgen. Liegt von genug Hunden die Gesamtpunktzahl vor, kann diese als Züchtungsinformation genutzt werden.

Lag in der Vergangenheit eine hohe Fluktuation bei den Auswertern vor oder sind Veränderungen in den Auswertungen bekannt (Zeittrend) kann es sinnvoll sein, das ganze Zuchtprogramm auf Messungen z.B. den NW umzustellen und alle für die Zuchtwertschätzung nötigen Röntgenbilder der Population neu zu vermessen. Die vorliegende Arbeit zeigt, dass so eine effektivere Zucht als über HD-Grade möglich ist. Schon TSCHAPKA (1993), STUR et al. (1996) und OHLERTH et al. (2001) weisen auf die hohe Korrelation und den großen Einfluss des NW auf die HD-Grade hin.

Da durch eine erfolgreiche Zucht gegen HD die Variation innerhalb der Population eingeschränkt wird, insbesondere bei der Beschränkung auf 5 HD-Grade, sollte eine Züchtungsinformation mit kontinuierlicher Skala (Gesamtpunktzahl) und Normalverteilung (Messungen) angestrebt werden. Außerdem sollte die Züchtungsinformation immer objektiv erfassbar sein, eine hohe Wiederholbarkeit haben und zeitlebens vorhanden sein (KRÄUßLICH, 1994). Zwar kann sich auch der NW im Laufe des Lebens durch Veränderung in der Gelenkfestigkeit und Umformungen des Gelenks verändern, die NW-Messung erfüllt aber die obengenannten Prämissen in dieser Studie weitgehend, bei gleichzeitig hoher Heritabilität, hoher genetischer Korrelation zum HD-Grad und über den Selektionsindex nachgewiesenen möglichem größeren Zuchtfortschritt im Vergleich zum HD-Grad. Auch weitere in der HD-Forschung beschriebene Messmethoden (RHODES und JENNY, 1960; PIEHLER, 1967; RICHTER, 1977) oder in dem Wissen über die alten Messmethoden neu erarbeitete Messungen könnten den Prozess der Merkmalserfassung objektivieren. Der NW nimmt gegenüber den anderen Messungen aber durch die weltweite Bekanntheit und Nutzung (LAWSON, 1963; BRASS et al. 1978; CORLEY, 1992; FLÜCKIGER, 1993) und die Ansätze die Messpunkte zu standardisieren (TELLHELM und BRASS, 1991; HENRY, 1992; HENNINGER und KÖPPEL, 1994; GIBBS, 1997) eine Sonderstellung ein, die eine globale Nutzung als Züchtungsinformation möglich erscheinen lässt.

Bei Rassen mit hoher Importquote ist eine valide Integration dieser Zuchttiere in das Zuchtprogramm wichtig, eine Neuauswertung oder Vermessung wird hier fast immer nötig sein.

Bei allen vorgenannten Überlegungen sollte jedoch der ökonomische Gesichtspunkt im Auge behalten werden. Jedes Jahr werden für die Anfertigung und Auswertung der HD-Röntgenbilder in Deutschland mehrere Millionen Euro ausgegeben. Nur ein nachweisbarer befriedigender Zuchtfortschritt kann diese Kosten rechtfertigen, der aber nicht immer gegeben ist (LINGAAS und KLEMETSDAL, 1990; FLÜCKIGER et al., 1995; SWENSON et al., 1997; LEPPANEN et

al., 2000). Auch die Rahmenzuchtordnung des VDH (VDH, 1993) ist kein Hindernis, um neue züchterische Wege zu gehen, da sie nur eine Zucht mit HD-schwer und HD-mittel untersagt, was sich allein durch Tierschutzaspekte verbietet, wie die Leidensrelevanz bei Hunden mit HD-mittel und HD-schwer in dieser Studie belegt. Der HD-Grad verliert seinen Sinn als Gesundheitsprognose für den Einzelhund aus diesem Grunde nicht.

Für den Berger des Pyrénées eignet sich der NW optimal als Züchtungsinformation. Durch die Zuchterfolge der letzten Jahre ist phänotypische Varianz bei den HD-Graden eingeschränkt und die Heritabilität von 0,47 bei der Population 1984 bis 1993 auf 0,22 bei der Teilpopulation 1994 bis 1996 gesunken. Der NW hat auch in der Teilpopulation von 1994 bis 1996 eine Heritabilität von 0,60 und weißt durch die gradgenaue Messung weiterhin eine große Varianz auf. Die relativ geringe Größe der Population in Deutschland ermöglicht die Ausmessung des vollständigen Röntgenbildarchivs nach der in dieser Arbeit erarbeiteten Methode und eine direkte Etablierung des NW als Züchtungsinformation. Die von HARHOFF-RIEPE (1997) beschriebenen Auswertungsänderungen bei der FCI-Auswertung hätten keinen Einfluss auf die Zuchtwertschätzung mehr.

Abschließend ist zu sagen, dass die Merkmalserfassung der HD nur ein Komplex ist, der eine effektive Zucht gegen HD ermöglicht. Die Zuchterfolge werden weiterhin häufig die Erwartungen (CRAWFORD und PHARR (1975); ANDRESEN et al., 1994; FLÜCKIGER et al., 1995; LEPPANEN und SALONIEMI, 1999) nicht erfüllen, wenn nur die Merkmalserfassung optimiert aber die genetische Charakterisierung (Zuchtwertschätzung), die zielorientierte Paarungsplanung und die Ausschöpfung des Zuchtpotentials vernachlässigt wird (BEUING, 1993).

6 Zusammenfassung

Das Anliegen der Arbeit war es beispielhaft an einer Population des Berger des Pyrénées das HD-Geschehen unter den Aspekten der Züchtung und der Gesundheitsprognose zu analysieren. Dabei wurden die Auswertungsverfahren FCI, Schweizer Methode und Hipscore parallel angewandt. Außerdem wurde eine NW-Messung von 2 Ausmessern erfasst und die Ergebnisse einer Besitzerbefragung nach klinischen Symptomen aufgrund HD integriert. Anhand der Häufigkeiten, der Korrelationen und Regressionen, der Heritabilitäten und anhand von Selektionsindices wurden Wege für eine verbesserte Züchtungsinformation aufgezeigt.

Für die Untersuchungen lagen 471 Röntgenbilder der Rasse Berger des Pyrénées von 1984 bis 1996 vor. An allen 471 Bildern wurde der NW vermessen, von 469 Hunden gab es eine offizielle FCI-Auswertung (Auswerter 1). Für die parallele Auswertung wurde eine Beschränkung des Materials vorgenommen. 287 Kopien der Filme von 1984 bis 1993 wurden von etablierten Auswertern der Verfahren nach FCI (Auswerter 2), Schweizer Methode (Auswerter 3) und Hipscore (Auswerter 4) beurteilt. Bei FCI lagen Ergebnisse zum HD-Grad und 18 Kriterien vor, bei der Schweizer Methode zum HD-Grad und 6 Kriterien und beim Hipscore zu 9 Kriterien. Von 147 dieser Hunde ergab die Besitzerbefragung weitere Informationen. Bei 14 Hunden trat eine Lahmheit aufgrund HD auf. Alle Hunde mit HD-schwer zeigten Symptome, aber kein Hund mit HD-frei.

In den Jahren 1984 bis 1993 wurden nach dem offiziellen FCI-Gutachten 30,9% der Hunde als HD-frei, 33,3% als HD-Übergang, 20,4% als HD-leicht, 10,5% als HD-mittel und 4,9% als HD-schwer beurteilt. Der Vergleich zwischen den HD-Graden der Auswerter 1, 2 und 3 zeigte Niveauunterschiede von 0,28 HD-Graden. Die Beurteilung des Einzeltieres stimmte bei den FCI-Auswertungen (Auswerter 1 und 2) zu etwa 60% überein, in 36% war eine Abweichung von einem HD-Grad, in 4% von 2 HD-Graden vorhanden. Die FCI-Auswertungen (Auswerter 1 und 2) stimmten zu etwa 50% mit den HD-Auswertungen der Schweizer Methode überein. Die fehlende Übereinstimmung zwischen den HD-Graden macht auch die Konstruktion eines Übertragungsschlüssel zwischen FCI, Schweiz und Hipscore unmöglich, nur bei der Gesamtpunktzahl von Schweiz und Hipscore ist eine Übertragung vorstellbar. Trotz großer Unterschiede in den Beurteilungen erreichten die HD-Grade der Auswerter 1, 2 und 3 genetische Korrelationen von 0,93 bis 0,98, auch die Heritabilitäten (h^2) liegen mit 0,47 bis 0,50 auf gleichem Niveau.

Die Gesamtpunktzahl ist das Endergebnis des Hipscore und konnte auch bei FCI und Schweizer Methode erfasst werden. Die Heritabilität der Gesamtpunktzahl lag mit 0,62 bis 0,86 höher als die Heritabilität der HD-Grade. Die Hipscore-Gesamtpunktzahl erreichte eine Heritabilität von 0,86. Die NW der Auswerter 2, 3 und 4 hatten Heritabilitäten von 0,65, 0,46 und 0,60. Die Heritabilität der NW-Messung, als Summe beider Ausmesser, betrug 0,74. Die Heritabilitäten der Einzelkriterien lagen insbesondere bei den Arthrosekriterien sehr hoch. Durch den Ausschluss zweier HD vererbender Rüden und deren Nachkommen in Datensatz 2 sank die Heritabilität mancher Arthrosekriterien auf oder nahe 0, da die Veränderungen spezifisch für diese Gruppe waren. Auch die Heritabilitäten der Gesamtpunktzahlen, der HD-Grade und der NW sank, wobei die Reduzierung der Heritabilität bei der NW-Messung am Geringsten ausfiel. Auch an der Teilpopulation von 1994 bis 1996 mit weniger Hunden mit stark arthrotisch veränderten Hüften behielt der NW eine Heritabilität von 0,60 bzw. 0,63, während die Heritabilität des HD-Grades (Auswerter 1) auf 0,22 sank.

Zwischen den Arthrosekriterien wurden genetische Korrelation bis zu 1,00 erreicht. Auch eine Gruppe von Subluxationskriterien waren bei der Schweizer Methode und dem Hipscore genetisch sehr ähnlich. Die genetischen Korrelationen zwischen den NW-Auswertungen und den NW-Messungen lagen zwischen 0,98 und 1,00. Hier wurde ein identisches Kriterium beschrieben. Die Regression auf das Endergebnis (HD-Grade, Gesamtpunktzahl) zeigte wiederum, dass immer nur 4 oder 5 Einzelkriterien nötig sind, um ein Endergebnis weitgehend zu determinieren. Immer ergänzten sich Arthrose- und Subluxationskriterien. Die Vielzahl der Kriterien verbesserten die Erfassung nicht oder nur marginal, wie die hohen genetischen Korrelationen schon vermuten ließen.

Durch die Gewichtung von Einzelkriterien in einem Selektionsindex konnte ein größerer Zuchtfortschritt von 22 - 25% mit den Schweizer Kriterien und 36 - 43% mit den Hipscore-Kriterien im Vergleich zum HD-Grad als Züchtungsinformation und Zielgröße erreicht werden. Aber auch mit dem NW als Einzelkriterium im Index waren größere Zuchtfortschritte von 8 - 14% möglich.

Der NW besticht als Züchtungsinformation durch ein hohes stabiles h^2, eine objektive Erfassbarkeit auf einer größeren Skala, eine hohe Korrelation und Regression auf die Endergebnisse und hohe Wiederholbarkeit. Abschließend ist festzustellen, dass die Merkmalserfassung bei der HD entweder über die Nutzung von Gesamtpunktzahlen, unterschiedlich gewichtete Einzelkriterien oder Messungen optimiert werden kann.

7 Summary

The aim of this investigation was to analyse the canine hip dysplasia (CHD) using as a population Berger des Pyrénées under the aspects of breeding and a prognosis of health. The scoring schemes FCI (Fédération Cynologique Internationale), the Swiss Method and the Hipscore were evaluated parallely. The Norberg-angle (NA) was measured by two different persons. The results of an interrogation of dog owners concerning clinical symptoms because of CHD are also a part of this thesis. Through the frequencies, the correlation and regressions, the heritabilities and a selection index (CHD) an optimised breeding information was achieved.

X-rays from 471 Berger des Pyrénées were available. The NA was measured from all of the 471 radiographs, of 469 of these dogs official FCI-assessments (investigator 1) already existed. The material was reduced for the parallel evaluations. 287 x-rays from the period 1984-1993 were evaluated by established investigators of FCI (investigator 2), the Swiss Method (investigator 3) and the Hipscore (investigator 4). The FCI method consists of one CHD-grade and 18 individual criteria, the Swiss Method of one CHD-grade defined by 6 individual criteria and the Hipscore of 9 individual criteria. Additional information about 147 of these dogs was collected by a interrogation of dog owners. 14 dogs showed lameness because of CHD. All dogs with CHD-grade E had symptoms, but not one dog with CHD-grade A.

The official FCI assessment between 1984 and 1993 showed 30,9% dogs with CHD-A, 33,3% with CHD-B, 20,4% with CHD-C, 10,5% with CHD-D and 4,9% with CHD-E. The comparison between the CHD-grades from the investigators 1, 2 and 3 showed differences in the CHD-level of 0,28 Grades. The FCI assessments (investigator 1 and 2) of the individual dogs were identical in approximately 60% of the cases, in 36% the deviation was one CHD-grade and in 4% two CHD-grades. In 50% the FCI assessments were identical with the CHD-grade of the Swiss Method. The nonconformity between the CHD-Grades made the transfer between FCI, Swiss Method and Hipscore impossible, merely the total scores of Hipscore and Swiss Method are possibly transferable. In spite of these differences in the CHD-grades, the investigators achieved genetic correlation from 0,93 to 0,98. Heritabilities were estimated on the same level (0,47 to 0,50), too.

The total score is the official result of the Hipscore. Total scores also have been calculated as results of FCI and Swiss Method. The estimated heritabilities of the total scores (0,62 – 0,86) were higher than the heritabilities of the CHD-grades. The NA of investigators 2, 3 and 4 had

heritabilities of 0,65, 0,46 and 0,60. The heritability as sum of both NA measurements was 0,74. Heritability of some of the individual criteria, especially osteoarthritic criteria , was very high.
Due to the exclusion of two CHD-transmitting males and their progeny, the heritabilities sank. The heritability of some of the osteoarthritic criteria sank near zero, the arthrosis being specific for this group. The reduction of the heritability of the NA measurement was low. Even in the population of the years 1994-96, where few dogs with osteoarthritic hips existed, the heritability of the NA remained between 0,60 and 0,63 in contrast to that of CHD-grade (investigator 1), which sank to 0,22. The genetic correlation between the osteoathritic criteria were till 1,00 high. One group of criteria of joint laxity was genetically closely related in the Swiss Method and the Hipscore, too.
The genetic correlation between the NA evaluations and NA measurements were between 0,98 and 1,00.
Regression to CHD-grades and total score showed the necessity of only four or five individual criteria to define the final score. Only a few criteria of osteoarthritis and joint laxity defined CHD completely.. A high multitude of criteria does not add to the quality of the definition, as already expected because of the high level of genetic correlation.
A breeding progress of 22 - 25% using the Swiss method and of 36 - 43% using the Hipscore criteria could be achieved in comparison to the CHD-grade method as breeding information and breeding goal. Even with the NW as individual criteria in the index a breeding progress of 8 - 14% was possible.
As breeding information the NA is preferable because of its very high and reliable heritability, an objective measurement on a wide linear scale, a high correlation and regression to the final results and high repeatability.
Finally it can be stated that the registration of trait of CHD can be optimised either through use of total scores, specific weighting of single criteria or through measurable features.

8 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, 339-47

ALBRECHT, G.; ARNOLD, P. (1972)
Eine Möglichkeit der Verbesserung der Röntgentechnik zur Hüftgelenksuntersuchung bei Hunden
Monatshefte Veterinärmedizin 27, 542-545

ANDRESEN, E.; AHLFORS, K.; CHRISTENSEN, K. (1994)
HD selection index for breeding males of the German Shepherd breed. The situation in July 1994
Dansk 77, 931-934

AUDELL, L. (1990)
Heredity of elbow dysplasia: can elbow dysplasia be controlled by judicious breeding?
American Animal Hospital Association´s 57 th Annual Meeting Proceedings, 730-733

BALL, K. (1990)
Die züchterische Bewertung einer HD-Klassifikation bei einigen Hunderassen
Diplomarbeit agrar, Gießen

BARDENS, J. W.; HARDWICK, H. (1968)
New observations on the diagnose and course of hip dysplasia
Veterinary Medicine 63, 238-245

BEUING, R. G. (1991)
Die Hüftgelenkdysplasie beim Golden Retriever
Der Retriever 11, 39-41

BEUING, R. G. (1993)
Schriftenreihe Kynologie 1; Zuchtstrategien in der Kynologie
TG-Verlag, Giessen

BOLDMAN, K. G.; KRIESE, L. A.; VAN VLECK, L. D.; KACHMAN, S. D. (1993)
A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances
U.S. Department of Agriculture, Agriculture Research Service

BÖRNFORS, S.; PALSSON, K.; SKUDE, G. (1964)
Hereditary aspects of hip dysplasia in German Sheperd dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 145, 15

BOOS, J. M. (1996)
Die standardisierte Beurteilung von Hüftgelenk-Röntgenaufnahmen von Hunden auf Hüftgelenkdysplasie
Diss. vet. med., Zürich

BRASS, W.; FREUDIGER, U.; MÜLLER, L. F.; PAATSAMA, S.; VAN DER VELDEN, N. A.; VAN DE WATERING, C. C. (1978)
Bericht der Hüftgelenksdysplasie-Kommission
Kleintierpraxis 23, 169-180

BRASS, W. (1987)
Die HD
Der Rottweiler 4, 4-6

BRASS, W. (1989)
Protokoll des Treffens der HD-Zentralen
3./4.2.1989 in Fellbach

BRINKER, W. O.; PIERMATTEI, D. L.; FLO, G. L. (1993)
Orthopädie und Frakturbehandlung beim Kleintier
Schattauer Stuttgart – New York

BUDRAS, K. D. (1987)
Atlas der Anatomie des Hundes: Lehrbuch für Tierärzte und Studierende
Schlütersche Verlagsanstalt und Druckerei, Hannover

BURNS, J.; FOX, S. M.; BURT, J. (1987)
Diagnostic radiology: The only definitive determination of CHD
Veterinary Medicine 82, 694

CHRISTOPH, H. J.; ARNOLD, P.; WENZEL, U. D.; ALBRECHT, G. (1969)
Hüftgelenksuntersuchungen bei Dingos, Blaufüchsen und Füchsen
Monatshefte Veterinärmedizin 24, 784-786

CLAYTON JONES, D. G. (1997)
persönliche Mitteilung

CORLEY, E. A. (1992)
Role of the orthopedic foundation for animals in the control of canine hip dysplasia
Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practise 22, 579-593

CRAWFORD, R. D.; PHARR, J. W. (1975)
Recommendation on CHD - Diagnosis, Treatment and Genetic selection
Canadian Veterinary Journal 16, no. 10

DISTL, O.; WINDISCH, E. (1982)
Analyse der HD beim Hovawart
Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Züchtungskunde e. V. und der Gesellschaft für Tierzuchtwissenschaft

DISTL, O.; GRUSSLER, W.; SCHWARZ, J.; KRÄUßLICH, H. (1991)
Analyse umweltbedingter und genetischer Einflüsse auf die Häufigkeit von HD beim DSH
Journal of Veterinary Medicine, Series A 38, 460-471

EISENMENGER, E. (1985)
Persönliche Mitteilung in Krempl; Untersuchungen über die Hüftgelenkdysplasie in einer Hovawartpopulation
Diss. vet. med., Wien

FARESE, J. P.; TODHUNTER R. J.; LUST, G.; WILLIAMS, A. J.; DYKES, N. L. (1998)
Dorsolateral subluxation of hip joints in dog measured in a weight-bearing position with radiography and computed tomography
Veterinary Surgeon 27, 393-405

FLÜCKIGER, M.; FREUDIGER, U. (1991)
Hüftgelenkdysplasie des Hundes. Beurteilung von Röntgenbildern
Swiss Vet 8, 11-16

FLÜCKIGER, M.; FREUDIGER, U. (1992)
Neue Klassifizierung der HD des Hundes. Die HD-Kommission Bern und Zürich informiert
Swiss Vet 9, 21-22

FLÜCKIGER, M. (1993)
Die standardisierte Beurteilung von Röntgenbildern von Hunden auf HD
Kleintierpraxis 38, 693-702

FLÜCKIGER, M.; LANG, J.; BINDER, H.; BUSATO, A.; BOOS, J. (1995)
Die Bekämpfung der Hüftgelenksdysplasie in der Schweiz. Ein Rückblick auf die vergangenen 24 Jahre
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 137, 243-250

FLÜCKIGER, M. (1996)
Die Diagnose der Hüftgelenksdysplasie beim Hund
Entwicklung eines Beurteilungsschemas
Unser Rassehund 5/96, 14 + 15

FLÜCKIGER, M. (1997)
Nutzung der gestreckten Aufnahme (Position 1) für wissenschaftliche Auswertungen
Persönliche Mitteilung

FLÜCKIGER, M; FRIEDRICH, G. A; BINDER, H. (1998)
Correlation between hip joint laxity and subsequent coxarthrosis in dogs
Zentralblatt-für-Veterinärmedizin. Reihe-A 45, 199-207

FREUDIGER, U.; SCHÄRER, V.; BUSER, J.-C.; MÜHLEBACH, R. (1973)
Die Hüftgelenksdysplasie: Bekämpfungsverfahren und Frequenz bei verschiedenen Rassen
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 115, 69-73

FREUDIGER, U. (1973)
Über die Zuverlässigkeit des Vorröntgens zur Beurteilung der HD
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 115, 507-515

FRIEDRICH, G. A. (1996)
Eine Stresstechnik zur radiologischen Beurteilung der Instabilität der Hüftgelenke beim Hund (Objektivierung der ORTOLANI-Probe)
Diss. vet. med., Zürich

GAILLARD, C. (1997) in
KRÄUßLICH, H.; BREM, G. (1997) Hrsg.
Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner
Ferdinand Enke Verl., Stuttgart

GAMBOA HUAMÁN, G.; KOCH, H.; BRUNNBERG, L. (1998)
Untersuchungen von Röntgenbildern der Hüftgelenke dreier Hunderassen auf Hüftgelenksdysplasie mit einem digitalen Bildverarbeitungssystem
Kleintierpraxis 43, 101-111

GEIßNER, L. (1977)
Zur Verbreitung und Heritabilität der HD bei verschiedenen Hunderassen in der DDR
Diss. vet. med., Berlin

GIBBS, C. (1997)
The BVA/KC scoring scheme for control of hip dysplasia: interpretation of criteria
Veterinary Record 141, 275-284

GLODEK, P. (1994) in
KRÄUßLICH, H. (1994) Hrsg.
Tierzüchtungslehre
Eugen Ulmer Verl., Stuttgart, 4. Auflage

GODDARD, M. E.; MASON, T. A. (1982)
The genetics and prediction of hip dysplasia
Australian Veterinary Journal 58, 1-4

GROENEFELD, E. (1994)
VCE-multivariate multimodel REML. (Co) variance components estimation package.
Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, University of Guelph 22, 47-48

HARHOFF-RIEPE, L. (1997)
Die Übertragbarkeit des F.C.I.-Bewertungssystems zur Beurteilung der Hüftgelenksdysplasie kleiner und mittelgroßer Hunderassen unter besonderer Berücksichtigung des Norbergwinkels
Diss. vet. med., Berlin

HARVEY, W. (1960)
Least-Squares analysis of Data with Unequal Subclass Numbers
USDA Publication ARS 20-8, Beltsville

HAZEL, L. N. (1943)
The genetic basis for constructing selection indexes
Genetics 28, 476-490

HEDHAMMAR, A.; OLSSON, S.-E.; ANDERSSON, S. A.; PERSSON, L.; PETTERSSON, L.; OLANSSON, A.; SUNDGREN, P. E. (1979)
Canine hip dysplasia: Study of heritability in 401 litters of German Shepherd Dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 174, 1012-1016

HENNINGER, W.; KÖPPEL, E. (1994)
Die Bedeutung des kraniolateralen Pfannenrandes für die HD-Beurteilung
Tierärztliche Praxis 22, 278-285

HENRICSON, B.; OLSSON, S.-E. (1959)
Hereditary acetabular dysplasia in German Shepherd Dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 135, 207

HENRICSON, B.; NORBERG, I.; OLSSON, S. E. (1965)
Hüftgelenksdysplasie beim Hund
Nordisk Veterinaer Medicin 17, 118-131

HENRICSON, B. (1967)
Statistische und genetische Untersuchungen über Hüftgelenksdysplasie beim Hund
Kleintierpraxis 12, 187-189

HENRY, J. D.; PARK, P. D. (1972)
Wedge technique for demonstration of coxofemoral joint laxity in the dog
Journal of the American Veterinary Medical Association 162, 666-667

HENRY, G. A. (1992)
Radiographic development of canine HD
Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practise 22, 559-578

HERZOG, A. (1980)
Genetik der Hüftgelenksdysplasie beim Hund
Unser Rassehund 10, 187-189

HERZOG, A. (2001)
Erb- und Zuchtkrankheiten der Haus- und Nutztiere
Pareys Lexikon der Syndrome

HILGENREINER, H. (1925)
Zur Frühdiagnose und Früherkennung der angeborenen Hüftgelenksverrenkung
Medizinische Klinik 21, 1385

HUTT, F. B. (1967)
Genetic selection to reduce the incidence of hip dysplasia in dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association, 1041-1048

JENNY, U. (1973)
Schwierigkeiten bei der röntgenologischen Untersuchung auf Hüftgelenksdysplasie
Tagungsbericht DVG Fachgruppe Kleintiere, Stuttgart

JESSEN, C. R.; SPURRELL, P. D.; SPURRELL, F. A. (1972)
Heritability of canine hip dysplasia
Proceedings Canine Hip Dysplasia, Symposium & Workshop, St. Louis 19.-20.10.1972, 53-61

KAMAN, C. H.; GOSSLING, H. R. (1967)
A breeding program to reduce hip dysplasia in German Shepherd Dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 151, 562-571

KÁSA, F.; KÁSA, G.; KÁSA, A. (2001) in
NIEMAND H. G.; SUTER P. F (2001) Hrsg.
Praktikum der Hundeklinik, 9. Aufl., pp. 1022-1023
Parey Buchverlag, Berlin

KELLER, G. G. (1991)
Stress radiography: an aid for early detection of canine hip dysplasia
Canine Practise Santa Barbara, California: Veterinary Practice Publishing Co. 16, 5-9, 12-14

KLIMT, U. (1990)
Zum Problem der „lockeren Hüfte“ beim Hund, Röntgenuntersuchungen zur lagerungsbedingten Verschieblichkeit des Femurkopfes bei der Diagnose der HD
Diss. vet. med., Gießen

KLIMT, U.; TELLHELM, B.; FRITSCH, R. (1992)
Die Bedeutung der „Morgan-Linie“ für die Untersuchung auf HD beim Hund
Kleintierpraxis 37, 211-214

KÖPPEL, E. (1989)
Die Entwicklung des Azetabulum - eine Möglichkeit der Frühdiagnostik der HD?
Der praktische Tierarzt 12, 31

KÖPPEL, E. (1991)
Zur Entwicklung der Articulatio coxae und radiologischen Frühdiagnostik der HD des Hundes
Ferdinand Enke Verl., Stuttgart

KRÄUßLICH, H. (1994) Hrsg.
Tierzüchtungslehre
Eugen Ulmer Verl., Stuttgart, 4. Auflage

KRÄUßLICH, H.; BREM, G. (1997) Hrsg.
Tierzucht und allgemeine Landwirtschaftslehre für Tiermediziner
Ferdinand Enke Verl., Stuttgart

KREMPL, H. (1985)
Untersuchung über HD in einer Hovawartpopulation
Diss. vet. med., Wien

KÜRSTEINER, D. (1990)
Untersuchungen zur Validität der heute üblichen Kriterien bei der röntgenologischen Diagnose der Hüftgelenkdysplasie des Hundes
Diss. vet. med., Zürich

LARSEN, J. S. (1973)
Report on canine hip dysplasia
Journal of the American Veterinary Medical Association 162, 662-668

LAVELLE, R. B. (1990)
Canine hip dysplasia - the role of schemes
Australian Veterinary Journal 67, 380-381

LAVELLE, R. B. (1991)
Advances in HD-schemes in the dog
Veterinary Annual 31, 154-158

LAWSON, D. D. (1963)
The radiographic diagnosis of hip dysplasia in the dog
Veterinary Record 75, 444-456

LEIGHTON, E.; LINN, J. M.; WILLHAM, R. L.; CASTLEBERRY, M. W. (1977)
A genetic study of canine hip dysplasia
American Journal of Veterinary Research 38, 241-244

LEIGHTON, E. A. (1997)
Genetics of canine hip dysplasia
Journal of the American Veterinary Medical Association 210, 1474-1479

LEPPANEN, M.; SALONIEMI, H. (1999)
Controlling canine hip dysplasia in Finland
Prevention Veterinary Medicine 42, 121-31

LEPPANEN, M.; MÄKI, K.; JUGA, J.; SALONIEMI, H. (2000)
Factors affecting hip dysplasia in German shepherd dogs in Finland: efficacy of the current improvement programme.
Journal of Small Animal Practice 41, 19-23

LINGAAS, F.; KLEMETSDAL, G. (1990)
Breeding values and genetic trend for hip dysplasia in the Norwegian Golden Retriever population
Journal of Animal Breeding and Genetics 107, 437-443

LINNMANN, S. M. (1998)
Die Hüftgelenksdysplasie des Hundes, 1. Aufl.; pp. 118/119
Parey Buchverlag, Berlin

LOEFFLER, K.; VOLCKART, W. (1969)
Vergleichende Messungen an Hüftgelenksaufnahmen nach Piehler und Norberg
Kleintierpraxis 14, 107-109

LOEFFLER, K. (1979)
Hüftgelenksdysplasie beim Hund, Probleme bei der Röntgendiagnose
Tierärztliche Praxis 7, 229-238

LOEFFLER, K. (1989)
Anforderungen an Röntgenaufnahmen zur Diagnostik der Hüftgelenksdysplasie beim Hund
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 76, 300-302

LOEFFLER, K. (1992)
Protokoll des Treffens der HD-Zentralen
23./24.1.1992 in Fellbach

LUST, G.; GEARY, J. C.; SHEFFY, B. E. (1973)
Development of hip dysplasia in dogs
American Journal of Veterinary Research 34, 87-91

LUST, G.; FARELL, P. W. (1977)
Hip dysplasia in dogs: The interplay of genotype and environment
Cornell Vet. 67, 447-466

LUST, G.; WILLIAMS, A. J.; BURTON-WURSTER, N.; PIJANOWSKI, G. J.; BECK, K. A.; RUBIN, G.; SMITH-G. K. (1993)
Joint laxity and its association with hip dysplasia in Labrador Retrievers.
American Journal of Veterinary Research 54, 1990-1999

LUST, G. (1997)
An overview of the pathogenesis of canine hip dysplasia
Journal of the American Veterinary Medical Association 210, 1443-1445

MADSEN, J. S.; SVALASTOGA, E. (1995)
Early diagnosis of hip dysplasia - a stress-radiographic study
Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology 8, 114-117

MAHNIG, R. (1968)
Untersuchungen zur Diagnostik der Hüftgelenksdysplasie bei Hunden
Diss. vet. med., Hannover

MÄKI, K.; LIINAMO, A. E.; OJALA, M. (2000)
Estimates of genetic parameters for hip and elbow dysplasia in Finnish Rottweilers
Journal of Animal Science 78, 1141-1148

MEISEN, N.; FLÜCKIGER, M. (1993)
Beschriftung von HD-Röntgenbildern
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 135, 172

MEUTSTEGE, F. J. (1996)
Protokoll des Treffens der HD-Zentralen
26./27.1.1996 in Fellbach

MORGAN, J. P. (1987)
Canine hip dysplasia: significance of early bone spurring
Veterinary Radiology 28, 2-5

MÜLLER, J.; KOPERNIK, U.; MÜLLER, C. (2000)
Pyrenäen – Schäfer – Hunde
Verlag Club Berger des Pyrénées e.V.

MÜLLER, L. F.; SAAR, C. (1966)
Eine Anleitung zur Röntgen-Diagnose der Hüftgelenksdysplasie
Kleintierpraxis 11, 33-42

MÜLLER, L. F.; SAAR, C. (1972)
Erste Ergebnisse der tierärztlich-züchterischen Maßnahmen zur Bekämpfung der Hüftgelenksdysplasie beim Hovawart
Tierärztliche Umschau 27, 176-177

NEUMAIER, A.; GROENEFELD, E. (1998)
Restricted Maximum Likelihood Estimation of Covariances in Sparse Linear Models
Genetic Selection Evolution 30, 3-26

OHLERTH, S.; BUSATO, A.; GAILLARD, C.; FLÜCKIGER, M.; LANG, J. (1998)
Epidemiologische und genetische Untersuchungen zur Hüftgelenksdysplasie an einer Population von Labrador Retrievern: Eine Studie über 25 Jahre
Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 105, 365-396

OHLERTH, S.; LANG, J.; BUSATO, A.; GAILLARD, C. (2001)
Estimation of genetic population variables for six radiographic criteria of hip dysplasia in a colony of Labrador Retrievers
American Journal of Veterinary Research 62, 846-852

OLSSON, S.-E. (1961)
Roentgen examination of canine hip dysplasia in the Scandinavian Countries
Advances in Small Animal Practise, 3, Proceedings British Small Animal Veterinary Association, 117-120

OLSSON, S.-E. (1980)
Gelenkleiden bei Hunden als Folge von Entwicklungsstörungen
26. Jahrestagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft, Fachgruppe Kleintierkrankheiten

PIEHLER, L. (1967)
Messungen am Hüftgelenk des Hundes
Diss. vet. med., Berlin (Humboldt-Universität)

PSCHYREMBEL (1994)
Klinisches Wörterbuch
Walter de Gruyter, Berlin, New York, 257. Aufl.

RÄBER, H. (1993)
Enzyklopädie der Rassehunde, Band 1
Franckh-Kosmos Verlags-GmbH, Stuttgart

REED, A. L.; KELLER, G. G.; VOGT, D. W.; ELLERSIECK, M. R.; CORLEY E. A. (2000)
Effect of dam and sire qualitative hip conformation scores on progeny hip conformation
Journal of the American Veterinary Medical Association 217, 675-680

REIBEL, R. (1992)
Vergleich des britischen und des deutschen Schemas zur Beurteilung von Röntgenaufnahmen beim Hund
Diss. vet. med., Berlin (Freie Universität)

RENANDO, V. T.; RYAN, G. (1985)
Canine Hip dysplasia Evaluation
A Positioning and Labeling Guide for Radiographs to be submitted to the Orthopedic Foundation for Animals
Veterinary Radiology 26, 170-186

RHODES, W. H.; JENNY, J. (1960)
A canine acetabular index
Journal of the American Veterinary Medical Association 137, 97-100

RICHTER, V. (1977)
Untersuchungen am Becken des Hundes unter besonderer Berücksichtigung des Hüftgelenkes und rassespezifischer Merkmale
Diss. vet. med., München

RISER, W. H. (1975)
The dog as a model for the study of hip dysplasia
Veterinary Pathology 12, 234-325

RISER, W. H. (1964)
An analysis of the current status of hip dysplasia in the dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 144, 709-721

ROCHE LEXIKON (1998)
Hilgenreiner Linie
Urban und Fischer, 4. Auflage

SANCHEZ, J. F. B. (1972)
Vergleich einiger Methoden zur Diagnose der HD
Diss. vet. med., Hannover

SCARTAZZINI, R. (1970)
A radiologic study of normal and dysplastic hip joints in six breeds of large dogs
Acta Radiologica, 319, 183-195

SCHALES, O. (1956)
Genetic aspects of Dysplasia of the Hip Joint
North American Veterinarian 37, 476-478

SCHALES, O. (1957)
Heredity patterns in dysplasia of the hip
North American Veterinarian 38, 152-155

SCHAWALDER, P.; SPRENG, D.; DIETSCHI, E.; DOLF, G.; GAILLARD, C. (1996)
Beitrag zur Biomechanik des Hüftgelenkes mit neuen diagnostischen Aspekten im Umfeld der Hüftgelenksdysplasie, Teil I
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 138, 511-522

SCHAWALDER, P.; SPRENG, D.; DIETSCHI, E.; DOLF, G.; GAILLARD, C. (1997)
Beitrag zur Biomechanik des Hüftgelenkes mit neuen diagnostischen Aspekten im Umfeld der Hüftgelenksdysplasie, Teil II
Schweizer Archiv für Tierheilkunde 139, 265-270

SCHIMKE, E.; PAATSAMA, S. (1986) in
FREUDIGER, U.; GRÜNBAUM, E.-G.; SCHIMKE, E. (1986) Hrsg.

Klinik der Hundekrankheiten, pp. 796-801
Verlag Gustav Fischer, Stuttgart

SCHNEIDER-HAISS, M.; LOEFFLER, K. (1987)
Die Bedeutung der Röntgenaufnahme mit gebeugten Hintergliedmaßen bei der Untersuchung auf Hüftgelenksdysplasie des Hundes
Kleintierpraxis 32, 359-362

SCHNELLE, G. B. (1935)
Some new disease in the dog
American Kennel Gazette 52, 25-26

SCHNELLE, G. B. (1937)
The Veterinary Radiologist, Regional Radiography - the pelvic Region - part I
North American Veterinarian 18, 53-57

SCHNELLE, G. B. (1954)
Congenital Dysplasia of the Hip (Canine) and Sequelae
Proc. 91st annual Meeting, American Veterinary Medical Association, 253-258

SCHREINERT, H. (1962)
Zur Pathologie des Hüftgelenkes beim Hund
Diss. vet. med., Gießen

SCHWARZ, J. (1989)
Genetisch-statistische Analyse der HD beim Deutschen Schäferhund
Diss. vet. med., München

SCHWARZ, S. (1971)
Die Methoden der röntgenologischen Diagnose der Hüftgelenksdysplasie beim Hund und ihre Eignung als Grundlage für geplante züchterische Selektion
Diss. vet. med., Gießen

SINGLETON, W. B. (1960)
Shenton's line
Modern Veterinary Practice 41, 52

SLOCUM, B. (1990)
Dorsal acetabular rim radiographic view for evaluation of the canine hip
Journal of the American Animal Hospital Association 26, 289-296

SMITH, R. N. (1963)
The normal and radiological anatomy of the hip joint of the Dog
Journal of Small Animal Practise 4, 1

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 quantitating hip joint laxity in the dog
Journal of the American Veterinary Medical Association 196, 59-70

SMITH, G. K. (1997)
Advances in diagnosing canine hip dysplasia
Journal of the American Veterinary Medical Association 15, 1451-1457

SMITH, G. K.; MAYHEW, P. D.; KAPATKIN, A. S.; MC KELVIE, P. J.; SHOFER, F. S.; THOMAS, P. G. (2001)
Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Sheperd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers and Rottweilers
Journal of the American Veterinary Medical Association 219, 1749-1754

SNAVELY, J. G. (1959)
The genetic aspects of hip dysplasia in dogs
Journal of the American Veterinary Medical Association 135, 201-207

SPIESS, B. (1984)
Winkelbestimmungen am Acetabulum. Beitrag zur Hüftgelenkbiomechanik des Hundes
Diss. vet. med., Bern

STUR, I. (1990) in
FICUS, H. J.; LOEFFLER, K.; SCHNEIDER-HAISS, M.; STUR, I. (1990) Hrsg.
Hüftgelenksdysplasie bei Hunden
Verlag F. Enke, Stuttgart

STUR, I.; KÖPPEL, E.; SCHRÖDER, K. (1996)
Populationsgenetische Aspekte der Hüftgelenksdysplasie (HD)-Diagnostik-Bewertung unter Berücksichtigung differierender HD-Befunde
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 83, 91-97

SWENSON, L.; AUDELL, L.; HEDHAMMAR, A. (1997)
Prevalence and inheritance of selection for hip dysplasia in seven breeds of dogs in Sweden and benefit: cost analysis of a screening and control program
Journal of the American Veterinary Medical Association 210, 207-214

TELLHELM, B.; BRASS, W. (1989)
HD-Röntgenaufnahmen - Qualität und Beurteilung
Kleintierpraxis 34, 551-560

TELLHELM, B.; BRASS, W. (1991)
Fallbeispiel zur HD-Beurteilung - Messung des Winkels nach Norberg
Kleintierpraxis 36, 319-320

TIEMANN, G.; WOCKE-DAUME, A. (1983)
Untersuchungen zur Hüftgelenksdysplasie beim Deutschen Boxer
Kleintierpraxis 28, 303-310

TOLHUYSEN, I. (1997)
Der Einfluß unterschiedlicher Streckung der Hintergliedmaßen auf den Grad der Hüftgelenksdysplasie (HD)
Kleintierpraxis 42, 123-136

TSCHAPKA, H. P. (1993)
Die Beziehung zwischen dem Norberg/Olsson-Winkel, den sekundären Veränderungen und dem HD-Befund bei verschiedenen Rassen
Diss. vet. med., Wien

VDH – Verband für das Deutsche Hundewesen (1992)
Rahmenzuchtordnung des VDH
Unser Rassehund 7, 61-66

VEIT, C. (1991)
Zur Röntgenuntersuchung auf HD am stehenden Hund
Diss. vet. med., Gießen

VELDEN, N. A. van der; BROOYMANS-SCHALLENBERG, J. H. C. (1983)
Hip dysplasia in dogs
The Veterinary Quarterly 5, 3-8

WAGENAAR, D.; VAN ARENDONK, J.; KRAMER, M. (1995)
Selection Index Program (SIP)
User manual: Inst. of Anim. Science, Dpt. of Anim. Breeding, Dpt. of Computer Sciences, Wageningen, Netherlands

WALDE, I. (1980)
Sehstörungen bei Hunden infolge rassespezifischer Funduserkrankungen
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 67, 20-24

WAMBERG, K. (1967)
Züchterisch-organisatorische Maßnahmen zur Bekämpfung der HD
Kleintierpraxis 12, 153-156

WEGNER, W. (1994a)
Tierschutzrelevante Mißstände in der Kleintierzucht - der § 11b des Tierschutzgesetzes greift nicht
Tierärztliche Umschau 48, 213-222

WEGNER, W. (1994b)
Züchterische Fehlentwicklungen in der Klein- und Nutztierzucht - dargestellt im Spiegel gutachterlicher Tätigkeit. Teil 2: Zu Fragen der Defektzuchten bei Hunden und Katzen sowie zur Haltungsproblematik bei Schwein und Hund
Tierärztliche Umschau 49, 332-336

WHITTINGTON, K.; BANKS, W. C.; CARLSON, W. D.; HOERLEIN, B. F.; HUSTED, P. W.; LEONHARD, E. F.; MC CLÖAVE, P. L.; RHODES, W. H.; RISER, W. H.; SCHNELLE, G. B. (1961)
Report of the panel on canine hip dysplasia
Journal of the American Veterinary Medical Association 139, 791-806

WILLIS, M. B. (1977)
Genetic aspects of CHD
Veterinary Record 101, 239

WILLIS, M. B. (1987)
Breeding dogs for desireable traits
Journal of Small Animal Practise 28, 965-973

WILLIS, M. B. (1992)
Genetik der Hundezucht (1994 dt.)
Kynos Verlag

WILLIS, M. B. (1997)
A review of the progress in canine hip dysplasia control in Britain
Journal of the American Veterinary Medical Association 210, 1480-1482

WINDISCH, E. (1983)
Genetisch-statistische Analyse der Hüftgelenksdysplasie beim Hovawart und beim Boxer
Diss. vet. med., München

WODECKI, J. J.; SCHIMKE, E. (1997)
Untersuchungen zur Hüftgelenksdysplasie bei Rassekatzen in einem ausgewählten Einzugsgebiet
43. Jahrestagung / Fachgruppe Kleintierkrankheiten, Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V. (DVG)

WOOD, J. L.; LAKHANI, K. H.; DENNIS, R. (2000a)
Heritability and epidemiology of canine hip-dysplasia score in flat-coated Retrievers and Newfoundlands in the United Kingdom
Preventive Veterinary Medicine 46, 75-86

WOOD, J. L.; LAKHANI, K. H.; DENNIS, R. (2000b)
Heritability of canine hip-dysplasia score and its components in Gordon Setters
Preventive Veterinary Medicine 46, 87-97

ZAKEL, A. (1993)
Hüftgelenksdysplasie bei kleinen Hunderassen
Wiener Tierärztliche Monatsschrift 80, 60

9 Anlagen

9.1 Anlage 1: Vergleichstabelle zwischen fünf HD-Klassifizierungen

Tab. 61: Vergleichstabelle zwischen fünf HD-Klassifizierungen (BRASS et al., 1978)

<table>
<tr><th rowspan="2">Classi-fication</th><th rowspan="2">Classi-fication, Einstufung, classi-fication</th><th rowspan="2">Classi-fication, Klassi-fizierung</th><th colspan="5">Country- Land- Pays</th></tr>
<tr><th>SF
Finnland</th><th>NL
Niederlande</th><th>D
Deutschland</th><th>S
Schweden</th><th>CH
Schweiz</th></tr>
<tr><td rowspan="2">A</td><td>1</td><td rowspan="2">No signs of hip dysplasia</td><td>Ei-dysplasiaa „hyvät“</td><td>Negatief geheel gaaf (1)</td><td rowspan="2">Kein Hinweis für HD</td><td>Utmark</td><td rowspan="3">Frei</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Ei-dysplasiaa</td><td>Negatief niet geheel gaaf (2)</td><td rowspan="3">U.A.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">B</td><td>1</td><td rowspan="2">Transitional case</td><td rowspan="2">Rajatapaus</td><td rowspan="2">Transitional case (Tc)</td><td rowspan="2">Übergangs-form (verdächtig für HD)</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="3">I</td><td rowspan="3">I</td></tr>
<tr><td rowspan="2">C</td><td>1</td><td rowspan="2">Mild</td><td rowspan="2">I</td><td rowspan="2">Licht positief (3)</td><td rowspan="2">Leichte HD</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td rowspan="2">D</td><td>1</td><td rowspan="2">Moderate</td><td rowspan="2">II</td><td>positief (3,5)</td><td rowspan="2">Mittlere HD</td><td rowspan="2">II</td><td rowspan="2">II</td></tr>
<tr><td>2</td><td rowspan="2">positief (4)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">E</td><td>1</td><td rowspan="2">Severe</td><td>III</td><td rowspan="2">Schwere HD</td><td>III</td><td>III</td></tr>
<tr><td>2</td><td>IV</td><td>positief optima forma (5)</td><td>IV</td><td>IV</td></tr>
</table>

9.2 Anlage 2: Die Auswertungsbögen von FCI, Hipscore und Schweizer Methode

Modifizierter FCI-Auswertungsbogen (Auswerter 2):

Berger des Pyrénées
84-0007 JULIA VOM WUNDERHORN
Röntgenalter: 106 Monate (Zbnr. auf linkem Femur)

Röntgenbildqualität:

technische Qualität:	□ gut	□ ausreichend	□ nicht ausreichend
Lagerungsqualität:	□ gut	□ ausreichend	□ nicht ausreichend
Beurteilung:	□ gut möglich	□ knapp möglich	□ nicht möglich

		re/li		re/li		re/li geringgradig	
Beckenpfanne:							
Gesamteindruck	tief	□	□	flach	□ □	□	□
kraniale Pfannenkontur	strichförmig	□	□	subchondr. Sklerose	□ □	□	□
kraniolater. Pfannenrand							
	rund auslaufend	□	□	abgeflacht	□ □	□	□
				mit Auflagerungen	□ □	□	□
Oberschenkelkopf:							
Gesamteindruck	kugelförmig	□	□	zu klein	□ □	□	□
				Kragenbildung	□ □	□	□
				Deformation	□ □	□	□
Sitz des Kopfes in der Pfanne:							
	tief	□	□	lose	□ □	□	□
Oberschenkelhals:							
	schlank	□	□				
				walzenförmig	□ □	□	□
	vom Kopf						
	abgesetzt	□	□				
	scharf konturiert	□	□	unscharf	□ □	□	□
				Auflagerungen	□ □	□	□
				Linie nach Morgan	□ □	□	□
Gelenkspalt:							
	konzentrisch	□	□	divergierend	□ □	□	□
Zentrum des Femurkopfes:							
	medial des dorsalen Pfannenrandes	□	□	lateral	□ □	auf dors. Pfannenrand	□ □
Messung nach Norberg:							
	Winkel 105°			kleiner als 105°	□ □		
	oder größer	□	□	kleiner als 100°	□ □		
				kleiner als 90°	□ □		

Beurteilung:	re/li	
frei	□	□
Verdacht	□	□
leicht	□	□
mittel	□	□
schwer	□	□

Bemerkungen:

Modifizierter Auswertungsbogen der Schweizer Methode (Auswerter 3):

Club Berger des Pyrénées

91-0529 Chico von der Silberkaule

Röntgenalter: 12 Monate

Röntgenbildqualität:

technische Qualität: □ gut □ ausreichend □ nicht ausreichend

Lagerungsqualität: □ gut □ ausreichend □ nicht ausreichend

Beurteilung: □ gut möglich □ knapp möglich □ nicht möglich

Kriterien	Hüftgelenk R	L*
Winkel in °		
Norberg		
Subluxation		
Pfannenrand		
Subchondral		
Kopf		
Kapsel		
TOTAL		
HD-Grad (A-E)		

*Zbnr. auf linkem Femur

Bemerkungen:

Auswertungsbogen des Hipscore (Auswerter 4):

Club Berger des Pyrénées

91-0529 Chico von der Silberkaule

age at X-ray: 12 months

quality of the radiograph:

technical quality: □ excellent □ satisfactory □ not satisfactory

position: □ excellent □ satisfactory □ not satisfactory

evaluation: □ possible □ hardly possible □ impossible

HIP JOINT	RIGHT	LEFT*	
Norberg angle			
Subluxation			
Cranial Acetabular Edge			
Dorsal Acetabular Edge			
Cranial Effective Acetabular Rim			
Acetabular Fossa			
Caudal Acetabular Edge			
Femoral Head/Neck Exostosis			
Femoral Head Recontouring			Total score
TOTALS			

* id.-number on the left femur

remarks:

9.3 Anlage 3: Fragebogen zur Mitgliederbefragung des CBP

Ausschnitt aus dem Fragebogen zur Mitgliederbefragung des Club Berger des Pyrénées (CBP)

13. Sind Sie mit der Gesundheit Ihres Berger des Pyrénées zufrieden?
    - □ ja
    - □ nein

14. War Ihr Berger des Pyrénées schon bei einem Tierarzt in Behandlung?
    (ohne Impfungen, Entwurmungen, Läufigkeitsspritzen)
    - □ nein (weiter mit Frage 26)
    - □ ja

15. Mein Berger des Pyrénées hatte/hat
    - □ einen Infekt (z.B. Durchfall, Husten) (weiter mit Frage 25)
    - □ eine Verletzung (weiter mit Frage 25)
    - □ Herz-Kreislaufprobleme (weiter mit Frage 25)
    - □ Epilepsie/Anfallsleiden (weiter mit Frage 24)
    - □ eine Augenerkrankung (weiter mit Frage 25)
    - □ eine Hauterkrankung (weiter mit Frage 25)
    - □ Lahmheiten (weiter mit nächster Frage)

    □ sonstige _____
    (weiter mit Frage 25)

16. Mein Berger des Pyrénées zeigt(e) Störungen wie z.B. Lahmheiten und/oder Schwächen der Hintergliedmaßen und/oder Probleme beim Aufstehen
    - □ nein (weiter mit Frage 25)
    - □ ja (weiter mit nächster Frage)

17. In welchem Alter traten/treten die Probleme auf?

    Alter in Monaten von_____ bis _____

18. Tritt bzw. trat die Lahmheit
    - □ immer/dauernd
    - □ nur nach Belastung
    - □ beim Aufstehen
    - □ plötzlich auf drei Beine springend und nach einigen Metern wieder normal weiter laufen auf?

19. Wie gut ist bzw. war die Lahmheit zu beobachten?
    - □ kaum zu sehen/Hund ist in der Bewegung kaum eingeschränkt
    - □ deutliche Lahmheit
    - □ massiv
    - □ läuft kurzzeitig auf drei Beinen

20. Hat Ihr Tierarzt nach der HD Routine ein Röntgenbild der Hüfte gemacht?
    - □ nein (weiter mit Frage 25)
    - □ ja

21. Darf dieses Röntgenbild mit Ihrem Einverständnis zu wissenschaftlichen Untersuchungen genutzt werden?
    - □ ja (weiter mit Frage 22)
    - □ nein (weiter mit Frage 23)

22. Welcher Tierarzt hat das Bild gemacht? _____

23. Hat der Tierarzt Hüftgelenksdysplasie diagnostiziert?
    - □ ja
    - □ nein
      (weiter mit Frage 26)

24. Wie wird Ihr Berger des Pyrénées gegen die Anfälle behandelt?
    - □ schulmedizinisch mit Tabletten
    - □ alternativ
    - □ welche Verfahren

25. Hat die Behandlung Ihres Berger des Pyrénées Erfolg?
    - □ ja
    - □ nein

26. Falls Ihr Berger des Pyrénées nicht mehr lebt,
    Wie alt ist Ihr Berger des Pyrénées geworden?
    Aus welchem Grund ist Ihr Berger des Pyrénées gestorben / eingeschläfert worden?
    _____
    _____

9.4 Anlage 4: Anzahl (n) der Auswertungen

Tab. 62: Anzahl (n) der Auswertungen

Auswerter	Kriterium	1984-1993	1984-1996	1994-1996
		n = 287 (max.)	n = 471 (max.)	n = 184 (max.)
Auswerter 1 (FCI)	HD-Grad	285	469	184
Ausmesser 5 und 6	NW	287	471	184
Besitzerbefragung	klinische Symptome	147	266	

Auswerter	Kriterium	1984-1993		
		n = 287 (max.)		
		rechts	links	gesamt
Auswerter 2 (FCI)	Kriterium 1-8, 10-18	282	281	281
	Kriterium 9	281	280	280
	HD-Grad	282	281	282
	Summe HD-Grade			281
	Gesamtpunktzahl	286	285	284
Auswerter 3 (Schweiz)	Kriterium 1	284	284	284
	Kriterium 2, 3, 5	283	283	283
	Kriterium 4	282	282	282
	Kriterium 6	277	278	276
	NW in °	283	283	283
	HD-Grad	284	284	284
	Summe HD-Grade			284
	Gesamtpunktzahl	284	284	284
Auswerter 4 (Hipscore)	Kriterium 1,2,3,5,8	287	287	287
	Kriterium 4	285	286	285
	Kriterium 6	284	285	284
	Kriterium 7	286	285	285
	Kriterium 9	284	283	283
	Gesamtpunktzahl	287	287	287

9.5 Anlage 5: Verteilung der Hipscore-Punkte auf die HD-Grade

Tab. 63: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl und der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade (Auswerter 2, FCI)

	Gesamtpunktzahl					schlechteres Gelenk				
Punkte	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
1	1					1				
2	1					8	1			
3	1	1				17	1			
4	8					25	4			
5	11	1				33	15	1		
6	10	1				20	26	7		
7	14	3				7	16	6		
8	17	3	1			4	11	7		
9	12	6					3	3	1	
10	20	20	1				2	6	3	
11	9	9	3				3	3	1	
12	7	11	6					6		
13	2	7	4					1	4	
14	2	8	3					1	1	
15		5	2					1	2	
16		3	3						2	
17		1	4	1			1		2	
18		2	5							
19			2	3					3	
20		1	3						2	
21				1				1	2	2
22			2						1	
23			1	1					1	1
24		1		2						1
25			1	3					2	1
26			1	2					1	
27				2						
28										
29				2						
30				1						2
31										
32										
33				4	2					
34				1						1
35										
36										1
37			1							
38				2	1					
39										
40					1					1
41					1					
42				1	1					1
43										
44				1						
45					1					
46										
47										
48										
49										1
50				1						
51										
52										1
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59					1					

Punkte	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
60					
61					1
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					1
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					1
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					1
99					
100					
101					
102					
103					
104					1
105					
106					

Tab. 64: Mittelwerte, Standardabweichung und Minimum/Maximum der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes und der Gesamtpunktzahl zu den HD-Graden (Auswerter 3, Schweiz)

HD-Grade Auswerter 3	**Mittelwert**		**Standardabweichung (SD)**		**Minimum/Maximum**	
	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl	schlechtere Gelenk	Gesamt-punktzahl
HD-frei	3,84	6,45	1,41	2,48	1/7	1/12
HD-Übergang	5,70	10,10	1,42	2,46	3/10	5/16
HD-leicht	9,04	16,11	3,09	5,17	4/20	7/33
HD-mittel	19,59	32,96	6,48	11,81	8/40	12/72
HD-schwer	36,63	65,25	10,62	26,73	20/52	33/104

Tab. 65: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl und der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes zu den HD-Graden (Auswerter 3, Schweiz)

	Gesamtpunktzahl					schlechteres Gelenk				
Punkte	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
1	1					1				
2	1					9				
3	2					11	7			
4	8					11	16	1		
5	8	4				11	35	4		
6	5	6				5	35	13		
7	7	8	1			1	17	11		
8	8	14					12	9	1	
9	1	14	3				2	6	1	
10	6	30	5				1	10		
11	1	16	4					6	1	
12	1	13	8	1				5	1	
13		10	4					4	1	
14		3	10					1	1	
15		4	5					3		
16		3	3					1	1	
17			5	1					3	
18			7							
19			4	1					3	
20			4					1		1
21			1						5	
22			2						1	
23			1	1					2	
24			1	2					1	
25			3	1					3	
26			1	2					1	
27			1	1						
28										
29			1	1						
30				1						2
31										
32										
33			1	4	1					
34				1						1
35										
36										1
37				1						
38				3						
39										
40					1				1	
41				1						
42				2						1
43										
44				1						
45					1					
46										
47										
48										
49										1
50				1						
51										
52										1
53										
54										
55										
56										
57										

Seite 189 - Anlagen

Punkte	HD-frei	HD-Übergang	HD-leicht	HD-mittel	HD-schwer
58					
59					1
60					
61					1
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72				1	
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					1
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					1
99					
100					
101					
102					
103					
104					1
105					
106					

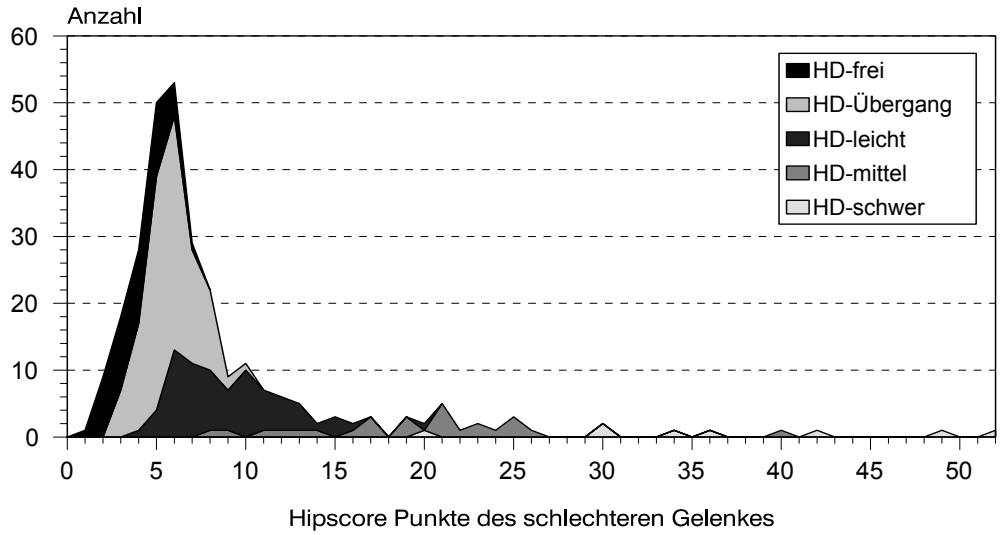


Abb. 25: Verteilung der Hipscore Punkte des schlechteren Gelenkes auf die HD-Grade des Auswerters 3 (Schweiz)

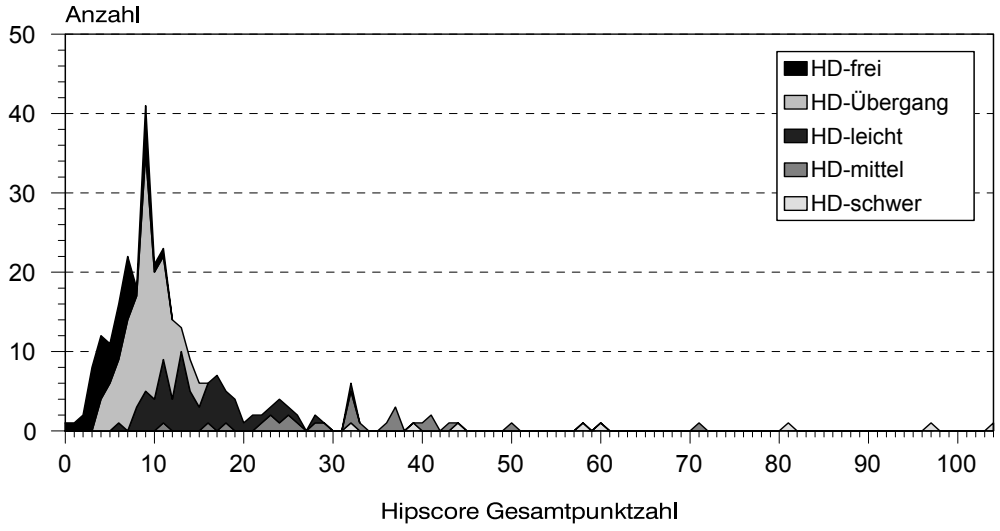


Abb. 26: Verteilung der Hipscore Gesamtpunktzahl auf die HD-Grade des Auswerters 3 (Schweiz)

9.6 Anlage 6: Gesamtpunktzahl Schweiz und Hipscore im Vergleich mit klinischen Symptomen

Tab. 66: Gesamtpunktzahl Schweiz und Hipscore im Vergleich mit klinischen Symptomen

Gesamtpunktzahl Schweiz	keine Symptome	klinische Symptome	Gesamtpunktzahl Hipscore	keine Symptome	klinische Symptome
0	4	0	1	1	0
1	1	0	2	1	0
2	8	0	3	1	0
3	3	0	4	6	0
4	15	0	5	8	0
5	3	0	6	9	0
6	12	0	7	9	0
7	5	0	8	11	0
8	11	0	9	12	0
9	7	0	10	16	0
10	13	0	11	14	0
11	3	0	12	11	1
12	9	0	13	6	1
13	8	0	14	7	0
14	9	1	15	2	0
15	2	0	16	1	0
16	4	1	17	4	0
17	3	1	18	4	0
18	3	1	19	2	1
19	3	0	20	3	1
20	3	1	21	1	0
22	1	2	22	1	0
23	1	1	24	1	1
24	1	0	25	0	1
25	1	0	29	1	0
27	0	1	33	1	2
30	0	1	38	0	2
32	0	1	41	0	1
33	0	1	59	0	1
38	0	1	61	0	1
			72	0	1

Die Gesamtpunktzahl ist nicht in ihrer ganzen Skala dargestellt sondern nur wenn Zellen besetzt sind.

9.7 Anlage 7: Phänotypische Korrelationen der Kriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit dem HD-Grad oder der Punktzahl einer Seite

Tab. 67: Phänotypische Korrelationen der Kriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit dem HD-Grad oder der Punktzahl einer Seite

Kriterien rechts/links		
FCI	HD-Grad rechts	HD-Grad links
Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	0,67	0,69
subchondralen Sklerose (2)	0,68	0,64
Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)	0,70	0,71
Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)	0,38	0,45
kugelförmiger Kopf (5)	0,58	0,62
Kragenbildung Kopf (7)	0,56	0,58
Deformation des Kopfes (8)	0,56	0,62
Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	0,72	0,73
walzenförmiger Hals (11)	0,70	0,68
Hals scharf/unscharf (13)	0,52	0,47
Auflagerungen am Hals (14)	0,55	0,55
Morganlinie (15)	0,51	0,51
Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	0,78	0,78
Subluxation (17)	0,67	0,59
Norbergwinkel (NW) (18)	0,84	0,83
Schweiz	HD-Grad rechts	HD-Grad links
Norbergwinkel (NW) (1)	0,77	0,79
Subluxation (2)	0,79	0,79
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,73	0,76
subchondraler Knochen (4)	0,62	0,65
Femurkopf u. –hals (5)	0,56	0,66
Morganlinie (6)	0,60	0,66
Hipscore	Punktzahl rechts	Punktzahl links
Norbergwinkel (NW) (1)	0,79	0,81
Subluxation (2)	0,77	0,76
kraniale Azetabulumkontur (3)	0,82	0,85
dorsaler Azetabulumrand (4)	0,90	0,91
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,89	0,87
Fossa azetabuli (6)	0,90	0,90
kaudaler Azetabulumrand (7)	0,88	0,84
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	0,82	0,87
Deformation Femurkopf (9)	0,82	0,83

9.8 Anlage 8: Korrelationen der Einzelkriterien mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung

Tab. 68: Korrelationen der Einzelkriterien (FCI, Schweiz, Hipscore) mit den HD-Graden, der Gesamtpunktzahl und der NW-Messung

Kriterien	HD-Grad FCI Auswerter 1		HD-Grad FCI Auswerter 2		HD-Grad Schweiz Auswerter 3		Gesamtpunktzahl, Hipscore		NW-Messung Ausmesser 5 + 6	
	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch
FCI										
Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	0,79	0,59	0,88	0,70	0,75	0,62	0,87	0,73	-0,78	-0,61
subchondralen Sklerose (2)	0,76	0,56	0,77	0,66	0,79	0,56	0,92	0,63	-0,80	-0,53
Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)	0,81	0,64	0,87	0,71	0,82	0,64	0,95	0,77	-0,83	-0,67
Auflagerungen am kranio-lateralen Azetabulumrand (4)	0,65	0,39	0,74	0,42	0,65	0,41	0,93	0,74	-0,77	-0,54
kugelförmiger Kopf (5)	0,83	0,56	0,89	0,60	0,84	0,57	1,00	0,75	-0,90	-0,57
Kragenbildung Kopf (7)	0,78	0,51	0,86	0,59	0,76	0,55	0,97	0,72	-0,84	-0,49
Deformation des Kopfes (8)	0,64	0,53	0,81	0,60	0,76	0,57	0,97	0,81	-0,87	-0,59
Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	0,83	0,70	0,93	0,72	0,79	0,62	0,96	0,77	-0,90	-0,77
walzenförmiger Hals (11)	0,83	0,60	0,89	0,71	0,71	0,63	0,92	0,73	-0,82	-0,56
Hals scharf/unscharf (13)	0,62	0,43	0,67	0,50	0,60	0,48	0,89	0,72	-0,81	-0,53
Auflagerungen am Hals (14)	0,65	0,48	0,75	0,56	0,65	0,52	0,94	0,73	-0,83	-0,53
Morganlinie (15)	0,67	0,40	0,73	0,52	0,82	0,41	0,73	0,42	-0,60	-0,33
Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	0,90	0,74	0,85	0,78	0,86	0,61	0,70	0,58	-0,73	-0,62
Subluxation (17)	0,97	0,65	0,95	0,72	0,90	0,72	0,65	0,62	-0,70	-0,65

Kriterien	HD-Grad FCI Auswerter 1		HD-Grad FCI Auswerter 2		HD-Grad Schweiz Auswerter 3		Gesamtpunktzahl, Hipscore		NW-Messung Ausmesser 5 + 6	
	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch	genetisch	phäno-typisch
Norbergwinkel (NW) (18)	0,88	0,76	0,93	0,82	0,90	0,68	0,91	0,76	-0,98	-0,87
Schweiz										
Norbergwinkel (NW) (1)	0,97	0,76	0,99	0,77	0,93	0,77	0,93	0,74	-1,00	-0,85
Subluxation (2)	0,98	0,66	1,00	0,67	0,97	0,77	0,93	0,67	-0,93	-0,71
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,75	0,59	0,87	0,63	0,84	0,75	0,97	0,69	-0,84	-0,61
subchondraler Knochen (4)	0,42	0,41	0,52	0,50	0,66	0,64	0,87	0,60	-0,81	-0,44
Femurkopf u. –hals (5)	0,58	0,54	0,67	0,57	0,66	0,62	0,96	0,81	-0,87	-0,58
Morganlinie (6)	0,78	0,56	0,82	0,63	0,79	0,64	0,97	0,71	-0,86	-0,54
Hipscore										
Norbergwinkel (NW) (1)	0,94	0,76	0,94	0,74	0,92	0,72	0,94	0,81	-1,00	-0,92
Subluxation (2)	0,99	0,71	0,99	0,71	0,97	0,73	0,96	0,84	-0,96	-0,80
kraniale Azetabulumkontur (3)	0,98	0,73	0,99	0,72	0,91	0,74	0,99	0,85	-0,95	-0,75
dorsaler Azetabulumrand (4)	0,75	0,64	0,80	0,66	0,72	0,64	0,98	0,92	-0,91	-0,70
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,80	0,68	0,87	0,76	0,78	0,70	0,97	0,90	-0,88	-0,73
Fossa azetabuli (6)	0,74	0,60	0,80	0,63	0,70	0,62	0,97	0,92	-0,88	-0,73
kaudaler Azetabulumrand (7)	0,69	0,64	0,80	0,59	0,70	0,58	0,95	0,89	-0,78	-0,65
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	0,74	0,57	0,85	0,64	0,74	0,63	0,98	0,87	-0,85	-0,60
Deformation Femurkopf (9)	0,69	0,47	0,80	0,51	0,69	0,51	0,96	0,84	-0,79	-0,54

9.9 Anlage 9: Phänotypische Korrelationen zwischen den Kriterien der Auswertungsmethoden (FCI, Schweiz, Hipscore)

Tab. 69: Phänotypische Korrelationen der FCI-Kriterien mit den Schweizer und Hipscore-Kriterien

Kriterien FCI	Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)	subchondralen Sklerose (2)	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)	kugelförmiger Kopf (5)	Kragenbildung Kopf (7)	Deformation des Kopfes (8)	Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)	walzenförmiger Hals (11)	Hals scharf/unscharf (13)	Auflagerungen am Hals (14)	Morganlinie (15)	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)	Subluxation (17)	Norbergwinkel (NW) (18)
Schweiz															
Norbergwinkel (NW) (1)	0,56	0,48	0,59	0,38	0,51	0,44	0,49	0,67	0,53	0,41	0,42	0,35	0,67	0,67	0,78
Subluxation (2)	0,52	0,42	0,51	0,33	0,40	0,42	0,40	0,53	0,46	0,37	0,37	0,28	0,58	0,82	0,65
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,48	0,52	0,59	0,43	0,49	0,46	0,53	0,52	0,53	0,45	0,49	0,34	0,48	0,52	0,58
subchondraler Knochen (4)	0,43	0,53	0,55	0,39	0,45	0,39	0,48	0,42	0,49	0,45	0,44	0,37	0,35	0,34	0,41
Femurkopf u. –hals (5)	0,57	0,49	0,60	0,66	0,68	0,70	0,79	0,53	0,64	0,74	0,76	0,33	0,37	0,42	0,51
Morganlinie (6)	0,63	0,55	0,63	0,55	0,57	0,66	0,65	0,50	0,64	0,57	0,64	0,64	0,41	0,45	0,50
Hipscore															
Norbergwinkel (NW) (1)	0,60	0,51	0,65	0,46	0,51	0,44	0,52	0,75	0,53	0,45	0,46	0,31	0,63	0,63	0,83
Subluxation (2)	0,63	0,49	0,61	0,51	0,57	0,52	0,56	0,67	0,55	0,53	0,50	0,33	0,59	0,75	0,71
kraniale Azetabulumkontur (3)	0,63	0,60	0,66	0,57	0,63	0,59	0,65	0,66	0,63	0,57	0,58	0,35	0,60	0,56	0,78
dorsaler Azetabulumrand (4)	0,67	0,54	0,67	0,73	0,84	0,74	0,85	0,65	0,69	0,70	0,73	0,35	0,44	0,48	0,62
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,72	0,63	0,77	0,62	0,70	0,66	0,69	0,74	0,73	0,62	0,64	0,50	0,55	0,59	0,69
Fossa azetabuli (6)	0,68	0,56	0,72	0,75	0,80	0,72	0,78	0,67	0,64	0,70	0,69	0,32	0,44	0,47	0,64
kaudaler Azetabulumrand (7)	0,63	0,53	0,68	0,77	0,85	0,75	0,83	0,58	0,68	0,73	0,76	0,36	0,39	0,42	0,58
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	0,67	0,53	0,65	0,73	0,83	0,78	0,85	0,57	0,74	0,75	0,80	0,44	0,38	0,43	0,56
Deformation Femurkopf (9)	0,57	0,50	0,63	0,82	0,84	0,67	0,84	0,53	0,66	0,72	0,76	0,33	0,32	0,34	0,52

Tab. 70: Phänotypische Korrelationen zwischen Schweizer- und Hipscore-Kriterien

Kriterien **Schweiz** / **Hipscore**	Norbergwinkel (NW) (1)	Subluxation (2)	kraniolateraler Azetabulumrand (3)	subchondraler Knochen (4)	Femurkopf u. –hals (5)	Morganlinie (6)
Norbergwinkel (NW) (1)	0,85	0,69	0,62	0,43	0,51	0,49
Subluxation (2)	0,75	0,83	0,60	0,46	0,60	0,54
kranialer Azetabulumrand (3)	0,70	0,61	0,71	0,56	0,66	0,58
dorsaler Azetabulumrand (4)	0,59	0,51	0,55	0,56	0,80	0,64
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,66	0,60	0,62	0,58	0,70	0,67
Fossa azetabuli (6)	0,59	0,51	0,58	0,56	0,78	0,65
kaudaler Azetabulumrand (7)	0,52	0,48	0,54	0,53	0,81	0,68
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	0,50	0,48	0,59	0,53	0,86	0,77
Deformation Femurkopf (9)	0,44	0,40	0,54	0,49	0,82	0,69

9.10 Anlage 10: Regressionsskoeffizienten (b) zu den Informationsmerkmalen der Selektionsindices

Tab. 71: Regressionskoeffizienten (b) zu den Informationsmerkmalen der Selektionsindices

Informationsmerkmal	HD-Grad, Auswerter 1		HD-Grad, Auswerter 2		HD-Grad, Schweiz		HD-Grad, Auswerter 1+2+3		Gesamtpunktzahl Hipscore	
	DS1	DS2	DS1	DS2	DS1	DS2	DS1	DS2	DS1	DS2
Norberwinkel (NW)										
NW-Messung 5 + 6	0,75	0,69	0,81	0,73	0,78	0,68	0,79	0,71	0,82	0,76
Schweiz										
Norbergwinkel (NW) (1)	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	0,01	0,12	0,07	-0,05	–0,17
Subluxation (2)	0,20	0,17	0,19	0,17	0,16	0,14	0,56	0,48	2,11	2,10
kraniolateraler Azetabulumrand (3)	0,06	0,08	0,11	0,14	0,07	0,09	0,25	0,32	1,53	2,49
subchondraler Knochen (4)	- 0,15	-0,05	-0,17	–0,06	-0,08	–0,01	-0,40	–0,13	-1,61	0,01
Femurkopf u. –hals (5)	0,04	–0,06	0,06	–0,09	0,04	–0,08	0,14	–0,24	3,9	–0,07
Morganlinie (6)	0,15	0,02	0,19	003	0,13	0,03	0,47	0,08	2,5	0,48
Hipscore										
Norbergwinkel (NW) (1)	0,04	–0,03	0,03	–0,05	-0,06	0,003	0,21	0,003	-0,07	0,13
Subluxation (2)	0,24	0,28	0,22	0,26	0,25	0,23	0,56	0,79	1,68	3,25
kraniale Azetabulumkontur (3)	0,18	0,18	0,16	0,18	0,22	0,13	0,36	0,45	0,36	2,22
dorsaler Azetabulumrand (4)	- 0,10		-0,19		0,11				-0,90	
kraniolateraler Azetabulumrand (5)	0,07	0,06	0,12	0,08	0,06	0,06	-0,02	–0,19	1,98	1,28
Fossa azetabuli (6)	-0,15	0,14	-0,20	0,17	0,20	–0,14	-0,70	0,29	-0,29	–1,49
kaudaler Azetabulumrand (7)	0,07	–0,01	0,24	0,06	0,01	0,28	0,13	–0,11	5,97	2,33
Exostosen Femurkopf u. –hals (8)	-0,40	–0,68	-0,44	–0,66	-0,33	–0,66			-8,82	–16,83
Deformation Femurkopf (9)	0,65	0,37	0,77	0,25	-0,30	0,49	0,49	–0,46	9,62	–19,94

b: kann durch einen Korrekturwert negativ (-) werden, DS1/DS1 = Datensatz 1 und 2

9.11 Anlage 11: Kriterienschlüssel

FCI, Auswerter 1

HD-Grad, Auswerter 1

FCI, Auswerter 2

Detail Nr.	Kriterium
1	Gesamteindruck Gelenkpfanne (1)
2	subchondrale Sklerose (2)
3	Verlauf des kraniolateralen Azetabulumrandes (3)
4	Auflagerungen am kraniolateralen Azetabulumrand (4)
5	kugelförmiger Kopf (5)
6	Oberschenkelkopf zu klein (6)
7	Kragenbildung Kopf (7)
8	Deformation des Kopfes (8)
9	Sitz des Kopfes in der Pfanne (9)
10	Oberschenkelhals, schlank (10)
11	walzenförmiger Hals (11)
12	abgesetzter Oberschenkelhals (12)
13	Hals scharf/unscharf (13)
14	Auflagerungen am Hals (14)
15	Morganlinie (15)
16	Gelenkspalt konzentrisch/divergierend (16)
17	Subluxation (17)
18	Norbergwinkel (NW) (18)
	Gesamtpunktzahl (FCI)
	HD-Grad, Auswerter 2

Detail Nr. 10, 11 und 12 sind identisch und im Ergebnisteil zu Nr. 11 zusammengefasst.

Schweiz, Auswerter 3

Detail Nr.	Kriterium
	Norbergwinkel (NW) in°
1	Norbergwinkel (NW) (1)
2	Subluxation (2)
3	kraniolateraler Azetabulumrand (3)
4	subchondraler Knochen (4)
5	Femurkopf u. –hals (5)
6	Morganlinie (6)
	Gesamtpunktzahl (Schweiz)
	HD-Grad, Auswerter 3

Hipscore, Auswerter 4

Detail Nr.	Kriterium
1	Norbergwinkel (NW) (1)
2	Subluxation (2)
3	kraniale Azetabulumkontur (3)
4	dorsaler Azetabulumrand (4)
5	kraniolateraler Azetabulumrand (5)
6	Fossa azetabuli (6)
7	kaudaler Azetabulumrand (7)
8	Exostosen Femurkopf u. –hals (8)
9	Deformation Femurkopf (9)
	Gesamtpunktzahl (Hipscore)

Norbergwinkel-(NW)-Messungen, Ausmesser 5 und 6

NW, Ausmesser 5	NW Summe beider Gelenke von Ausmesser 5
NW, Ausmesser 6	NW Summe beider Gelenke von Ausmesser 6
NW, Ausmesser 5 + 6	NW Summe beider Gelenke und Summe von Ausmesser 5 und 6

10 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt

Herrn Prof. Dr. G. Erhardt für die fachliche Anleitung, die immer konstruktiven Anregungen und die Überlassung des Themas,
Herrn Dr. R. Beuing für die Unterstützung bei der Ausarbeitung und praktischen Umsetzung des Themas, die immerwährende Diskussionsbereitschaft und die Erweiterung meines geistig wissenschaftlichen Horizontes,

Herrn D. G. Clayton Jones (Tenterden), Herrn Dr. M. Flückiger (Veterinär-Medizinische Klinik der Universität Zürich) und Herrn Dr. B. Tellhelm (Chirurgische Veterinärklinik der Justus-Liebig-Universität Gießen) für die Mühe 287 Röntgenbilder zu Forschungszwecken auszuwerten,
Herrn Dr. M. Flückiger und Herrn Dr. B. Tellhelm für die Einführung in die radiologische HD-Auswertung,
Herrn Prof. Dr. K. Hartung (Allgemeine Chirurgie und Radiologie des Fachbereichs Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin) für die Möglichkeit seine offiziellen FCI-HD-Auswertungen statistisch zu nutzen,

dem Club Berger des Pyrénées (CBP) für die Bereitstellung seines vollständigen HD-Röntgenbildarchivs und der Übernahme der finanziellen und logistischen Risiken bei einer Besitzerbefragung,

Frau Dipl. Ing. agrar M. Kraus, die mir unerschöpflich bei der statistischen Auswertung zur Seite stand,
Herrn Dr. C. Mues für Messungen an den vorliegenden Röntgenbildern,

der Gesellschaft für kynologische Forschung (GKF) für die finanzielle Unterstützung in Form eines Stipendiums.