

Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren an Röntgenbildern  
des Ellbogengelenkes beim Deutschen Schäferhund und  
Rottweiler unter Berücksichtigung des Einflusses der Lagerung  
als Basis einer züchterischen Selektion gegen die  
Ellbogengelenkdsplasie

**SANDRA KLEIN**



**INAUGURAL-DISSERTATION** zur Erlangung des Grades eines **Dr. med. vet.**  
beim Fachbereich Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**



**Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.**

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

1. Auflage 2010

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

1<sup>st</sup> Edition 2010

© 2010 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen  
Printed in Germany



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

STAUFENBERGRING 15, D-35396 GIESSEN  
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890  
email: [redaktion@doktorverlag.de](mailto:redaktion@doktorverlag.de)

[www.doktorverlag.de](http://www.doktorverlag.de)

Aus dem Klinikum Veterinärmedizin  
Klinik für Kleintiere  
der Justus – Liebig – Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. M. Kramer

**Vergleich verschiedener Beurteilungsverfahren an  
Röntgenbildern des Ellbogengelenkes beim  
Deutschen Schäferhund und Rottweiler  
unter Berücksichtigung des Einflusses der Lagerung  
als Basis einer züchterischen Selektion gegen die  
Ellbogengelenksdysplasie**

**INAUGURAL-DISSERTATION**  
zur Erlangung des Grades eines  
Dr. med. vet.  
beim Fachbereich Veterinärmedizin  
der Justus – Liebig – Universität Gießen

eingereicht von

**Sandra Klein**

Tierärztin aus Bergisch Gladbach

Gießen 2010

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

Dekan: Prof. Dr. Dr. habil. G. Baljer

Gutachter / -in:

Prof. Dr. M. Kramer

Prof. Dr. S. Wenisch

Tag der Disputation: 15.06. 2010

---

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>I</b>
<b>VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN</b>	<b>VI</b>
<b>VERZEICHNIS DER TABELLEN</b>	<b>IX</b>
<b>VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN</b>	<b>XIII</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 LITERATUR</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Anatomie des Ellbogengelenkes</b>	<b>3</b>
2.1.1 Articulatio cubiti	3
2.1.2 Knöchernen Strukturen	4
2.1.3 Bandstrukturen	5
2.1.4 Gelenkkapsel	5
2.1.5 Muskulatur	5
<b>2.2 Entwicklung des Ellbogengelenkes</b>	<b>6</b>
2.2.1 Ossifikation	6
2.2.1.1 Chondrale Ossifikation	6
2.2.1.2 Ossifikationszentren und Wachstumsfugen	7
<b>2.3 Ellbogengelenksdysplasie</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Ätiologie der Ellbogengelenksdysplasie</b>	<b>9</b>
2.4.1 Störung der enchondralen Ossifikation (Osteochondrose)	9
2.4.2 Ellbogengelenksinkongruenz	10
2.4.3 Genetik und Umwelteinflüsse	11
2.4.3.1 Heritabilität	11
2.4.3.2 Umwelteinflüsse	12
<b>2.5 Krankheitsbilder der sogenannten Ellbogengelenksdysplasie</b>	<b>13</b>
2.5.1 Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae	13
2.5.2 Isolierter Processus anconaeus	15

---

2.5.3	Osteochondrosis dissecans - OCD	16
2.5.4	Inkongruenz / Stufenbildung	18
<b>2.6</b>	<b>Bildgebende Diagnostik</b>	<b>20</b>
2.6.1	Konventionelles Röntgen	20
2.6.1.1	Röntgenanatomie	20
2.6.1.2	Röntgentechnik	20
2.6.1.3	Lagerung, Projektionen	21
2.6.2	Computertomographie (CT) / Magnetresonanztomographie (MRT)	24
2.6.3	Ultraschall	25
2.6.4	Szintigraphie	26
2.6.5	Arthroskopie	27
<b>2.7</b>	<b>ED – Beurteilungssysteme</b>	<b>28</b>
2.7.1	Bewertungsschema nach LANG et al. (1998)	33
2.7.2	Bewertungsschema nach TELLHELM (2002)	33
2.7.3	Winkelmessmethode nach MUES (2001)	34
<b>3</b>	<b>EIGENE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>37</b>
3.1.1	Gerätebeschreibung	37
3.1.2	Röntgenbildmaterial	37
3.1.2.1	Röntgenaufnahmen der Rasse Deutscher Schäferhund	37
3.1.2.2	Röntgenaufnahmen der Rasse Rottweiler	37
<b>3.2</b>	<b>Auswertung der Röntgenaufnahmen</b>	<b>38</b>
3.2.1	Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998)	38
3.2.2	Beurteilungsschema nach TELLHELM (2002)	40
<b>3.3</b>	<b>Computergestützte Winkelmessmethode nach MUES (2001)</b>	<b>41</b>
<b>3.4</b>	<b>Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur Bestimmung unterschiedlicher Lagerung</b>	<b>43</b>
3.4.1	Lagerung des Ellbogengelenkes orthograd, in Supination und Pronation	43
3.4.1.1	Praktische Durchführung	43
<b>3.5</b>	<b>Überprüfung des Einflusses unterschiedlicher Lagerungen auf die Messergebnisse</b>	<b>45</b>
<b>3.6</b>	<b>Wiederholbarkeit der Messung</b>	<b>46</b>
3.6.1	Überprüfung auf Wiederholbarkeit	46

---

<b>3.7</b>	<b>Statistische Auswertung</b>	<b>47</b>
3.7.1	Varianzanalyse	47
3.7.1.1	Anzahl Projektionen pro Gelenk	47
3.7.1.2	Lagerung	47
3.7.2	Korrelationen	49
<b>3.8</b>	<b>Heritabilität</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Deutscher Schäferhund</b>	<b>50</b>
4.1.1	Deskriptive Statistik der ED – Primärerkrankungen	51
4.1.1.1	Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae	51
4.1.1.2	Isolierter Processus anconaeus	51
4.1.1.3	Osteochondrosis dissecans	51
4.1.2	Lagerung und Beugung	51
4.1.3	Deskriptive Statistik der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und Tellhelm (2002)	52
4.1.4	Systematische Einflüsse auf den offiziellen ED – Befund und die Punkteschemata für ED	52
4.1.4.1	ED – Grad	53
4.1.4.2	Geschlecht	53
4.1.4.3	Alter und Geburtsjahr	53
4.1.4.4	Lagerung und Beugungsgrad	53
4.1.5	Einfluss verschiedener Projektionen	54
4.1.6	Deskriptive Statistik Winkelmessung nach MUES (2001)	55
4.1.6.1	Winkel OL	55
4.1.6.2	Winkel PA	55
4.1.6.3	Winkel RA	55
4.1.6.4	Winkel UL	55
4.1.6.5	Beugewinkel	55
4.1.7	Systematische Einflüsse auf die Winkelmessung nach MUES (2001)	56
4.1.7.1	ED – Grad	57
4.1.7.2	Geschlecht	57
4.1.7.3	Alter und Geburtsjahr	57
4.1.7.4	Lagerung und Beugungsgrad	57
4.1.8	Korrelation der Winkel untereinander	59
4.1.9	Korrelation innerhalb des Gliedmaßenpaares	59
4.1.10	Vergleich Untersuchungsalter 12 Monate und 15 Monate	60
4.1.11	Heritabilität der Punkteschemata nach LANG et al. (1998), TELLHELM (2002) und der Winkelmessung nach MUES (2001)	61
<b>4.2</b>	<b>Rottweiler</b>	<b>62</b>

---

4.2.1	Deskriptive Statistik der ED – Primärerkrankungen	63
4.2.1.1	Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae	63
4.2.1.2	Isolierter Processus anconaeus	63
4.2.1.3	Osteochondrosis dissecans	63
4.2.2	Lagerung	63
4.2.3	Deskriptive Statistik der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002)	63
4.2.4	Systematische Einflüsse auf den ED – Befund und die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002)	64
4.2.4.1	Geschlecht	65
4.2.4.2	Alter und Geburtsjahr	65
4.2.4.3	Lagerung und Beugungsgrad	65
4.2.5	Korrelation der Punkte untereinander	65
4.2.6	Deskriptive Statistik der Winkelmessung nach MUES (2001)	65
4.2.6.1	Winkel OL	65
4.2.6.2	Winkel PA	66
4.2.6.3	Winkel RA	66
4.2.6.4	Winkel UL	66
4.2.6.5	Beugewinkel	66
4.2.7	Systematische Einflüsse auf die Winkelmessung nach MUES (2001)	66
4.2.7.1	ED – Grad	67
4.2.7.2	Geschlecht	67
4.2.7.3	Alter und Geburtsjahr	68
4.2.7.4	Lagerung	68
4.2.8	Korrelation zwischen den Einzelwinkeln	70
4.2.9	Korrelation der Winkel zwischen dem Gliedmaßenpaar	70
4.2.10	Heritabilität der Winkelmessung nach MUES (2001)	71
<b>4.3</b>	<b>Ergebnis zur Bestimmung unterschiedlicher Lagerungen</b>	<b>72</b>
<b>4.4</b>	<b>Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung</b>	<b>75</b>
4.4.1	Vergleichende Wiederholbarkeits – Messungen bei der Winkelmessung nach MUES (2001) und dem Punkteschema nach TELLHELM (2002) durch Befunder 1	76
<b>4.5</b>	<b>Vergleich Ellbogengelenke Deutscher Schäferhund und Rottweiler</b>	<b>77</b>
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>79</b>
<b>5.1</b>	<b>Methodik der Untersuchung</b>	<b>79</b>
<b>5.2</b>	<b>Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) sowie die Winkelmessung nach MUES (2001)</b>	<b>80</b>

---

5.2.1	ED – Grad	80
5.2.2	Geschlecht	81
5.2.3	Röntgenalter	82
5.2.4	Lagerung in Pronations- oder Supinationsstellung und Beugung des Ellbogengelenkes	83
5.2.5	Anzahl der Projektionen pro Gelenk	85
<b>5.3</b>	<b>Wiederholbarkeit der Winkelmessung nach MUES (2001) und des Punkteschemas nach TELLHELM (2002)</b>	<b>86</b>
5.3.1	Korrelation innerhalb des Gliedmaßenpaares	87
5.3.2	Korrelation zwischen den Winkeln nach MUES (2001)	88
<b>5.4</b>	<b>Heritabilität</b>	<b>88</b>
<b>5.5</b>	<b>Vergleich Deutscher Schäferhund und Rottweiler</b>	<b>89</b>
<b>5.6</b>	<b>Bewertung der Messverfahren</b>	<b>90</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>93</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>99</b>
	DANKSAGUNG	118
	ERKLÄRUNG	119

---

**Verzeichnis der Abbildungen**

Abbildung 1	Ellenbogengelenk, CT 3D – Rekonstruktion, Ansicht von kranio-medial.....	4
Abbildung 2	Röntgenaufnahme rechtes Ellbogengelenk, mediolateral – gebeugt, isolierter Processus anconaeus (IPA).....	15
Abbildung 3	schematische Darstellung der verschiedenen Formen der Inkongruenz.....	18
Abbildung 4	Röntgenbild rechtes Ellbogengelenk, mediolateral, 90° gebeugt, Stufe Radioulnar-Gelenkspalt.....	21
Abbildung 5	Lagerung Ellbogengelenk distomedial – proximolateral oblique 35°.....	22
Abbildung 6	Röntgenbild, rechtes Ellbogengelenk kranio-lateral – kaudomedial-Schrägaufnahme.....	23
Abbildung 7	Computertomographie, Transversalschnitt auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae, Normalbefund.....	24
Abbildung 8	Computertomographie, Transversalschnitt auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae, dessen Spitze fragmentiert.....	24
Abbildung 9	Magnetresonanztomographie, T1 – gewichtet, Transversal Schnitt, auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae	
	A Normalbefund.....	25
	B Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae.....	25
Abbildung 10	Ultraschall rechter Ellbogen, auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae (PCm), dieser fragmentiert.....	26
Abbildung 11	Zwei Phasen Szintigraphie, Knochenphase, Ansicht von ventral, Mehranreicherung linker Ellbogen.....	26
Abbildung 12	Arthroskopisches Bild eines fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae.....	27
Abbildung 13	Lokalisationen der Osteophyten gemäß IEWG Schema Röntgenaufnahme Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 0.....	30

Abbildung 14	Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 2, Verdacht auf fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae.....	31
Abbildung 15	Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 3, Arthrosegrad 3....	32
Abbildung 16	Winkelmessung nach MUES (2001), Schemazeichnung Ellbogengelenk, mediolateral.....	34
Abbildung 17	Computerprogramm zur Bestimmung der Winkel nach MUES (2001).....	41
Abbildung 18	schematische Darstellung der 5 Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001), eingezeichnet in ein schematisches Ellbogengelenk, mediolateral.....	42
Abbildung 19	rechter Unterarm, Ansicht von medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, orthograde Lagerung.....	44
Abbildung 20	rechter Unterarm, Ansicht von medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, maximale Supination des Unterarmes.....	44
Abbildung 21	rechter Unterarm, Ansicht medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, maximale Pronation des Unterarmes.....	45
Abbildung 22	prozentuale Verteilung des ED – Gutachtens beim Deutschen Schäferhund, getrennt nach Geschlecht.....	50
Abbildung 23	Mittelwerte der Einzelwinkel nach MUES (2001) beim DSH im Alter von 12 Monaten und 15 Monate in den Gruppen ED – frei und ED – betroffen.....	61
Abbildung 24	Rottweiler, prozentuale Verteilung der Ergebnisse des ED Gutachtens, getrennt nach Geschlecht.....	62
Abbildung 25	Verteilung der Punkte Mittelwerte der Einzelkriterien der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim Rottweiler, aufgeteilt nach Geschlecht.....	64
Abbildung 26	Einfluss der Lagerung des Ellbogengelenkes auf die 4 Einzelwinkel bei der Winkelmessung nach MUES (2001) beim Rottweiler.....	69
Abbildung 27	Röntgenbild Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund, mediolateral gebeugt, orthograde Lagerung .....	73
Abbildung 28	Röntgenbild, Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund mediolateral gebeugt, maximale Supination .....	74

---

Abbildung 29	Röntgenbild rechtes Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund mediolateral gebeugt, maximale Pronation .....	74
Abbildung 30	Wiederholbarkeit zwischen 1 und zwischen 2 verschiedenen Befundern beim DSH.....	76
Abbildung 31	3-fache Wiederholungsmessung von 198 Röntgenbildern des Ellbogengelenkes des DSH, nach der Winkelmessmethode nach MUES (2001) und dem Punkteschema nach TELLHELM (2002) durch Befunder 1.....	77

---

**Verzeichnis der Tabellen**

Tabelle 1	Beurteilungssystem für die Ellbogengelenksdysplasie anhand mediolateraler und kraniokaudaler Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes, Einteilung nach IEWG Protokoll (2007).....	29
Tabelle 2	Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998), Einstufung der Gesamtpunktzahl in den entsprechenden ED – Grad....	33
Tabelle 3	Punktebewertungsschema nach LANG et al. (1998) anhand der Ellbogengelenke in einer mediolateralen und kraniokaudalen Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Ellbogengelenksdysplasie.....	39
Tabelle 4	Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998), Einstufung der Gesamtpunktzahl in den entsprechenden ED – Grad.....	39
Tabelle 5	Punktebewertungsschema nach TELLHELM (2002) anhand der Ellbogengelenke in der mediolateralen und kraniokaudalen Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Ellbogengelenksdysplasie.....	40
Tabelle 6	Verteilung in den einzelnen Beugewinkelklassen 1 – 4 beim DSH und Rottweiler als absolute Tieranzahl und in Prozent (%).....	46
Tabelle 7	Verteilung in den einzelnen Beugewinkeldifferenz – Klassen zwischen rechtem und linkem Ellbogengelenk beim DSH und Rottweiler als absolute Tieranzahl und in Prozent (%).....	46
Tabelle 8	Verteilung Beugewinkel des Ellbogengelenkes zwischen Humerus und Radius.....	51
Tabelle 9	Verteilung der Gesamtpunktzahl nach LANG et al. (1998) und nach Tellhelm (2002), Mittelwert mit seiner Standardabweichung (SD), Minimal- und Maximalpunktzahl.....	52
Tabelle 10	Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim DSH.....	52

Tabelle 11	Least Square Mittelwerte (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss des Geschlechts auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998), TELLHELM (2002) und den ED – Befund beim DSH.....	53
Tabelle 12	Least Square Mittelwerte (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002).....	54
Tabelle 13	Least Square Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Anzahl der Projektionen des Ellbogengelenkes auf den offiziellen ED – Befund, ED – ohne Grunderkrankung und FCP.....	54
Tabelle 14	Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der Winkelmessung nach MUES (2001), eingeteilt nach ED Grad beim Deutschen Schäferhund.....	56
Tabelle 15	Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim DSH.....	56
Tabelle 16	Least Square Mittelwerte (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss des Geschlechts auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Deutschen Schäferhund.....	57
Tabelle 17	Least Square Mittelwerte (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Deutschen Schäferhund.....	58
Tabelle 18	Verhältnis Beugung zu Lagerung beim DSH als absolute Zahl und in Prozent (%).....	58
Tabelle 19	Residualkorrelationen für die Mittelwerte (mit) der Ellenbogengelenkwinkel nach MUES (2001) aus rechten und linken Ellenbogengelenken beim Deutschen Schäferhund.....	59
Tabelle 20	Residualkorrelationen für die in rechten und linken Ellenbogengelenken ermittelten Ellenbogengelenkwinkeln. Angegeben sind die Pearson Korrelationskoeffizienten (r) und die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten (p) zwischen den für die entsprechenden Befunde ermittelten Residuen.....	60

---

Tabelle 21	Mittelwerte und Standardabweichung der Gesamtpunktzahlen der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim DSH im Alter von 12 Monaten und 15 Monaten in den Gruppen ED – frei und ED – betroffen.....	60
Tabelle 22	Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim Rottweiler.....	64
Tabelle 23	Irrtumswahrscheinlichkeiten (p -Werte) bei Rotweilern der Einflussfaktoren auf die Einzelwinkel nach MUES (2001).....	66
Tabelle 24	Mittelwerte und Standardabweichung für die Winkelmessung nach MUES (2001), eingeteilt nach ED Grad beim Rottweiler.....	67
Tabelle 25	Least Square Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD) der Einzel Winkel beim Rottweiler aufgeteilt nach Geschlecht.....	68
Tabelle 26	Least Square Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Rottweiler.....	69
Tabelle 27	Residualkorrelationen nach PEARSON für die Mittelwerte (mit) der Ellenbogengelenkwinkel nach MUES (2001) aus rechten und linken Ellenbogengelenken mit Angabe der Signifikanz (*) $P < 0,05$ .....	70

---

Tabelle 28	Residualkorrelationen für die im rechten und linken Ellenbogengelenk ermittelten Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001). Angegeben sind die Pearson Korrelationskoeffizienten (r) und die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten (P) zwischen den für die entsprechenden Befunde ermittelten Residuen.....	71
Tabelle 29	Heritabilitäten (auf der Diagonalen, fettgedruckt) und additiv – genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonalen) mit ihren Standardfehlern (SD) für die Merkmale Ellbogengelenkdysplasie (ED), Olekranonwinkel (OL), Winkel des Processus anconaeus (PA), Ulnawinkel (UL) und Radiuswinkel (RA).....	72
Tabelle 30	Mittelwerte der Mehrfachmessung der Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001) und ihre Standardabweichung (SD) beim Deutschen Schäferhund.....	75
Tabelle 31	Mittelwerte der Gesamtpunktzahl (Pktges.) der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) sowie der Winkelmessung nach MUES (2001) mit ihren Standardabweichungen (SD) im Vergleich Deutscher Schäferhund und Rottweiler.....	77

---

**Verzeichnis der Abkürzungen**

Abb.	Abbildung
ADRK	Allgemeiner Deutscher Rottweiler Klub
Art.	Articulatio
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
crcd	kraniokaudal (craniocaudal)
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
DSH	Deutscher Schäferhund
ED	Ellbogengelenkdysplasie
EQ	Ellbogenqualität
et al.	et alii
FCP	fragmented coronoid process
FPC	fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae
ggr.	geringgradig
H	Heritabilitätskoeffizient
h <sup>2</sup>	Heritabilität
HD	Hüftgelenkdysplasie
IEWG	International Elbow Working Group
Inc.	Incisura
IPA	isolierter Processus anconaeus
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LSM	Least Squares Means
m	Männlich
M.	Musculus
max.	maximal
OCD	Osteochondrosis dissecans
OL	Olekranonwinkel, Winkelbeschreibung Neigung Olekranon zur Längsachse Radius
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
PA	Processus anconaeus Winkel, Winkelbeschreibung: nach kranial gerichtete Ausprägung des Processus anconaeus
Pcm	Processus coronoideus medialis ulnae
Proc.	Processus
r	Korrelationskoeffizient
RA	Radiuswinkel, Winkelbeschreibung: Beteiligung Radius am Gelenk
resp.	respektive
rg	additiv - genetischer Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
SV	Verein für Deutsche Schäferhunde
Tab.	Tabelle
Tc	Technetium
u.	und
UL	Ulnawinkel, Winkelbeschreibung: Beteiligung Ulna am Gelenk
v.a.	vor allem
w	Wiederholbarkeit

---

z.B.	zum Beispiel
99m	Ordnungszahl, metastabil

# 1 Einleitung

Die Ellbogengelenksdysplasie (ED) ist seit ihrer Erstbeschreibung 1974 durch OLSSON ein zunehmendes Erkrankungsbild junger, wachsender Hunde großer Rassen.

Es handelt sich um ein multifaktorielles Geschehen, welches wesentlich durch genetische Komponenten, aber auch durch Umwelteffekte wie Ernährung, Haltung, Training und Geschlecht beeinflusst wird.

Allgemein wird bei den Erkrankungen des Ellbogengelenkes zwischen angeborenen und erworbenen Erkrankungen unterschieden. (FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992).

Im weitesten Sinne beschreibt die Ellbogengelenksdysplasie alle das Ellbogengelenk betreffende Veränderungen. Hierzu gehören die kongenitale Luxation, Subluxation, die inkomplette Ossifikation des Condylus humeri und Metaplasien in den am medialen Epicondylus humeri entspringenden Beugesehnen. Weitaus häufiger kommen jedoch die bei großen, schnell wachsenden Rassen auftretenden Erkrankungen, wie der fragmentierte Processus coronoideus medialis ulnae (FCP), der isolierte Processus anconaeus (IPA), die Osteochondrosis (dissecans) (OC(D)) der Trochlea humeri und die Inkongruenz der am Ellbogengelenk beteiligten Gelenkflächen vor (MORGAN et al., 2000). Diese Erkrankungen werden 1998 von der International Elbow Working Group (IEWG) in Analogie zur Hüftgelenksdysplasie - HD, unter dem Begriff „ED“, zusammengefasst.

Sehr häufig entstehen in Folge Arthrosen, die Lahmheiten und Schmerzen verursachen (OLSSON, 1975 und 1983; GRONDALEN, 1979; BIENZ, 1985). Häufig betroffene Rassen sind große, schwere und schnell wachsende Hunderassen, wie Deutscher Schäferhund und Rottweiler. Die direkte und frühzeitige Diagnosestellung ist aufgrund der unterschiedlichen Grunderkrankungen mit unterschiedlicher Ätiologie und variablen Beginn der Symptome erschwert. Für die züchterische Selektion ist eine Graduierung der zur ED gehörenden Veränderungen erforderlich. Es existieren verschiedene Bewertungssysteme für die jeweils vorhandenen Röntgenzeichen. Das international am häufigsten anerkannte Bewertungssystem ist das der International Elbow Working Group (IEWG) aus dem Jahr 1989. LANG et al. (1998) untersuchen bei Berner Sennenhunden ein, auf diesem Bewertungssystem aufbauendes, Punkteschema mit einer Maximalpunktzahl von 3 pro

---

Beurteilungskriterium, welches die Primärerkrankungen, FCP, IPA, OCD und die Inkongruenz, stärker berücksichtigt. TELLHELM (2002) erweitert dieses Punkteschema bei gleich bleibenden Kriterien und erhöht die maximale Punktzahl auf 5.

Ein völlig anderer Ansatz zur Beurteilung wird 2001 von MUES in seiner Dissertation vorgestellt. Hierbei werden computergestützt 4 Ellbogengelenkwinkel gemessen. Aus den Ergebnissen wird in einer speziellen Formel die funktionelle Ellbogenqualität (EQ) berechnet.

Ziel dieser Arbeit ist die vergleichende Beurteilung der verschiedenen Bewertungssystemen nach LANG et al. (1998), MUES (2001) und TELLHELM (2002) an Hand der für die offizielle ED- Begutachtung notwendigen Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes von Hunden der Rassen Deutscher Schäferhund und Rottweiler.

Gleichzeitig soll geklärt werden, inwieweit die Lagerung des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme, orthograd oder Lagerungsabweichungen wie die Positionierung in Supinations- oder Pronationsstellung und Beugung des Gelenkes, Einfluss auf die Bewertungssysteme haben kann.

In Hinblick auf ihre Anwendbarkeit zur Zuchttauglichkeitsprüfung wird eine genetische Berechnung zur Heritabilität der Ergebnisse durchgeführt.

---

## 2 Literatur

### 2.1 Anatomie des Ellbogengelenkes

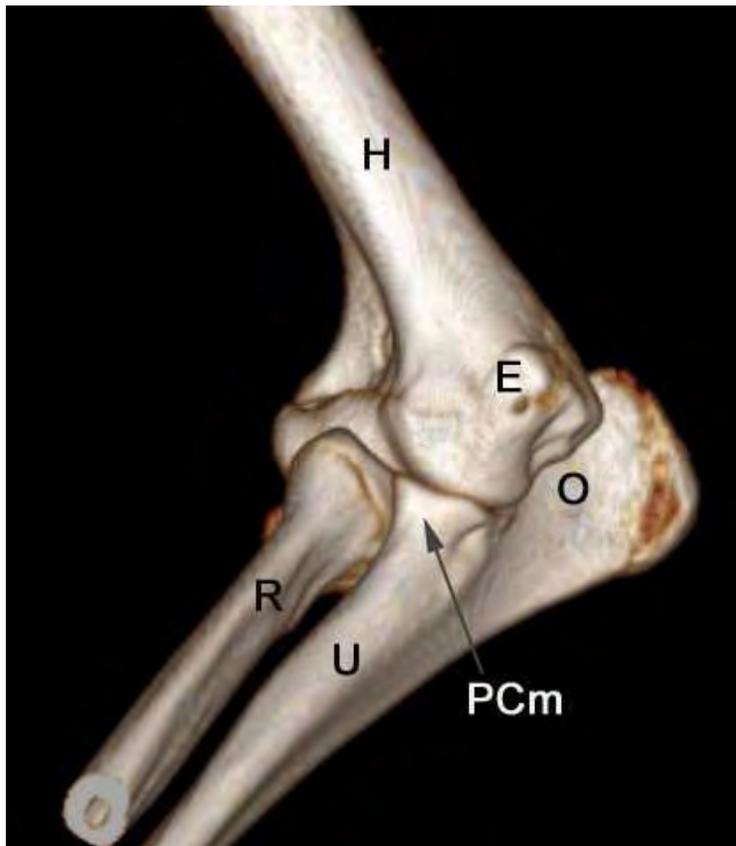
#### 2.1.1 Articulatio cubiti

Das Ellbogengelenk (Articulatio cubiti) wird vom distalen Humerus und den proximalen Anteilen von Radius und Ulna gebildet (Abb.1). Es handelt sich um ein zusammengesetztes Wechselgelenk (Articulatio composita), welches aus drei Gelenkverbindungen besteht: das Humeroulnargelenk (Articulatio humeroulnaris), das Humeroradialgelenk (Articulatio humeroradialis) und das proximale Radioulnargelenk (Articulatio radioulnaris proximalis) (WAIBL, 1994; KÖNIG und LIEBICH, 2002; NICKEL et al., 2003).

Der nach vorne offene Winkel des Ellbogengelenkes beträgt ca. 140°, beim Dackel und Bassett liegt der Winkel bei 110 – 120°. Eine Streckung des Gelenkes ist bis zu 160°, Beugung bis maximal 30° möglich (WAIBL, 1994). Das proximale Radioulnargelenk ermöglicht aufgrund seiner Funktion als Drehgelenk eine geringfügige Pronation und Supination, nach KÖNIG und LIEBICH (1999) ist eine passive Supination bis 50° möglich.

Nach NICKEL (2003) verteilt sich die Körperlast nicht gleichmäßig auf die vier Gliedmaßen, sondern soll bis zu zwei Drittel auf der Vordergliedmaße liegen. Während nach der älteren Literatur (BERZON und QUICK, 1980; FOX et al., 1983; WIND, 1990; WAIBL, 1994; NICKEL et al., 2003) das Humeroradialgelenk mit 75 – 80 % die Hauptlast trägt, zeigen Untersuchungen von DICKOMEIT (2002) und MASON et al. (2005) eine stärkere Belastung der Ulna und hier insbesondere des Processus coronoideus medialis ulnae.

## 2.1.2 Knöchernen Strukturen



**Abbildung 1** Ellenbogengelenk, CT- 3D Rekonstruktion  
Ansicht von craniomedial

H – Humerus E – Epicondylus medialis O – Olekranon  
R – Radius U – Ulna PCm - Proc. coronoideus medialis ulnae

Der Condylus humeri bildet mit seinem kleineren lateralen Köpfchen, Capitulum humeri und der größeren medialen Gelenkrolle, Trochlea humeri, den proximalen Anteil der Articulatio cubiti. Das Capitulum humeri artikuliert mit der dorsalen Gelenkfläche des lateral gelegenen Radiuskopfes und die vertiefte Trochlea humeri mit der Incisura trochlearis der Ulna. Kaudolateral befindet sich der schwächere Epicondylus lateralis und

kaudomedial der Epicondylus medialis, welcher stärker ausgebildet ist. Kaudal befindet sich als tiefer Einschnitt die Fossa olecrani. Sie ist beim Hund in der Regel durch das Foramen supratrochleare mit der kranial gelegenen flachen Fossa radialis verbunden (NICKEL et al., 2003). Der proximale Abschnitt des Radius wird durch das Caput und Collum radii gebildet. Die Gelenkfläche zur Artikulation mit dem Humerus stellt die Fovea capitis radii dar, zur Artikulation mit der Ulna befindet sich kaudal die konvex geformte Circumferentia articularis radii, hierdurch wird die Supination des Unterarmes unterstützt. Der Radiuschaft ist im proximalen Drittel an seiner Kontaktfläche mit der Ulna angeraut (KÖNIG und LIEBICH, 2002).

Das proximale Ende der Ulna liegt dem Radius medial an, wobei dieser von ihrem Kopf, dem Olekranon, überragt wird. Die Basis des Olekranons bildet zur Artikulation mit dem Humerus eine halbmondförmige Incisura trochlearis, welche proximal im Processus anconaeus und distal im schmalen Processus coronoideus lateralis und

dem kräftiger ausgebildetem Processus coronoideus medialis ulnae endet (BERZON und QUICK, 1980; FOX et al., 1983; NICKEL et al., 2003) Zwischen diesen Fortsätzen befindet sich die Incisura radialis ulnae zur Artikulation mit der Circumferentia articularis radii, zur Drehung des Radius bei Supination und Pronation (WAIBL, 1994; NICKEL et al., 2003).

### 2.1.3 Bandstrukturen

Die stark ausgebildeten Seitenbänder entspringen in der Bandgrube des Epicondylus humeri medialis bzw. lateralis und inserieren mit einem kranialen Schenkel am Radius und einem kaudalen Schenkel an der Ulna (KÖNIG und LIEBICH, 2002; KOCH et al., 2005). Am Epicondylus medialis humeri entspringt in der Fossa olecrani das, mit der Gelenkkapsel eng verbundene, elastische Ligamentum olecrani, welches an dem Processus anconaeus ansetzt. Es fungiert als Begrenzer der maximalen Beugung des Ellbogengelenkes und begrenzt die Lateralbewegung der Ulna und damit des Processus anconaeus (ENGELKE et al., 2005). Unter den Seitenbändern kreuzend verläuft das Ligamentum anulare radii um den Radius herum und inseriert an den Processus coronoidei ulnae, es bildet zusammen mit der Ulna einen Ring, innerhalb dessen sich der Radius bei Pronation und Supination dreht (KÖNIG und LIEBICH, 2002; NICKEL et al., 2003).

### 2.1.4 Gelenkkapsel

Die Capsula articularis inseriert an den Gelenkrändern und schließt die Articulatio humeroradialis, humeroulnaris und radioulnaris proximalis mit ein. Sie buchtet sich kranial und kaudal bis zum proximalen Rand der Fossa olecrani aus. Die Gelenkkapsel wird an ihrer Beugeseite durch schräg mediodistal verlaufende Fasern (Lig. obliquum) verstärkt (KÖNIG und LIEBICH, 2002).

### 2.1.5 Muskulatur

Die Muskeln des Ellbogengelenkes entspringen am Humerus oder der Skapula, sie umgeben den Humerus vollständig und inserieren am proximalen Ende von Radius und Ulna. Kranial befinden sich die Beuger des Ellbogengelenkes, hierzu gehören der M. brachialis, M. biceps brachii und der M. coracobrachialis. Kaudal liegen die

Strecker M. triceps brachii, M. anconaeus und der M. tensor fasciae antebrachii (NICKEL et al., 2003).

Die Supination und Pronation des Ellbogengelenkes bzw. des Unterarmes geschieht durch die Muskeln des Radioulnargelenkes.

Der M. supinator entspringt in dem Ligamentum collaterale laterale und setzt medial am Radius an. Ebenfalls als Supinator wirkt der M. brachioradialis, welcher nur sehr gering ausgebildet ist und zum Teil sogar fehlt. Zu den Pronatoren gehören der M. pronator teres und der M. pronator quadratus (NICKEL et al., 2003).

In den Ansatzsehnen der Mm. flexor digitalis profundus / superficialis, M. flexor carpi radialis und -ulnaris und M. pronator teres können unterschiedlich geformte Verknöcherungen bzw. Metaplasien vorkommen (ZONTINE et al., 1989; WALKER, 1998; MORGAN et al., 2000). Diese befinden sich radiologisch im kraniokaudalen Strahlengang distal oder medial des Epicondylus medialis auf Höhe des Gelenkspaltes (ZONTINE et al., 1989).

## **2.2 Entwicklung des Ellbogengelenkes**

### **2.2.1 Ossifikation**

Die Bildung des Knochens ist auf zwei unterschiedlichen Wegen möglich. Bei der desmalen oder direkten Ossifikation, wie dies bei den Deckknochen des Schädels und den Knochenmanschetten der Röhrenknochen im Bereich der Diaphyse erfolgt, wandeln sich mesenchymale Bindegewebszellen direkt in Osteoblasten um. Bei der chondralen Ossifikation entwickelt sich das Knochengewebe indirekt über einem Gerüst aus hyalinem Knorpel. Hierbei erfolgt jedoch keine Umwandlung von Knorpel in Knochen, vielmehr wird der Knorpel nach seinem Abbau durch Knochen ersetzt. (LIEBICH, 1999; NICKEL et al., 2003).

#### **2.2.1.1 Chondrale Ossifikation**

Die chondrale Ossifikation der langen Röhrenknochen baut auf zwei Teilvorgängen auf. In der Diaphysenmitte beginnt die perichondrale Ossifikation, indem sich die Chondroblasten direkt in Osteoblasten umwandeln. Aus dem Perichondrium entwickelt sich das Periost, der darunter gelegene Knorpel wird in seinem Stoffwechsel reduziert und damit die enchondrale Ossifikation initialisiert. Der

---

Knorpel hypertrophiert zum Blasenknorpel und degeneriert. Chondroklasten eröffnen durch Abbau der inzwischen verkalkten Knorpelgrundsubstanz die verbliebenen Knorpelhöhlen (Eröffnungszone). Gleichzeitig wird die Knochenmanschette durch Osteoklastentätigkeit perforiert. Blutgefäße dringen durch die Knochenöffnung in den Knorpel. Aus den eingewanderten mesenchymalen Zellen differenzieren sich Osteoblasten, diese beginnen Knochengrundsubstanz zu synthetisieren. Die entstandenen Knochenbälkchen verbinden sich sowohl untereinander, als auch mit dem peripheren Knochenmantel. Im Bereich der Metaphyse wiederholt sich dieser Vorgang, hierdurch rücken die Epiphysen immer weiter auseinander, es kommt zum Längenwachstum (LIEBICH, 1999; NICKEL et al., 2003). Die Epiphyse verknöchert erst zu einem späteren Zeitpunkt, auch hier beginnt der Prozess mit Einsprossung von Blutgefäßen und mesenchymalen Zellen aus dem Perichondrium. Es kommt an den sogenannten Epiphysenkernen zunächst zu Verkalkungszonen, die Verknöcherung schreitet von den Epiphysenkernen zur Peripherie hin fort. Nur der Gelenkknorpel und die knorpeligen Epiphysenfugen bleiben zunächst erhalten. Hier findet das Längenwachstum des Knochens bis zum Abschluss des Wachstums statt. Dann erst kommt es zum Epiphysenschluß, wobei Epi- und Diaphyse knöchern miteinander verschmelzen (NICKEL et al., 2003).

#### 2.2.1.2 Ossifikationszentren und Wachstumsfugen

Der distale Humerus entwickelt sich aus drei Ossifikationszentren. Der Knochenkern für das Capitulum humeri erscheint in der 2. – 4. Lebenswoche und ca. eine Woche später das der Trochlea humeri. Im 2. Lebensmonat tritt ein 3. Ossifikationszentrum auf, welches als Apophysenkern die Grundlage für den Epicondylus medialis bildet. Der Fugenschluss der distalen Epiphyse erfolgt im 5. bis 8. Monat (VOLLMERHAUS et al., 1981). Der proximale Epiphysenkern des Radius erscheint in der 4.- 6. Lebenswoche und verschmilzt um den 9. bis 11. Monat mit der Diaphyse (VOLLMERHAUS et al., 1981). Die Ulna besitzt nur einen distal gelegenen Epiphysenkern, welcher in der 4. bis 8. Lebenswoche auftritt. Proximal tritt bei großen Hunderassen zwei weitere Ossifikationszentren auf, der Apophysenkern für das Tuber olecrani in der 7. bis 10. Woche, während sich der Processus anconaeus entwickelt zwischen der 10. und 14. Woche. Wenn der Processus anconaeus radiologisch bis zur 20. Woche nicht mit der Ulna fusioniert, kommt es später selten

zu einer spontanen Fusion (FOX et al., 1983; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; FOX und WALKER, 1993).

Der laterale und mediale Processus coronoideus besitzen kein Ossifikationszentrum (BERZON und QUICK, 1980; FOX et al., 1983). Die Verknöcherung des Proc. coronoideus medialis erfolgt von der Basis zur Spitze (BERZON und QUICK, 1980; FOX et al., 1983; BREIT et al., 2004) und ist in der 20. – 22. Woche abgeschlossen (OLSSON, 1993; BREIT et al., 2004). WOLSCHRIJN und WEIJS können 2004 an einer mikro-computertomographischen Studie die Entwicklung der trabekulären Struktur des Proc. coronoideus medialis ulnae darstellen. Die trabekuläre Struktur ist im Alter von 4 Wochen engmaschig mit stabförmigen Trabekeln, im Alter von 10 Wochen bei gleich bleibender Form lockerer und mit 18 Wochen sind die Trabekel lamellenartig angeordnet. Die genannten Autoren weisen dabei nach, dass die Trabekel sich schon früh belastungsabhängig ausrichten. Bereits mit 6 Wochen richten sich die Trabekel senkrecht zur humeroulnaren Gelenkfläche und im Alter von ca. 13 Wochen zusätzlich entlang der kraniokaudalen Achse des Proc. coronoideus medialis ulnae auf das Lig. anulare aus.

Während der Entwicklung verändert sich makroskopisch die Form des Proc. coronoideus medialis von breit und stumpf zu spitz mit einer steileren Neigung der Oberfläche (WOLSCHRIJN, 2004).

## 2.3 Ellbogengelenksdysplasie

Die Bezeichnung Dysplasie stammt aus dem Griechischen: *dys-schlecht* und *plassein-bilden, formen* und bedeutet allgemein eine Fehlbildung (PSCHYREMBEL, 2007).

Im weitesten Sinne beschreibt es alle das Ellbogengelenk betreffende Veränderungen. Hierzu gehören die kongenitale Luxation und Subluxation des Ellbogengelenkes ebenso wie die inkomplette Ossifikation des Condylus humeri und Metaplasien in den am medialen Epicondylus humeri entspringenden Beugesehnen. Weitaus häufiger kommen jedoch die bei großen, schnell wachsenden Rassen auftretenden Erkrankungen, wie der fragmentierte Processus coronoideus medialis ulnae (FCP), der isolierte Processus anconaeus (IPA), die Osteochondrosis (dissecans) (OC(D)) der Trochlea humeri und die Inkongruenz der am Ellbogengelenk beteiligten Gelenkflächen vor (MORGAN et al., 2000). Diese

Erkrankungen werden 1998 von der International Elbow Working Group (IEWG) in Analogie zur Hüftgelenksdysplasie - HD, unter dem Begriff „ED“, zusammengefasst, ohne dass eine Dysplasie im engeren Sinne vorliegen muss.

Erstmal wird die Ellbogendysplasie in dieser Form von OLSSON (1974) beschrieben. Sie kommt bei bestimmten Rassen gehäuft vor. Betroffen sind vor allem der Berner Sennenhund, Deutscher Schäferhund, Labrador, Golden Retriever sowie Rottweiler (GRONDALEN und LINGAAS, 1991; MÄKI et al., 2000; MORGAN et al., 2000; La FOND, 2002). Die der ED zugrunde liegenden Erkrankungen führen zu einer Ellbogengelenksarthrose mit verminderter Beweglichkeit, Schmerzen und einer mehr oder weniger stark ausgebildeten Lahmheit (GRONDALEN, 1979; OLSSON, 1977 und 1983; BIENZ, 1985).

## **2.4 Ätiologie der Ellbogengelenksdysplasie**

Für alle Grunderkrankungen der ED werden neben den genetischen Komponenten eine Störung des Knochenwachstums, der enchondralen Ossifikation (Osteochondrose), sowie nutritive Imbalancen diskutiert (BIENZ, 1985; WIND, 1986; GUTHRIE, 1989; TROSTEL et al., 2003 a).

### **2.4.1 Störung der enchondralen Ossifikation (Osteochondrose)**

Bei der regulär ablaufenden enchondralen Ossifikation erfolgt die Versorgung der Chondrozyten durch Diffusion. Kommt es zu einer Störung der Kalzifizierung des Knorpels, wird an einzelnen Stellen die Knorpelschicht immer dicker, welche über die Grenzen des Diffusionsgradienten hinauswächst. Es kommt zu Nekrosen und Rissbildungen zwischen subchondraler Spongiosa und Gelenkknorpel bis hin zur vollständigen Ablösung einer Knorpelschuppe - OCD (WALDE und TELLHELM, 1991; FLÜCKIGER, 1992). Histologische Untersuchungen eines fragmentierten Processus coronoideus zeigen die entsprechenden Veränderungen einer Osteochondrose mit einer verdickten Knorpelschicht und nekrotischen Knorpel in den tiefergelegenen Schichten und einer reaktiven Verdichtung des umgebenden Knochens (WOLSCHRIJN, 2005). Dagegen finden GRONDALEN und GRONDALEN

(1981) in einer Untersuchung bei 120 Hunden in weniger als 20 % eine verdickte, degenerierte Knorpelschicht.

## 2.4.2 Ellbogengelenksinkongruenz

### Dysplasie der Incisura trochlearis

Nach WIND (1986) kann die Inkongruenz der Trochlea humeri zur Entstehung von IPA, FCP und die OCD der Trochlea humeri beitragen. Ist die Inzisur elliptisch gekrümmt, kann der Condylus humeri nicht vollständig mit der Ulna artikulieren. Das Zentrum der Incisura trochlearis verliert den Kontakt zum Condylus humeri (WIND, 1986; WIND und PACKARD, 1986; VIEHMANN, 1998). Der Humeroulnargelenkspalt zwischen Proc. anconaeus und Humerus ist verengt, dies kann einen erhöhten Druck auf den Proc. anconaeus verursachen, so dass er nicht mit dem Olekranon fusioniert und ein IPA entsteht. Der hoch stehende Proc. coronoideus medialis ulnae kann an der Trochlea humeri das Knorpelwachstum bis zur OCD hin stören (MORGAN et al., 2000). VIEHMANN und Mitarbeiter (1999) sowie BRUNNBERG und Mitarbeiter (1999) zeigen mit computergestützten Messungen, dass beim Berner Sennenhund im Vergleich zum Rhodesian Ridgeback die Incisura trochlearis eher ellipsoid geformt ist und eine größere Stufe zwischen Radius und Ulna vorkommt. Diese Zeichen einer Gelenksinkongruenz sowie ein großer Kondylus und eine Kranialverlagerung des Humerus sind, nach Ansicht der Autoren, einzeln als auch kombiniert als Faktoren der Ellbogengelenksdysplasie anzusehen. MAIJERL et al. (2000 und 2004) weisen eine physiologische Inkongruenz des Humeroulnargelenkes um wenige Zehntel Millimeter nach, welches eine gleichmäßigere Lastverteilung auf den gesamte Gelenkknorpel und die optimale Ernährung der Knorpelzellen bewirkt.

### Asynchrones Wachstum von Radius und Ulna

Hierbei besteht eine Stufe zwischen Radius und Ulna, wobei entweder der Radius resp. Ulna zu kurz oder die Ulna resp. Radius zu lang ist. Die häufigsten Veränderungen sind ein relativ zu kurzer Radius – „short-radius-syndrome“ oder eine relativ zu kurze Ulna – „short – ulna – syndrome“ (BIENZ, 1985; WIND, 1986; WIND und PACKARD, 1986; FOX und WALKER, 1993; MEYER – LINDENBERG, 2004). Das asynchrone Wachstum kann auch auf die Hauptwachstumsphase zwischen der 16. und 20. Lebenswoche beschränkt sein. In dieser Zeit wird der Proc. coronoideus

medialis ulnae übermäßig belastet, so dass er geschädigt werden und fragmentieren kann (WIND und PACKARD 1986). Diese Hypothese wird von einer in-vitro- Studie unterstützt, welche bei experimentell erzeugtem „short – radius“ eine Mehrbelastung des lateralen Anteils des Proc. coronoideus medialis ulnae nachweisen konnte (PRESTON et al. 2001). MEYER-LINDENBERG et al. (2006) weisen bei 50% der untersuchten Hunde mit IPA ein „short – ulna – syndrome“ nach.

### 2.4.3 Genetik und Umwelteinflüsse

#### 2.4.3.1 Heritabilität

Dass die genetische Prädisposition eine entscheidende Rolle spielt, wird von zahlreichen Autoren beschrieben (GUTHRIE und PIDDUCK, 1990; UBBINK et al., 1998 und 2000; MÄKI et al., 2000, 2002 und 2004; LAFOND et al., 2002)

Dies bildet die Basis einer züchterischen Selektion gegen diese Erkrankungen. Für den Erfolg solcher Maßnahmen spielt die Heritabilität des Selektionskriteriums eine entscheidende Rolle.

Die Heritabilität ( $h^2$ ) drückt das Verhältnis der totalen phänotypischen Varianz zur genetischen Varianz aus (HERZOG, 1997). Je größer die Heritabilität ist, desto höher ist der Anteil der genetischen Streuung.

Heritabilitäten treffen nur für die Population zu, in der sie ermittelt werden, dennoch sind Heritabilitätskoeffizienten für unterschiedliche Populationen in gleichen Merkmalen oft sehr ähnlich. Auch die Untersuchungsmethode hat Einfluss auf das Ergebnis der Schätzung.

In der Literatur schwanken die Angaben zur Heritabilität der Ellbogengelenkdysplasie entsprechend zwischen  $h^2 = 0,10$  bis  $h^2 = 0,77$  (GUTHRIE und PIDDUCK, 1990; GRONDALEN und LINGAAS, 1991). Eine genetische Selektion zur Verbesserung des Zuchtwertes erscheint bei einem Heritabilitätskoeffizienten über 0,2 effektiv zu sein (HAZEWINDEL, 2004).

Die Ellbogengelenkdysplasie ist als multifaktorielle Erkrankung anzusehen. Sie kommt bei vielen Hunden großwüchsiger Rassen vor, betroffen sind vor allem Rottweiler, Deutsche Schäferhunde, Berner Sennenhunde, Golden und Labrador Retriever (GRONDALEN, 1982; WIND, 1982).

In einer Studie von MEYER – LINDENBERG und Mitarbeiter (2006) erkrankten Hunde der Rasse Deutscher Schäferhund am häufigsten am IPA. REMY et al.

(2004) finden bei einer Studie in Frankreich dagegen nur 1,1% der an ED erkrankten Tiere einen IPA. Am häufigsten kommt bei ihnen die Inkongruenz mit 16,3 % und der FPC mit 11,3% vor. Berner Sennenhunde und Labrador Retriever weisen häufig einen fragmentierten Proc. coronoideus medialis ulnae auf (UBBINK et al., 2000; LA FOND et al., 2002; REMY et al., 2004)

An der Ellbogengelenksdysplasie erkranken häufiger Rüden als Hündinnen (BERZON und QUICK, 1980; HAZEWINDEL et al., 1988; CARPENTER et al., 1993; MÄKI et al., 2000, JANUTTA et al., 2006; MEYER – LINDENBERG et al., 2006).

GUTHRIE und PIDDUCK (1990) schätzen bei einer Population aus der Blindenhundgesellschaft getrennt nach Geschlecht und geben für Rüden eine Heritabilität von 0,77 und Hündinnen 0,45 an. Eine Studie an einer finnischen Rottweiler-Population ergibt eine Heritabilität von 0,31 (MÄKI et al., 2000). UBBINK et al. (1999) können eine Verringerung der Inzidenz der ED beim Berner Sennenhund von 64% auf 45% in 4 Jahren beobachten. Sie finden ebenfalls heraus, dass der FCP und die Inkongruenz des Ellbogengelenkes zwei genetisch verschiedene Erkrankungen darstellen.

In der Humanmedizin sind Mutationen von Kollagen – exprimierenden Genen für die Entstehung von knöchernen Dysplasien beschrieben (CARTER und RAGGIO, 2009). In einer Studie an 93 Labrador Retrievern haben SALG et al. (2006) mehrere dieser Collagen-Gen Typen auf ihren Einfluss auf die Entstehung eines FCP hin untersucht. Sie finden keine Signifikanz der untersuchten Gene, so dass sie diese Gene für die Entstehung des FCP als nicht bestimmend ansehen.

Untersuchungen von MÄKI et al. (2004) schließen das Vorhandensein eines Hauptgens nicht aus und sehen, wie andere Autoren, die Zukunft in weiteren Gen – Tests zur Erkennung und Elimination der ED (HAZEWINDEL, 2004; SALG et al., 2006).

#### 2.4.3.2 Umwelteinflüsse

Umweltfaktoren, wie die Fütterung und Belastung z.B. durch ein höheres Gewicht während der Skelett-Wachstumsphase, können die Ausprägung der erblichen Veranlagung (NAP, 2003) beeinflussen.

In mehreren Untersuchungen wird der negative Einfluss zu energie- und eiweißreicher Fütterung aufgezeigt (HEDHAMMER et al., 1974; KEALY et al., 2000; READ, 1993). Untersuchungen von NAP und Mitarbeiter (1991) an Deutschen Doggen zeigen dagegen keinen negativen Einfluss einer eiweißreichen Ernährung.

Über einem Zeitraum von 6 Monaten können sie keine Unterschiede in der Skelettentwicklung oder Ausprägung einer OCD nachweisen. Ein falsches Kalzium-Phosphor-Verhältnis bei zu kalziumreicher Nahrung, aber auch eine übermäßige Zufuhr von Vitamin D stört die enchondrale Ossifikation der Epiphysenfugen, wodurch das Risiko erhöht ist, eine Ellbogendysplasie zu entwickeln (NAP, 2003). SCHOENMAKERS et al. (2000) untersuchen den Einfluss einer erhöhten Kalziumaufnahme isoliert und zusammen mit einer erhöhten Phosphoraufnahme. Eine erhöhte Aufnahme von Kalzium führt zu einer hochgradigen Störung der Skelettmineralisation und enchondralen Ossifikation. Die gleichzeitig erhöhte Aufnahme von Kalzium und Phosphor führt zu osteochondrotischen Veränderungen.

## **2.5 Krankheitsbilder der sogenannten Ellbogengelenksdysplasie**

### 2.5.1 Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae

1974 wird ein Krankheitsbild von OLSSON als isolierter Processus coronoideus medialis ulnae beschrieben. Dies impliziert, dass hier ein gesondertes Ossifikationszentrum vorliegt. In mehreren Untersuchungen wird jedoch nachgewiesen, dass ein solches nicht existiert (OLSSON, 1975; GUTHRIE, 1992) und es wird die Bezeichnung des „fragmented coronoid process“ (FCP) (OLSSON, 1975) bzw. des fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae (FPC) eingeführt.

Diese Erkrankung stellt die häufigste Form der Ellbogengelenksdysplasie dar und tritt oft beiderseits auf. Sie entsteht in der Hauptwachstumsphase der Tiere vom 4.-7. Lebensmonat (BERZON und QUICK, 1980; LEWIS et al., 1992).

Hierbei kommt es zu einer Ablösung der kranialen Spitze des Processus coronoideus medialis (PCm) oder einer flächenhaften Abhebung des Gelenkknorpels am radiusseitigen Rand des PCm (GRONDALEN, 1979; HAZEWINDEL und VOORHOUT, 1986). Die Frakturlinie betrifft zu ca. ein Drittel die Spitze des Koronoids bei gering schräg vertikalem Verlauf. Häufiger verläuft die Frakturlinie allerdings bogenförmig parallel zur Incisura trochlearis (GRONDALEN, 1981; GUTHRIE, 1989; KÖRBEL et al., 2001). Die Fragmente können eine fibröse Verbindung mit dem Lig. anulare behalten und mineralisieren. In der Folge kann es zu einer Vergrößerung des Fragmentes durch Gefäßeinsprossung und

nachfolgender Ossifikation kommen (LEWIS et al., 1989; KIRBERGER und FOURIE, 1998).

Das Fragment ist röntgenologisch selten abgrenzbar, da es vom Radiuskopf oder dem Proc. coronoideus überlagert wird (GRONDALEN, 1979; BERZON und QUICK, 1980; GORING und BLOOMBERG, 1983; PROBST, 1988; WALDE und TELLHELM, 1991, FLÜCKIGER, 1992; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Nach CARPENTER et al. (1993) liegt die Sensitivität der Röntgenuntersuchung bei 23,5%, dagegen erreicht die Computertomographie eine Sensitivität von 88,2%. Weitere Faktoren, die einen direkten Nachweis erschweren oder verhindern, bestehen in einer nur partiellen Fragmentation des Processus coronoideus medialis ulnae, in einer geringen Fragmentgröße oder in einer bogenförmig, parallel zum Proc. coronoideus verlaufender Frakturlinie. Die Fragmente sind häufig nur gering disloziert, da sie durch das Lig. anulare, den Radiuskopf, die Trochlea humeri und den Proc. coronoideus an einer Dislokation gehindert werden (MIYABAYASHI et al., 1995; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Bestimmte Röntgenbefunde weisen indirekt auf einen FCP hin: die Deformation oder Defekte in der Kontur des kranialen Randes des Proc. coronoideus, oft zusammen mit einer vermehrten Sklerose am distalen Ende der Incisura trochlearis (BERZON und QUICK, 1980; WALDE und TELLHELM, 1991; FLÜCKIGER, 1992; FEHR und MEYER – LINDENBERG, 1992). Sekundäre arthrotische Veränderungen, in Form von osteophytären Zubildungen zeigen sich häufig zuerst dorsal am Proc. anconaeus oder kranial am Radiuskopf. Auch eine Stufenbildung zwischen Radius und Ulna, in Form eines „short-radius-syndrome“, kann auf eine Fragmentierung hinweisen (KIRBERGER und FOURIE, 1998; LANG et al., 1998; MORGAN et al., 2000).

Als Ursache sehen OLSON (1993) sowie EKMAN und CARLSON (1998) eine Störung der enchondralen Ossifikation. Diese führt zu Knorpelschäden, Nekrose und nachfolgend zu Fissuren und Fragmentation des Koronoids. WIND (1986) sieht das Vorhandensein einer Inkongruenz der Incisura trochlearis als Ursache für einen FCP. Die Untersuchung von VIEHMANN (1998) zeigt ebenfalls einen Zusammenhang zwischen einer ellipsoiden Form der Inc. trochlearis und FCP. Hierdurch kommt es zu einer Verlagerung des Humerus nach kranial und damit zu einer vermehrten Belastung auf den Processus coronoideus medialis. Bei einer Inkongruenz des Radioulnargelenkes, (der Radius ist kürzer als die Ulna) kommt es

zu einer vermehrten Belastung auf den PCm. Hierdurch soll es zur Deformation und Fragmentation des Koronoids kommen. (BIENZ, 1985)

### 2.5.2 Isolierter Processus anconaeus

Der isolierte Processus anconaeus (IPA) (Abb.2) wird erstmals 1959 von CAWLEY und ARCHIBALD bei 11 Deutschen Schäferhunden beschrieben.



**Abbildung 2** Röntgenaufnahme rechtes Ellbogengelenk, mediolateral – gebeugt, Isolierter Processus anconaeus (IPA, Pfeil), vermehrte Sklerosierung (Pfeilspitzen) der Incisura trochlearis

Obwohl der IPA bei mehreren großwüchsigen Hunderassen vorkommt, ist der Deutsche Schäferhund übermäßig häufig betroffen, in einer Studie mit 137 Hunden sind 72% Deutsche Schäferhunde (MEYER – LINDENBERG et al., 2006). Die Erkrankung betrifft häufig beide Gelenke: 11% (GUTHRIE, 1989) bis 30% (HAZEWINKEL et al., 1988). Der Apophysenkern des Proc. anconaeus entwickelt sich zwischen der 10. bis 14. Lebenswoche und fusioniert

mit der Ulnametaphyse bis zur 20. Lebenswoche (VOLLMERHAUS, 1981). Kommt es später durch starke Belastung zu einer Nekrose der zunächst noch gut durchbluteten Bindegewebsbrücke, bildet sich ein loses Dissekat. Der Proc. anconaeus kann das Gelenk nicht stabilisieren und wirkt wie ein instabiles Knochenfragment (bei Frakturen) im Gelenk (FLÜCKIGER, 1992). An der Basis des Proc. anconaeus ist eine unregelmäßige Sklerosierung und eine fortschreitende Osteoarthrose zu erkennen (CROSS und CHAMBERS, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Die arthrotischen Veränderungen können den Proc. anconaeus so stark deformieren und durch Osteophytenbildung überdecken, dass er nicht mehr isoliert als Proc. anconaeus identifiziert werden kann (MORGAN et al., 2000).

Röntgenologisch schließt sich die Fuge des Proc. anconaeus zwischen der 16. und 20. Lebenswoche, daher sollte erst nach diesem Zeitpunkt die radiologische Diagnose „Isolierter Processus anconaeus“ gestellt werden. Am sichersten erkennbar ist der IPA auf der mediolateral – gebeugten Röntgenaufnahme (Abbildung 2). Dabei wird der Proc. anconaeus überlagerungsfrei dargestellt (GORING und BLOOMBERG, 1983; FLÜCKIGER, 1992; CROSS und CHAMBERS, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998). Beim Röntgen mit gestreckter Gliedmaße kann es bei juvenilen Hunden durch die Überlagerung mit der noch offenen Epiphysenfuge des Epicondylus medialis zu einer Fehlinterpretation kommen (MEYER – LINDENBERG, 1991; CROSS und CHAMBERS, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998). An der Basis der Inc. trochlearis ist in älteren Fällen meist eine unregelmäßige Sklerosierung erkennbar. Bei längerem Bestehen sind hochgradige arthrotische Veränderungen zu sehen. Der Proc. anconaeus kann daher durch Umbauprozesse sehr stark deformiert und durch Osteophytenbildung überlagert sein (MEYER-LINDENBERG, 1991; MORGAN et al., 2000). Das gemeinsame Auftreten von IPA und FCP überprüfen MEYER – LINDENBERG et al. (2006) in einer Studie an 137 Hunden bzw. 155 Ellbogengelenken. Es findet sich intraoperativ in 16 % zusätzlich ein fragmentierter Proc. coronoideus medialis, davon kann präoperativ nur die Hälfte röntgenologisch diagnostiziert werden. REICHLER und SNAPS (1999) empfehlen zur Diagnostik des FCP bei radiologischem Nachweis eines IPA die Computertomographie.

### 2.5.3 Osteochondrosis dissecans - OCD

Die Osteochondrose (OC) wird als Entwicklungsstörung angesehen, die das gesamte Skelett betreffen kann, aber sich nur an besonders prädisponierten Stellen entwickelt. Neben der Gelenkfläche des Schulter-, Knie- und Sprunggelenkes ist am Ellbogen der mediale Kondylus humeri betroffen (FLÜCKIGER, 1992, MORGAN, et al 2000). Bei der Osteochondrosis dissecans liegt zudem ein freies Dissekat vor.

Klinisch relevant ist nur die OCD, genetisch werden beide Formen aber nicht unterschieden.

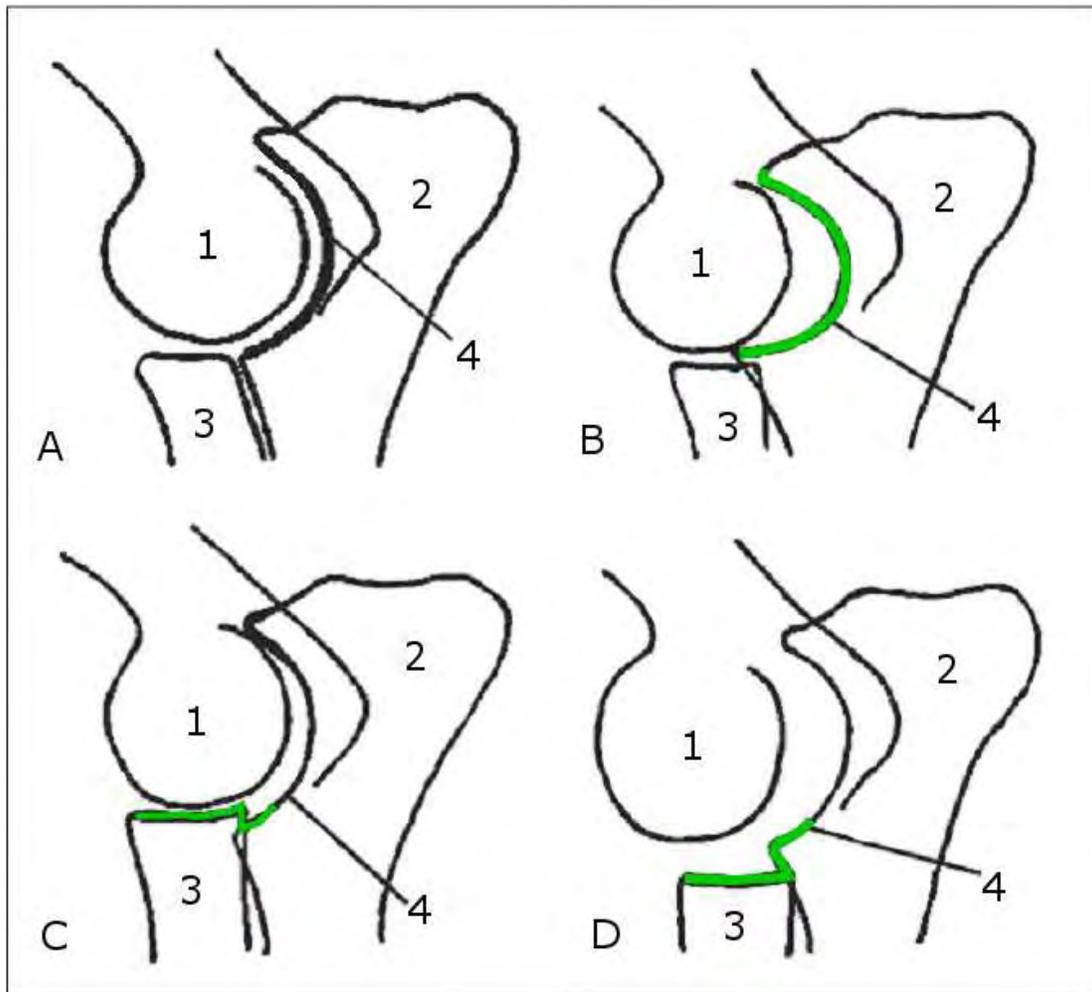
Bei einer Population von Labrador und Golden Retrievern werden für die OCD im Ellbogengelenk Heritabilitäten bei Rüden mit 0,77 und Hündinnen mit 0,45 angegeben. Die Inzidenz beträgt für Rüden 1,25% und 0,57% für Hündinnen

---

(GUTHRIE und PIDDUCK, 1990). Die Erkrankung tritt in bis zu 75% beiderseits auf (HAZEWINDEL et al., 1988).

Die Osteochondrose (OC) ist im Röntgenbild vor allem in der kraniokaudalen oder kranio-lateral-kaudomedialen Aufnahme als dreieckige bis halbmondförmige Aufhellung im subchondralen Knochen der Trochlea humeri erkennbar (PROBST, 1988; GUTHRIE et al., 1992; SCHLEICH, 1997). Bei Hunden bis zum 5. Lebensmonat kann eine Abflachung der Gelenkkontur das einzige Zeichen für eine OC sein (FOX et al., 1983; WALDE und HUTTER, 1984). Bei längerem Bestehen einer OCD ist der Defekt von einer subchondralen Sklerose umgeben. Die Knorpelschuppe kann mineralisieren und als Corpus liberum an verschiedene Stellen im Gelenk vorkommen (WISSLER und SUMNER-SMITH, 1977; BERZON und QUICK, 1980; FOX et al., 1983). Osteophyten finden sich an gleicher Lokalisation wie beim fragmentierten Proc. coronoideus medialis, aber häufig in geringerer Ausprägung (FOX et al., 1983, FLÜCKIGER, 2004 a). Nach MORGAN et al. (2000) ist eine wichtige Differentialdiagnose die so genannte „kissing lesion“, Schliffusuren des Knorpels und subchondralen Knochens, welche von einem FCP verursacht werden. Diese liegen jedoch weiter lateral der typischen OCD Lokalisation und sind häufig schmaler und länger.

## 2.5.4 Inkongruenz / Stufenbildung



**Abbildung 3** schematische Darstellung der verschiedenen Formen der Inkongruenz (aus Samoy et al. 2006, modifiziert)

1: Humerus, 2: Ulna, 3: Radius, 4: Incisura trochlearis

A: kongruentes Gelenk

B: elliptische Incisura trochlearis

C: Inkongruenz short – ulna

D: Inkongruenz short – radius

In einem inkongruenten Gelenk passen die zueinander stehenden Gelenkflächen nicht exakt aufeinander und die Gelenkflächen sind nicht parallel. Verschiedene Studien beschreiben eine physiologische Inkongruenz des Humeroulnargelenkes (PRESTON et al., 2000; DICKOMEIT, 2002; MAIERL et al., 2004). Im unbelasteten Zustand besteht nur an wenigen Stellen punktförmiger oder kleinflächiger Kontakt. Dabei handelt es sich um Unterschiede von nur wenigen Zehntel Millimetern. Mit zunehmender Last werden die Kontaktflächen größer und die Gelenkflächen passen

sich einander an. Auf diese Weise wird der gesamte Gelenkknorpel gleichmäßiger zur Lastübertragung herangezogen (MAIERL et al., 2004).

Abgesehen von der physiologischen Form der Inkongruenz sind zwei pathologische Formen der Inkongruenz mit einer ausgeprägteren Stufenbildung beschrieben (Abb. 3): durch eine Störung der enchondralen Ossifikation kommt es zur Fehlentwicklung der Inc. trochlearis mit einer gering elliptischen Krümmung und somit zur Inkongruenz mit dem Condylus humeri (WIND und PACKARD, 1986; WIND, 1990). Als Folge verlagert sich der Humerus nach kranial. Dies führt zu einer vermehrten Belastung von Radius und Ulna, besonders des Proc. coronoideus medialis ulnae.

Die zweite Form der Inkongruenz betrifft das Radioulnargelenk, häufig besteht ein „short-radius-syndrom“ bzw. „short-ulna-syndrom“ durch asynchrones Wachstum von Radius und Ulna. Die Inkongruenz im Radioulnargelenk ist durch eine Stufe zwischen dem lateralen Proc. coronoideus und dem angrenzendem proximalem Radius gekennzeichnet. Bei einem „short-ulna-syndrom“ ist der Gelenkspalt zwischen Proc. anconaeus und der Humeruskondyle verengt. Es entsteht eine erhöhte Belastung auf den Proc. anconaeus, so dass er nicht mit der Ulna fusioniert und ein IPA entsteht (Abb.3C) (MORGAN et al., 2000). Bei einem „short-radius-syndrom“ bildet sich eine Stufe zwischen Proc. coronoideus und der proximalen Gelenkfläche des Radius (Abb.3D). Der Humerus ist nach kranial verschoben und der Humeroulnar- und Humeroradialgelenkspalt vergrößert. (WIND und PACKARD, 1986; KIRBERGER, 2003, HAZEWINKEL, 2008).

Das Vorliegen einer Inkongruenz vor dem 6. Lebensmonat führt zu einer Prädisposition für die Entwicklung eines FCP, IPA oder einer OC(D). Je nach der Form der Inc. trochlearis werden die entsprechenden anatomischen Strukturen durch den mechanischen Druck überbelastet und es kann zu den verschiedenen Erkrankungen der Ellbogengelenksdysplasie kommen. Entsteht die Inkongruenz nach dem 6. Lebensmonat, kommt es häufig ausschließlich zu arthrotischen Veränderungen (WIND und PACKARD, 1986; HAZEWINKEL et al., 1988). Die Inkongruenz ist dann die Primärerkrankung.

Röntgenologisch sind die verschiedenen Formen der Inkongruenz des Ellbogengelenkes schwer zu diagnostizieren. Aufgrund der Kontur des Gelenkes ist es unmöglich sowohl das Humeroradial- als auch das Humeroulnargelenk orthograd abzubilden. Der Röntgenstrahl ist mehr zum Humeroradialgelenk parallel und trifft das Humeroulnargelenk schräg (MASON et al., 2002). In einer Studie mit

experimentell verursachter Inkongruenz zeigt sich die 90° gebeugte Röntgenaufnahme im mediolateralen Strahlengang als die am besten geeignete Lagerung zur Beurteilung einer Inkongruenz im Ellbogengelenk (MASON et al., 2002).

Die CT ist auch in der Diagnostik der Inkongruenz weitaus besser geeignet als Röntgenaufnahmen (MASON et al., 2002; HOLSWORTH et al., 2005; WAGNER et al., 2007).

## **2.6 Bildgebende Diagnostik**

### **2.6.1 Konventionelles Röntgen**

#### **2.6.1.1 Röntgenanatomie**

Aufgrund der komplexen Anatomie, die durch drei miteinander verbundene Gelenke geprägt ist, überlagern sich bei jeder Projektion die verschiedenen Gelenkanteile. Besonders der Processus coronoideus medialis ulnae ist schwierig darstellbar. Zusätzlich zu den Standardaufnahmen in mediolateraler und kraniokaudaler Strahlenrichtung, müssen daher je nach Fragestellung ergänzende Aufnahmen durchgeführt werden (GUTHRIE et al., 1991; SCHLEICH, 1997; TELLHELM, 2005).

#### **2.6.1.2 Röntgentechnik**

Zur radiologischen Diagnosestellung sind qualitativ hochwertige Aufnahmen essentiell. Dies wird durch die Wahl eines kleinen Fokus, Einblendung auf Objektgröße und Auswahl eines feinzeichnenden Film-Folien-Systems erreicht (GORING und BLOOMBERG, 1983; KIRBERGER, 2003; MIYABAYASHI, 2003; TROSTEL et al., 2003 b). Aufgrund der geringen Objektgröße ist in der Regel kein Streustrahlenraster notwendig. Bei jungen, unruhigen Hunden kann eine Sedation hilfreich sein, um optimal gelagerte Röntgenaufnahmen zu erreichen (MIYABAYASHI, 2003). Wegen der hohen Inzidenz bilateraler Ellbogengelenkserkrankungen sollen stets beide Ellbogengelenke geröntgt werden (FOX und WALKER, 1993; TROSTEL et al., 2003 b).

### 2.6.1.3 Lagerung, Projektionen

#### Mediolateral, gestreckt

Der Winkel zwischen Ober- und Unterarm beträgt ca. 110°. Bei dieser Lagerung sind osteophytäre Reaktionen im Bereich der kranialen Gelenkabschnitte überlagerungsfrei erkennbar, während geringere Osteophyten dorsal auf dem Processus anconaeus durch Überlagerung mit dem Humerus, besonders bei technisch nicht optimalen Aufnahmen, übersehen werden können. Bei orthograder Lagerung ist die Beurteilung der Kongruenz des Gelenkspaltes möglich. Größere Veränderungen an den Humeruskondylen im Sinne einer OCD, sind ebenfalls erkennbar (SCHLEICH, 1997; KIRBERGER und FOURIE, 1998; HORNOF et al., 2000).

#### Mediolateral, gebeugt (90°)



**Abbildung 4** Röntgenbild rechtes Ellbogengelenk, mediolateral, 90° gebeugt, Stufe Radioulnar – Gelenkspalt (schwarze Linie)

Zur Beurteilung der Inkongruenz ist nach MURPHY und Mitarbeiter (1998) die 90° gebeugte Aufnahme am besten geeignet (Abb.4). Bei einem Beugungswinkel von 45° können osteophytären Zubildungen dorsal am Proc. anconaeus überlagerungsfrei dargestellt werden, gleichzeitig wird aber durch axiale Rotation eine Gelenksinkongruenz simuliert (FLÜCKIGER, 2004 b).

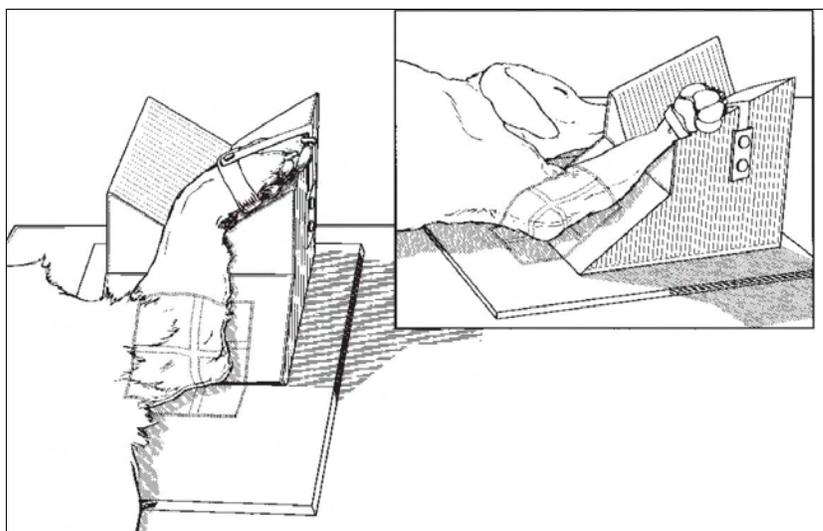
#### Mediolateral, maximal gebeugt

Um Osteophyten im Bereich des Processus anconaeus überlagerungsfrei darzustellen, ist eine maximale Flexion des Ellbogengelenkes notwendig (FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992). Gleichzeitig ist der isolierte Processus anconaeus sicher erkennbar. Zusätzlich überlagert so die Epiphysenfuge des medialen Epikondylus des Humerus nicht den Processus anconaeus und kann keinen IPA vortäuschen (BERZON und QUICK, 1980; WISNER und POLLARD, 2007; COOK und COOK, 2009). Hierbei kommt es allerdings in der Regel zu einer Gelenkrotation (Supination), so dass die Kongruenz sowie die Sklerose im Bereich der Incisura trochlearis nicht beurteilt werden kann (SCHLEICH, 1997; MURPHY et al., 1998; MASON et al., 2002).

#### Mediolateral, 15° Supination

Diese Projektion ermöglicht eine bessere Darstellung der kranialen Kontur des Proc. coronoideus medialis ulnae (VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; NAP, 1995; KIRBERGER und FOURIE, 1998; FLÜCKIGER, 2007).

#### Distomedial-proximolateral oblique 35°



**Abbildung 5** Lagerung Ellbogengelenk, Schemazeichnung Distomedial – proximolateral – oblique - 35°; Abbildung entnommen aus HAUDIQUET et al. (2002)

Der Processus coronoideus medialis ulnae wird bei der Standardprojektion vom Radius überlagert (KIRBERGER und FOURIE, 1998; Trostel et al., 2003 b). Wie aus Abbildung 5 ersichtlich, empfehlen HAUDIQUET et al. (2002) daher zur optimalen Beurteilung des Processus coronoideus medialis eine 35°- Schrägaufnahme des Ellbogengelenkes (distomedial – proximolateral oblique, Di35M-PrLO), wobei der Unterarm um 35° angehoben und in 40° Supinationsstellung gebracht wird.

#### Kraniokaudale Aufnahme

Bei dieser Aufnahme wird der Hund in sternaler Lage mit nach kaudal gestrecktem Kopf und vorgezogener Vordergliedmaße positioniert. Diese Lagerung ist geeignet, um Inkongruenzen der Art. humeroradialis, Art. humeroulnaris und Art. radioulnaris zu beurteilen. Außerdem können osteophytäre Zubildungen im Bereich der Epikondylen und der Ulna sowie subchondrale Knochendefekte mit oder ohne periphere Sklerose, im Sinne von OC(D)-Defekten oder Schliffursen dargestellt werden (FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; KIRBERGER und FOURIE, 1998; COOK und COOK, 2009). Der Proc. coronoideus medialis ulnae stellt sich als kleiner, dreieckiger Prozess ausgehend vom proximomedialen Anteil der Ulna dar (COOK und COOK, 2009).

#### Kranialateral-Kaudomedial-Schrägaufnahme



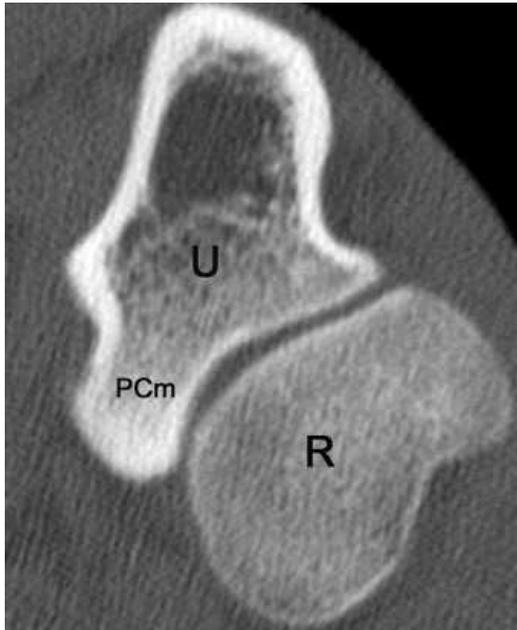
**Abbildung 6** Röntgenbild, rechtes Ellbogengelenk kraniolateral-kaudomedial, subchondraler Defekt Trochlea humeri (weißer Pfeil)

Zur besseren Beurteilung des medialen Gelenkabschnittes ist eine kraniolateral-kaudomediale Schrägaufnahme zu empfehlen. Hierfür wird der Unterarm geringgradig nach medial rotiert (Pronation), so dass sich das Olekranon lateral der Mittellinie befindet und die Trochlea humeri sowie der Processus coronoideus medialis überlagerungsfrei abgebildet werden. Osteophytäre Zubildungen am Proc. coronoideus medialis und isolierte Fragmente sowie subchondrale Defekte der Trochlea (Abb.6) sind so besser erkennbar (BERZON und QUICK, 1980; VOORHOUT und HAZEWINKEL, 1987; SCHLEICH, 1997; HORNOF et al., 2000; TELLHELM, 2005).

### Kraniomedio-Kaudolateral-Schrägaufnahme

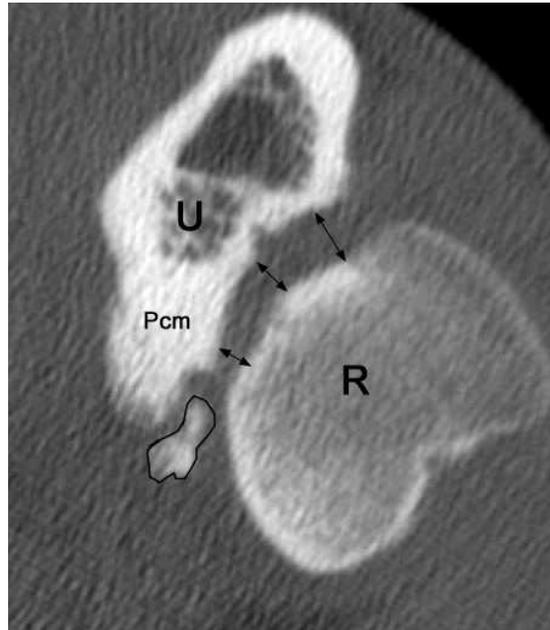
Die Supination ermöglicht die Beurteilung der lateralen Gelenkabschnitte sowie die Darstellung des fakultativ vorkommenden Sesambeins im Lig. anulare radii (VOORHOUT und HAZEWINDEL, 1987; FEHR und MEYER-LINDENBERG, 1992; SCHLEICH, 1997).

### 2.6.2 Computertomographie (CT) / Magnetresonanztomographie (MRT)



**Abbildung 7** Computertomographie, Transversalschnitt auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae (PCm), Normalbefund

U = Ulna R = Radius



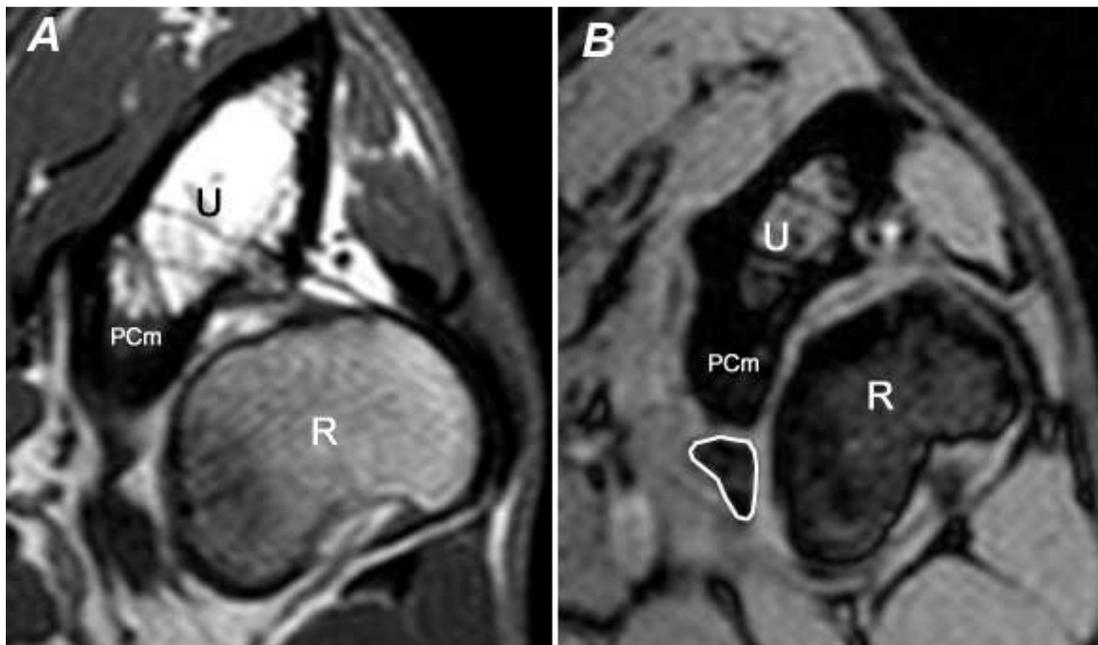
**Abbildung 8** Computertomographie, Transversalschnitt auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae (PCm), dessen Spitze fragmentiert (schwarze Umrandung), Radioulnargelenkspalt inkongruent (schwarze Doppelpfeile)

U = Ulna R = Radius

Zunehmend wird in der radiologischen Diagnostik die Computertomographie eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein nicht invasives Schnittbild-Verfahren.

Der Vorteil der CT liegt, im Vergleich zum Röntgen, in der überlagerungsfreien Darstellung aller knöchernen Strukturen, besonders des Processus coronoideus medialis ulnae. Der Nachweis eines FCP ist am Ellbogengelenk die häufigste Indikation zur Durchführung einer Computertomographie (REICHLE und SNAPS, 1999; DE RYCKE, 2002). Hierbei zeigt die CT in einer Studie von CARPENTER et al., (1993) im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren die höchste Genauigkeit

mit 86,7%. Eine vorhandene Inkongruenz des Ellbogengelenkes ist mit Hilfe der CT ebenfalls messbar (HOLSWORTH et al., 2005; GEMMILL et al., 2006) (Abb.7, 8). Die Magnetresonanztomographie erlaubt eine detaillierte Darstellung aller Gelenkanteile mit dem periartikulärem Weichteilgewebe (Abb.9) und ist die einzige Methode zur direkten und nicht invasiven Beurteilung des Knorpels (SNAPS et al., 1998; JANACH et al., 2006). KLUMPP (2009) untersucht in seiner Studie 44 Ellbogengelenke mit CT und MRT, hierbei zeigt sich im Hinblick auf die Diagnostik der Koronoiderkrankung eine hohe Korrelation zwischen CT und MRT. Bei der Erkennung einer Inkongruenz im Ellbogengelenk, eines subchondralen Defektes sowie einen isolierten Processus anconaeus zeigen sich keine signifikanten Unterschiede.



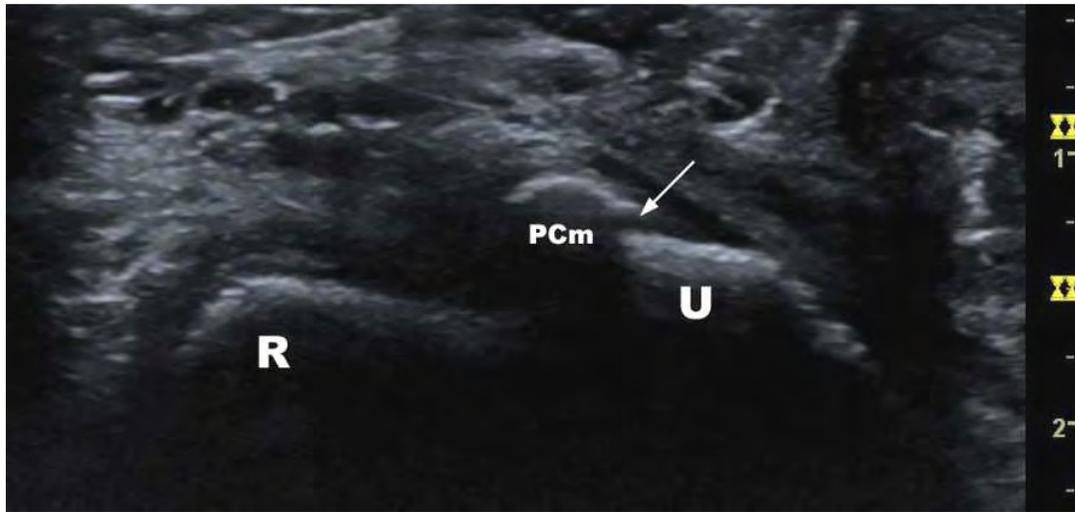
**Abbildung 9 A + B** Magnetresonanztomographie, T1 – gewichtet, Transversal - Schnitt, auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae  
 A: Normalbefund,  
 B: Spitze des Processus coronoideus medialis ulnae fragmentiert (weiße Umrandung)

H = Humerus    U = Ulna        R = Radius        PCm = Processus coronoideus medialis ulnae

### 2.6.3 Ultraschall

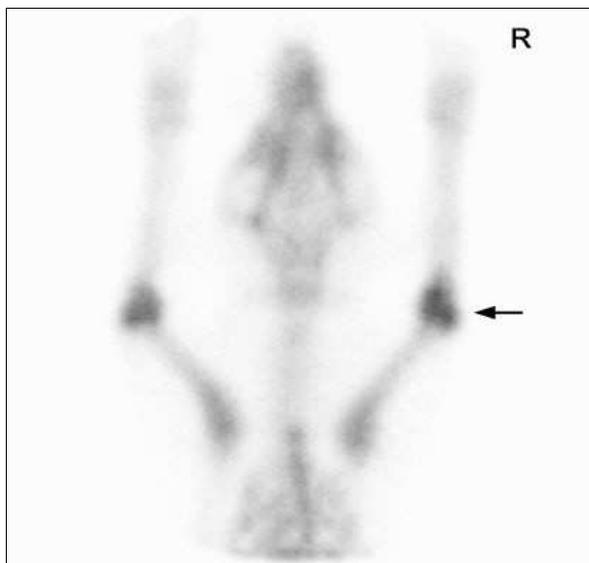
Die Sonographie ermöglicht eine Beurteilung der periartikulären Strukturen, wie Muskulatur, Bänder und Füllung der Gelenkkapsel (KRAMER et al., 1997; MICHELE, 2000; KNOX et al., 2003; SEYREK– INTAS et al., 2009). In einer Studie

mit 102 Hunden bzw. 112 Ellbogengelenken kann SEYREK – INTAS et al. (2009) mit einer Genauigkeit von 77% eine Abnormalität des medialen Koronoids (FCP, Deformation des Koronoids) diagnostizieren. Ein dislozierter fragmentierter Proc. coronoideus medialis ulnae kann in 55% der Fälle sonographisch diagnostiziert werden (Abb.10). Bei einem nicht-dislozierten Fragment gelingt dies in 91 % nicht. Zur Diagnostik des FCP ist der Ultraschall daher in der Regel nicht geeignet.



**Abbildung 10** Ultraschall rechter Ellbogen, auf Höhe des Processus coronoideus medialis ulnae (PCm), der Fragmentenspalt ist sichtbar (weißer Pfeil)

#### 2.6.4 Szintigraphie

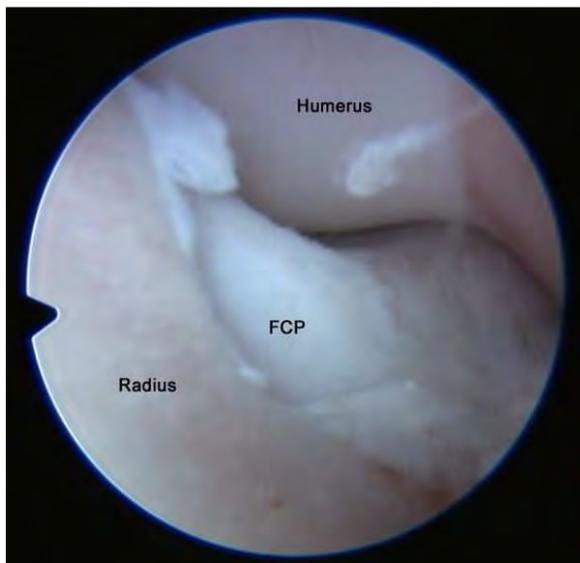


**Abbildung 11** Zwei - Phasen - Szintigraphie, Knochenphase, Ansicht von ventral, Mehranreicherung linker Ellbogen (Pfeil)

Im Gegensatz zur Röntgendiagnostik erfasst die Szintigraphie den regionalen Knochenstoffwechsel. Es wird eine schwach radioaktive Substanz (Technetium (Tc) 99m) intravenös verabreicht und nach einer gewissen Zeit die Anreicherung in den Knochen mittels einer speziellen Detektorkamera gemessen (SCHICHA, 1993). Mit Hilfe der Szintigraphie ist eine Lokalisation einer unklaren Lahmheit möglich. Auch kann sie frühe, subtile

Veränderungen aufdecken, bevor es zu sichtbaren radiologischen Veränderungen kommt (POTEET, 2006). Die Darstellung der Weichteile ist, aufgrund der geringeren umgebenden Weichteile, schlechter als bei anderen Gelenken. Das an das Tc -99m gekoppelte Phosphonat lagert sich entsprechend einer erhöhten Knochen – Stoffwechselaktivität in diesen Bereichen vermehrt ein. Aufgrund der geringen Größe und der häufigen Beteiligung des gesamten Gelenks sieht man typischerweise eine generalisierte Mehranreicherung des Ellbogengelenkes (Abb.11). Eine konkrete Diagnosestellung ist daher mit der Szintigraphie allein nicht möglich (SCHWARZ et al., 2004). Der Umgang mit radioaktiven Substanzen ist rechtlich durch die Strahlenschutzverordnung geregelt und mit einer Vielzahl strenger Auflagen versehen, so dass szintigraphische Untersuchungen nur in wenigen Kliniken durchgeführt werden (BERRY et al., 2006).

### 2.6.5 Arthroskopie



**Abbildung 12** Arthroskopisches Bild eines fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae (FCP)

Als minimal invasives Verfahren hat seit der ersten Beschreibung diagnostischer Arthroskopien des Ellbogengelenkes beim Hund (VAN RYSEN et al., 1993) die Arthroskopie des Ellbogengelenkes sowohl in der Diagnostik als auch in der Therapie eine sehr große Bedeutung erlangt. Die Arthroskopie ermöglicht mit einem, im Gegensatz zur Arthrotomie, nur minimalen Weichteiltrauma eine optimale

Beurteilung der intraartikulären Strukturen, wie Gelenkkapsel, Bänder oder die Knorpeloberfläche (Abb.12) (VAN BREE et al., 2002). JANTHUR et al. (2000) diagnostizieren neben den Primärerkrankungen FCP, IPA und OCD, auch Kissing lesions, Chondromalazien, die intercondyläre Fissur der Trochlea humeri sowie Synovialitiden.

---

## 2.7 ED – Beurteilungssysteme

Zur Bekämpfung der Ellbogengelenksdysplasie wurde 1989 die „International Elbow Working Group – IEWG“ in Davis, Kalifornien gegründet. Die mangelhaften Therapieerfolge der spät diagnostizierten und damit weit fortgeschrittenen Grunderkrankungen, gab Anlass zu Überlegungen für eine züchterische Selektion gegen die ED. Hierfür entwickeln die Gründer ein Bewertungssystem für Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes nach schwedischem Vorbild. Es wird empfohlen den Hund mit 12 Monaten zusammen mit der Röntgenuntersuchung auf Hüftgelenksdysplasie (HD) zu röntgen, da die arthrotischen Veränderungen mit dem Alter zunehmen. Die Röntgenbilder werden entsprechend den sekundären arthrotischen Veränderungen und/oder dem Vorkommen der primären Erkrankungen FCP, IPA, OCD bewertet (Tab. 1 und Abb. 13). Zu den Veränderungen zählen Osteophyten am Proc. anconaeus, am kranioproximalen Rand des Radius, am proximalen Rand des Proc. coronoideus und am proximalen Rand des lateralen Epikondylus. Die Beurteilung erfolgt für jedes Gelenk seitengetrennt, wobei das schlechtere Gelenk über den ED – Grad des Tieres entscheidet.

Der „Grenzfall“ zwischen ED-frei und ED-1 ist für Gelenke mit minimalen Veränderungen bestimmt. Der Gutachter kann entscheiden, ob der Grenzfall separat oder zu ED-Grad 1 bewertet wird.

**Tabelle 1** Beurteilungssystem für die Ellbogengelenksdysplasie anhand mediolateraler und kraniokaudaler Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes, Einteilung nach IEWG Protokoll (2007)

ED - Grad	Arthrosegrad	Radiologische Veränderungen
0	Arthrosefrei	Keine Anzeichen von Sklerose, Inkongruenz oder Arthrose
B	Borderline = Grenzfall	Sklerose der Inc. trochlearis und / oder minimale Veränderungen dorsaler Rand des Processus anconaeus
1	Geringgradig	Osteophyten < 2mm Höhe an einer oder mehrerer der folgenden Lokalisationen a) Processus anconaeus b) kranio-proximaler Rand Radius c) proximale Rand Processus coronoideus d) proximale Rand lateralis Epicondylus
2	Mittelgradig	Osteophyten von 2 – 5 mm Höhe an mind. einer der unter Grad 1 genannten Lokalisationen und Verdacht auf Primärerkrankungen.
3	Hochgradig, Primärerkrankung	Osteophyten > 5 mm Höhe an mindestens einer der unter Grad 1 genannten Lokalisationen Primärerkrankung – FCP, IPA, OCD vorhanden

IEWG = International elbow working group mm = Millimeter OCD = Osteochondrosis dissecans  
FCP = fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae IPA = isolierter Processus anconaeus

Die Bewertung der Deutschen Schäferhunde im SV, als auch des ADRK für die Rasse Rottweiler, erfolgt grundsätzlich nach diesem Schema. Geringgradige Veränderungen, wie eine gering vermehrte Sklerose der Inc. trochlearis ohne weitere arthrotische Veränderungen, werden als „Grenzfall“ eingestuft.



**Abbildung 13** Lokalisationen der Osteophyten gemäß IEWG Schema  
Röntgenaufnahme Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 0

- a = dorsaler Rand des Processus anconaeus
- b = proximaler Rand des Radiuskopfes
- c = proximaler Rand vom Proc. coronoideus medialis
- d = proximale Rand des lateralen Epicondylus
- e = Sklerose der Incisura trochlearis

IEWG = International elbow working group ED = Ellbogengelenksdysplasie

Die Abbildung 14 zeigt ein mit ED – Grad 2 bewertetes Ellbogengelenk. Es besteht der Verdacht auf die Primärerkrankung des fragmentierten Proc. coronoideus medialis ulnae (FCP). Die Spitze des Proc. coronoideus lässt sich nicht abgrenzen, es finden sich geringgradig osteophytäre Zubildungen im Bereich des Processus anconaeus, des Radiuskopfes und kaudal der Incisura trochlearis.



**Abbildung 14** Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 2, Verdacht auf fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae, dessen Spitze nicht abgrenzbar (schwarze Pfeilspitzen), geringgradig vermehrte Sklerosierung Incisura trochlearis (schwarze Pfeile), mittelgradige Osteophytenbildung dorsal am Processus anconaeus (weiße Linie), Radiuskopf (weißer Pfeil)

ED = Ellbogengelenkdysplasie

Ein Beispiel für ein mit ED – Grad 3 bewertetes Ellbogengelenk zeigt die Abbildung 15. Hierbei sind hochgradige osteophytäre Zubildungen > 5 mm dorsal am Proc. anconaeus, den Epikondylen, dem Radiuskopf und kaudal der Incisura trochlearis vorhanden. Der Proc. coronoideus ist nicht abgrenzbar.



**Abbildung 15** Ellbogengelenk, mediolateral, ED – Grad 3, Arthrosegrad 3: Osteophyten dorsal am Processus anconaeus (weiße Linie), Radiuskopf (weiße Pfeile) und Epikondylen (weiße Pfeilspitzen) > 5mm, vermehrte Sklerosierung Incisura trochlearis (schwarze Pfeile), Processus coronoideus medialis ulnae nicht abgrenzbar (schwarze Pfeilspitzen)

ED = Ellbogengelenksdysplasie      mm = Millimeter

### 2.7.1 Bewertungsschema nach LANG et al. (1998)

Für die Bewertung sind Aufnahmen im mediolateralen und im kraniokaudalen Strahlengang nötig. LANG et al. (1998) definieren sieben Einzelkriterien, nach denen jedes Ellbogengelenk bewertet wird. Die ersten drei Kriterien beziehen sich auf arthrotische Veränderungen, wie Osteophytenbildung am dorsalen Rand des Proc. anconaeus, aber auch an anderen Lokalisationen des Ellbogengelenkes sowie die Sklerosierung der Incisura trochlearis. Das 4. Kriterium beschreibt die Ab- oder Anwesenheit einer Inkongruenz zwischen Radius und Ulna bzw. Humerus und Ulna. Mit den letzten drei Kriterien werden Formveränderungen des Proc. coronoideus, Proc. anconaeus und der Trochlea humeri bzw. das Vorhandensein der Grunderkrankungen FCP, IPA und OCD erfasst. Die Befunde der Kriterien werden jeweils mit bis zu drei Punkten bewertet und zu einem Gesamtergebnis addiert. Es erfolgt anschließend eine Einstufung in den entsprechenden ED Grad, wobei das schlechtere Gelenk ausschlaggebend ist (Tabelle 2).

**Tabelle 2** Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998), Einstufung der Gesamtpunktzahl in den entsprechenden ED – Grad

ED – Grad	Gesamtpunktzahl
Frei	0 - 1 Punkt (Kriterium 3, 4)
Grad 1	1 Punkt in Kriterium 1 + 2 oder 4 Punkte total
Grad 2	5 - 8 Punkte
Grad 3	> 8 Punkte oder 3 Punkte in Kriterium 5, 6, 7

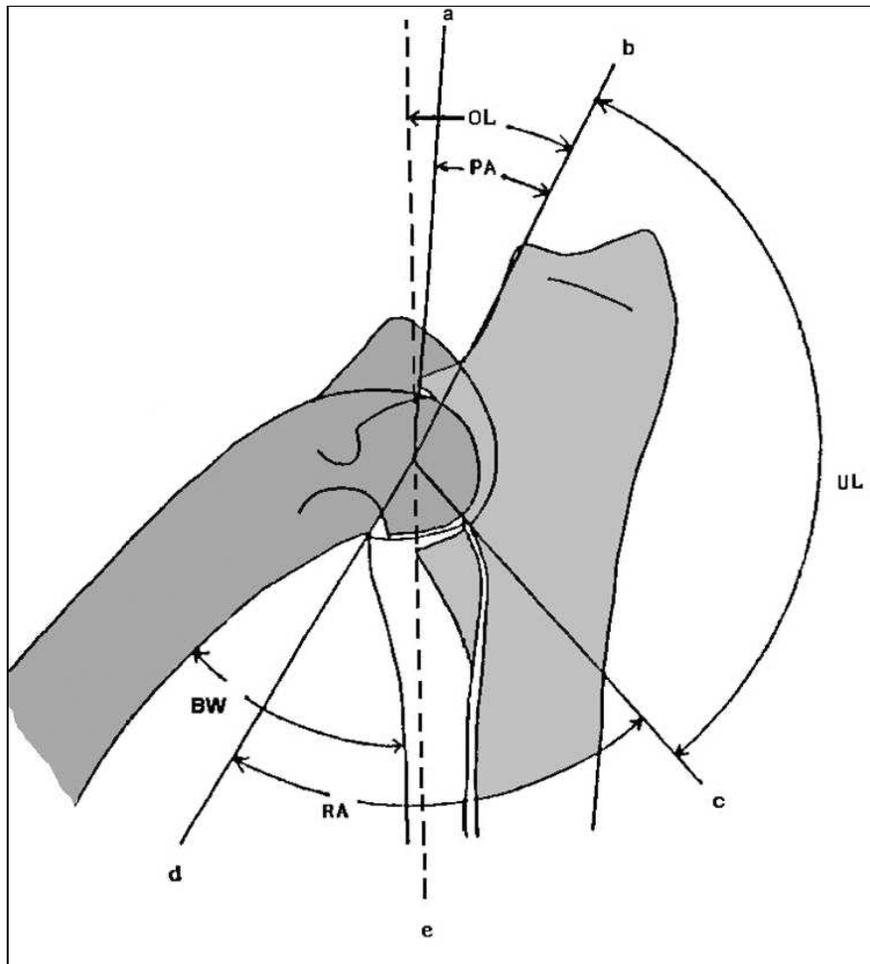
ED = Ellbogendysplasie

### 2.7.2 Bewertungsschema nach TELLHELM (2002)

Ein weiterhin bestehendes Problem stellt die Eingruppierung von Ellbogengelenken mit nur geringen Veränderungen, wie eine geringgradig erhöhte Dichte der Inc. trochlearis oder nur gering von der Norm abweichende Konturen der Gelenkränder und des Proc. anconaeus dar. Diese Gelenke können nicht als ED-frei eingruppiert werden, aber für ED-1 sind die Veränderungen zu gering ausgeprägt. Daher modifiziert TELLHELM 2002 das Schema nach LANG et al. (1998) bei gleich bleibenden Kriterien, indem er die Punkteskala auf maximal 5 Punkte erhöht. Es wird ebenfalls zu einem Gesamtergebnis addiert, ohne dieses in ED-Grade einzugruppieren. Durch die Erweiterung entsteht eine Klasse, welche den Grenzfall

zwischen Arthrose-freien Ellbogengelenken und Gelenken mit leichten Veränderungen, d.h. ED-1 erfasst.

### 2.7.3 Winkelmessmethode nach MUES (2001)



**Abbildung 16** Winkelmessung nach MUES (2001),  
Schemazeichnung Ellbogengelenk, mediolateral  
(aus MUES (2001), modifiziert)

Gerade a: vom Mittelpunkt des Condylus humeri zur kranialen Spitze des Processus anconaeus

Gerade b: vom Mittelpunkt des Condylus humeri zum kranialsten Punkt des Olekanons

Gerade c: vom Mittelpunkt des Condylus humeri durch den Radioulnaren - Gelenkspalt

Gerade d: vom Mittelpunkt des Condylus humeri zur kranialen Spitze des Radius

Gerade e: vom Mittelpunkt des Condylus humeri Parallele zur Radiuslängsachse

OL: Olekanon-Winkel, Ausrichtung des Olekanons zur der Längsachse des Radius

PA: Anconaeus-Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Processus anconaeus

UL: Ulna-Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Radius Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

BW: Beugungswinkel, zwischen Humerus und Radius

Ein neuer Ansatz zur Reduktion der ED wird 2001 von MUES vorgestellt.

Er entwickelt eine Methode zur Vermessung von Ellbogengelenken am Röntgenbild. Mit Hilfe von verschiedenen Winkeln (Abb.16) werden die funktionellen gelenkbildenden Strukturen erfasst und überprüft, ob die morphologischen Merkmale als Züchtungsinformation für eine Zuchtwertschätzung gegen die ED genutzt werden können. Für seine Untersuchung werden Röntgenbildern von 2.114 Rottweilern und 447 Deutscher Schäferhunden ausgemessen und genetische Parameter sowohl für die Winkelmessungen als auch das ED - Gutachten nach IEWG geschätzt. Aus den gemessenen Parametern wird ein Selektionsindex konstruiert, welcher von MUES als Ellbogenqualität (EQ) bezeichnet wird und den Genotyp für Arthrosebildung indirekt mit optimierter Genauigkeit beschreibt. Die Heritabilität des EQ-Index liegt bei seinen Untersuchungen mit  $h^2 = 0,60$  (Rottweiler) bzw.  $h^2 = 0,72$  (Deutscher Schäferhund) deutlich höher als die Heritabilität des ED-Gutachtens  $h^2 = 0,28$  (Rottweiler) bzw.  $h^2 = 0,13$  (Deutscher Schäferhund).

SCHWENKE et al. (2004) finden in einer Studie an 163 Labrador Retriever, dass weniger die Morphologie, als die Höhe der osteophytären Zubildungen die Messung der Winkel beeinflusst. Weiterhin zeigen sie, dass geringe Veränderungen in der Lagerung die Winkel teilweise deutlich beeinflussen können. Untersuchungen von KIRCHHOFF (2003) und JANUTTA et al. (2005) finden beim DSH ebenfalls hohe Heritabilitäten der Winkelmessungen, die genetische Korrelation zwischen den einzelnen Winkeln und dem ED-Befund sind dagegen gering und als Basis für die ED-Einstufung nicht geeignet. Die multivariate Zuchtwertschätzung unter Einbeziehung der Winkelmessung erbringt nach Ansicht der Autoren keine wesentliche Verbesserung der ED-Zuchtwerte, so dass kein gesteigerter Selektionserfolg zu erwarten ist.

Eine weitere Bestimmung anatomischer Parameter wird von VIEHMANN et al. (1999) vorgestellt. Gemessen werden bei 157 Berner Sennenhunden und 50 Rhodesian Ridgeback der Radius des Condylus humeri. Ein Flächenmaß für dessen Lage, die Form der Inc. trochlearis und die Gelenkflächenränder zwischen Radius und Ulna zur Bestimmung einer Inkongruenz. Die Ergebnisse zeigen, dass ein großer, nach kranial verlagertes Kondylus, eine ellipsoide Inc. trochlearis und eine Stufenbildung als Faktoren bei der Entstehung von ED anzusehen sind.

Die Meßmethoden nach MUES (2001) und VIEHMANN et al. (1999) werden 2007 von STEIN miteinander verglichen. Hierbei zeigt sich bei der Methode nach

---

VIEHMANN eine hochsignifikante Korrelation zum ED – Grad unabhängig vom Beugewinkel. Sie wird deshalb als besser geeignet zur Erfassung einer Ellbogengelenksdysplasie angesehen. Die vergleichende Studie von GRONAU (2008) an einer Population Golden Retrievern zeigt, dass die Messung der Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001) durch arthrotische Veränderungen beeinflusst wird und erkennt bei der Messmethode nach VIEHMANN et al. (1999) einen Zusammenhang zwischen Veränderungen der Inc. trochlearis und dem Auftreten einer Ellbogengelenksdysplasie.

## 3 Eigene Untersuchungen

### 3.1 Material und Methoden

#### 3.1.1 Gerätebeschreibung

Alle Röntgenaufnahmen zur Bestimmung der Lagerung wurden an dem Buckytisch mit Obertischröhre der Firma Philips angefertigt. Der Film-Fokusabstand betrug 105 cm. Die Kassetten im Format 18x24 cm lagen direkt unter dem aufzunehmenden Gelenk, es wurde kein Streustrahlenraster verwendet.

#### 3.1.2 Röntgenbildmaterial

##### 3.1.2.1 Röntgenaufnahmen der Rasse Deutscher Schäferhund

Die zugrunde liegenden Röntgenbilder wurden von der Hauptgeschäftsstelle des Vereins für Deutsche Schäferhunde e.V. (SV) zu Verfügung gestellt. Ausgewertet wurden Röntgenbilder der Ellbogen von 19.798 Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund, die im Alter von mindestens 12 Monaten geröntgt worden waren. Neben dem offiziellen ED – Grad lagen für jeden DSH Abstammungsinformationen sowie Informationen zu Geschlecht und Wurfstag vor. Für jedes Ellbogengelenk lagen Aufnahmen in 2 Projektionen (mediolateral–gebeugt und kraniokaudal – oblique – 15°Pronation) vor. Bei 6.942 Hunden war nur eine mediolateral gebeugte Aufnahme vorhanden, bei 462 DSH lagen zwei mediolaterale Aufnahmen in unterschiedlicher Beugung vor und bei 325 Tieren waren neben der kraniokaudal – oblique – 15°Pronation – Aufnahme auch zwei mediolaterale Aufnahmen in unterschiedlicher Beugung vor. Das Durchschnittsalter betrug 16,28 Monate (Minimum: 12 Monate, Maximum: 103,5 Monate), 8.967 Hunde (48,05%) waren männlich und 9.695 Hunde (51,95%) weiblich.

##### 3.1.2.2 Röntgenaufnahmen der Rasse Rottweiler

Die Röntgenaufnahmen (mediolateral – gebeugt und kraniokaudal – oblique – 15° Pronation) stammen aus dem offiziellen ED-Röntgen des Allgemeinen Deutschen Rottweiler-Klub e.V. (ADRK) und umfassten insgesamt 2.430 Hunde. Für jeden

Rottweiler lagen ebenfalls neben dem offiziellen ED – Grad Abstammungsinformationen sowie Informationen zu Geschlecht und Wurfstag vor. Bei den Hunden der Rasse Rottweiler lag der Altersdurchschnitt bei 20,29 Monaten. 2.096 Hunde (86,26 %) waren zwischen 15 – 24 Monate und 334 (13,74%) > 24 Monate alt. 1.183 Hunde (48,68 %) waren männlich und 1.247 Hunde (51,23 %) weiblich.

## **3.2 Auswertung der Röntgenaufnahmen**

Anhand der Röntgenbilder von 19.798 DSH und 2.430 Rottweilern wurden die Winkelmessungen nach MUES (21001) durchgeführt. Anhand derselben Röntgenaufnahmen der DSH und von 158 stichprobenartig ausgewählten Rottweilern wurden sowohl die Primärerkrankungen der Ellbogengelenksdysplasie, als auch sekundäre arthrotische Veränderungen nach dem Beurteilungsschema für ED nach LANG et al. (1998) und nach dem Beurteilungsschema für ED nach TELLHELM (2002) beurteilt.

Für die Bewertung wurden die Röntgenaufnahmen in den Standardprojektionen mediolateral und kraniokaudal – oblique – 15° Pronation herangezogen. Da diese von beiden Ellbogengelenken vorlagen, ist die Beurteilung für jedes Gelenk separat erfolgt.

### **3.2.1 Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998)**

Jedes untersuchte Ellbogengelenk wurde in sieben Einzelkriterien mit jeweils bis zu drei Punkten bewertet und diese zu einem Gesamtergebnis addiert. Die ersten drei Kriterien beziehen sich auf arthrotische Veränderungen, wie eine Osteophytenbildung am dorsalen Rand des Proc. anconaeus, aber auch an anderen Lokalisationen des Ellbogengelenkes, sowie die Sklerosierung der Incisura trochlearis. Das 4. Kriterium beschreibt die An- oder Abwesenheit einer Inkongruenz zwischen Radius und Ulna bzw. Humerus und Ulna. Mit den letzten drei Kriterien werden Formveränderungen des Proc. coronoideus medialis ulnae, Proc. anconaeus und der Trochlea humeri sowie das Vorhandensein der Grunderkrankungen FCP, IPA und OCD erfasst (Tabelle 3).

Es erfolgte gemäß der Einteilung nach LANG et al. (1998) für jedes Ellbogengelenk eine Eingruppierung in den entsprechenden ED-Grad (Tabelle 4).

**Tabelle 3** Punktebewertungsschema nach LANG et al. (1998) anhand der Ellbogen- gelenke in der mediolateralen und kraniokaudalen Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Ellbogengelenkdysplasie

Kriterien \ Punkte	0	1	2	3
Osteophyten am Proc. anconaeus	Keine	< 2 mm	2 – 5 mm	> 5 mm
Osteophyten an anderen Lokalisationen	Keine	Minimal, < 2 mm	2 – 5 mm	> 5 mm
Sklerose an Inc. trochlearis, Ulna oder Radiuskopf	Normal	Minimal	Erheblich	Massiv
Inkongruenz des Humero-ulnargelenkes, Stufe zwischen Radius und Ulna	Normal	Leichte Inkongruenz, Stufe < 2 mm	Mittlere Inkongruenz, Stufe < 4 mm	Schwere Inkongruenz, Stufe > 4 mm
Proc. coronoideus medialis	Normal	Normal	Abnorme Kontur	FCP
Proc. anconaeus	Normal	Normal	Abnorme Kontur oder Form	IPA
OCD / Trochlea humeri	Normal	Normal	Sklerose oder Verdacht auf OCD	OCD

Proc. = Processus Inc. = Incisura FCP = fragmentierter Proc. coronoideus medialis ulnae  
 IPA = isolierter Proc. anconaeus OCD = Osteochondrosis dissecans mm = Millimeter

**Tabelle 4** Beurteilungsschema nach LANG et al. (1998), Einstufung der Gesamtpunktzahl in den entsprechenden ED – Grad

ED – Grad	Gesamtpunktzahl
ED – frei	0 - 1 Punkt (Kriterium 3, 4)
Grad 1	1 Punkt in Kriterium 1 + 2 oder 4 Punkte total
Grad 2	5 - 8 Punkte
Grad 3	> 8 Punkte oder 3 Punkte in Kriterium 5, 6, 7

ED = Ellbogengelenkdysplasie

## 3.2.2 Beurteilungsschema nach TELLHELM (2002)

**Tabelle 5** Punktbewertungsschema nach TELLHELM (2002) anhand der Ellbogengelenke in der mediolateralen und kraniokaudalen Röntgenaufnahme zur Beurteilung der Ellbogengelenksdysplasie

Punkte Kriterium	0	1	2	3	4	5
<b>Osteophyten am Proc. anconaeus</b>	Keine	Keine	< 2 mm	2 – 5 mm	> 5 mm	---
<b>Osteophyten an anderen Lokalisationen</b>	Keine	Unschärfe Kontur Epicond. lat.	Minimal, < 2 mm	2 – 5 mm	> 5 mm	---
<b>Sklerose an Inc. trochlearis, Ulna, Radiuskopf</b>	Keine	Minimale Zunahme, Kapsellinie	Geringe Sklerose	Erhebliche Sklerose	Massive Sklerose	---
<b>Inkongruenz des Humero- ulnargelenkes, Stufe zwischen Radius u. Ulna</b>	Keine	Fraglich	Geringe Inkongruenz, Stufe < 2 mm	Mittlere Inkongruenz, Stufe < 4 mm	Schwere Inkongruenz Stufe > 4 mm	---
<b>Proc. coronoideus medialis</b>	Normal	Kontur unscharf	Kontur unscharf	Abnorme Kontur	-----	FCP
<b>Proc. anconaeus</b>	Normal	Minimale Kontur- veränderung	Leichte Kontur- veränderung	Abnorme Kontur oder Struktur	-----	IPA
<b>OCD / Trochlea humeri</b>	Normal	Abflachung mit geringer Sklerose	-----	Deutliche Sklerose, Verdacht auf OCD	-----	OCD

Epicond.lat: Epicondylus lateralis

FCP: fragmentierter Processus coronoideus medialis

OCD: Osteochondrosis dissecans

Inc. trochlearis: Incisura trochlearis

IPA: isolierter Processus anconaeus

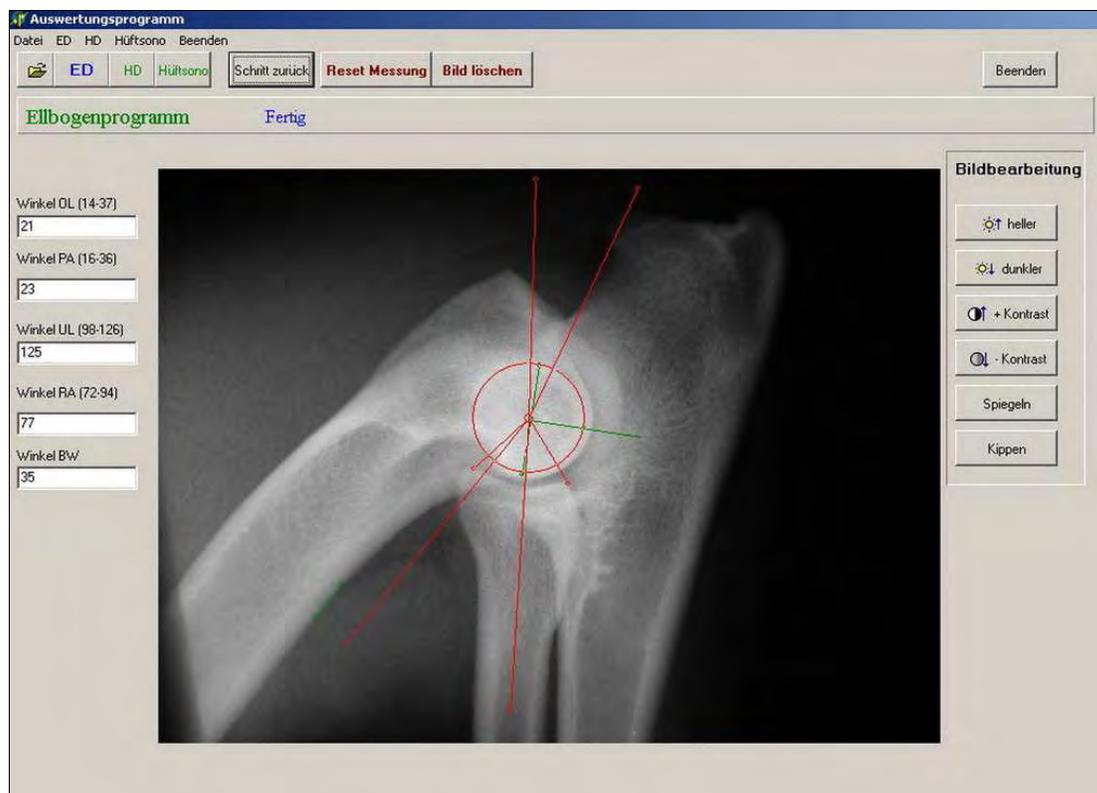
mm : Millimeter

Das Schema wurde 2002 von TELLHELM modifiziert, bei gleich bleibenden Kriterien erhöhte er die Punkteskala auf maximal 5 Punkte (Tab.5). Hierdurch können auch

Gelenke mit nur geringen Veränderungen, wie eine geringgradig erhöhte Dichte der Inc. trochlearis oder nur gering von der Norm abweichende Konturen der Gelenkränder und des Proc. anconaeus differenziert werden. Auch hier werden die Befunde zu einem Gesamtergebnis addiert, jedoch nicht in ED – Grade eingestuft.

### 3.3 Computergestützte Winkelmessmethode nach MUES (2001)

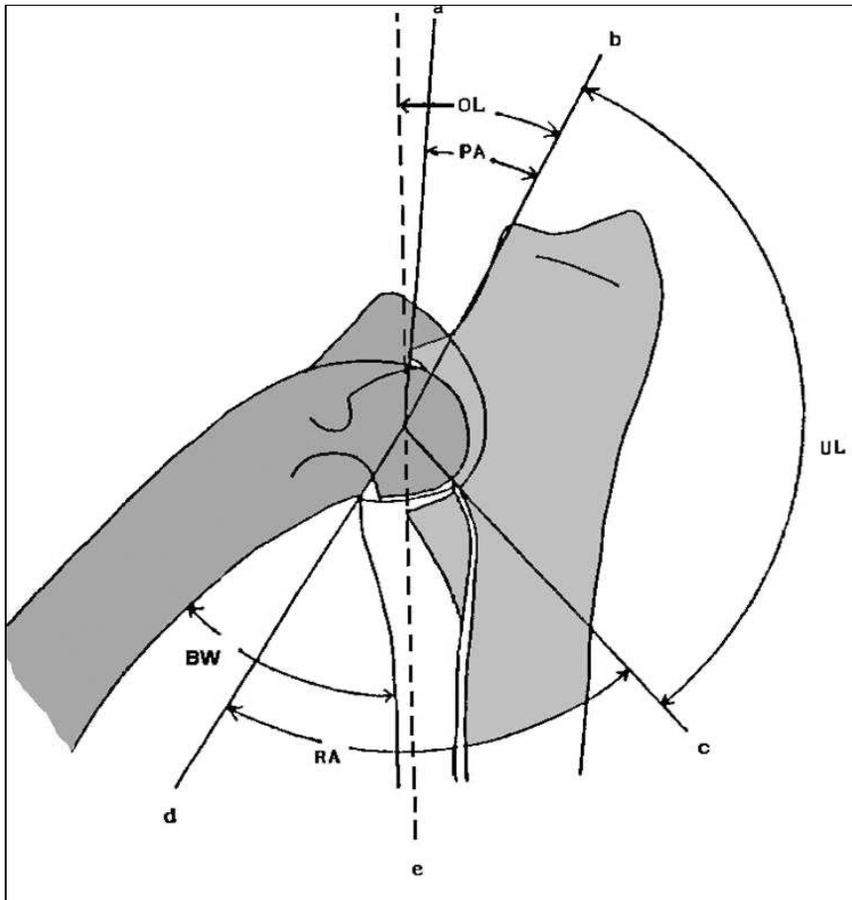
Für die Winkelmessung nach MUES (2001) wurden die Röntgenbilder der Ellbogengelenke im mediolateralen Strahlengang digitalisiert. Die Messung erfolgte mit Hilfe eines speziell entwickelten Computerprogramms (Abbildung 17).



**Abbildung 17** Computerprogramm zur Bestimmung der Winkel nach MUES (2001), Das Röntgenbild in der Mitte des Bildes lässt sich durch die Icons rechts bearbeiten. Zur Berechnung der Winkel werden Punkte computergestützt eingezeichnet und zu Geraden verbunden. Die Ergebnisse der Winkelmessung sind links abzulesen (in°).

Zur Messung wurde als erstes der Mittelpunkt des Ellbogengelenkes bestimmt. Nach Markierung des kranialen und kaudalen Kondyluspunktes berechnete das Programm den Kreismittelpunkt. Dieser konnte bei Bedarf nachträglich verschoben werden,

eine Anpassung des Kreisradius war ebenfalls möglich. Anschließend wurden folgende anatomische Strukturen markiert: nach Bestimmung der Radiuslängsachse (Gerade e), wurde der Proc. anconaeus an seiner kranialen Spitze, der Gelenkspalt zwischen Radius und Ulna, der Radiuskopf an seiner kranialen Kontur und die Längsachse des Humerus markiert. Ebenso erfolgte die Markierung des kaudalsten Punktes der kranialen Kontur des Olekranons, diese anatomische Struktur wird von MUES (2001) als der kranialste Punkt des Olekranons angesprochen.



**Abbildung 18** schematische Darstellung der 5 Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001), eingezeichnet in ein schematisches Ellbogengelenk, mediolateral

a – e Geraden, die vom Humerusmittelpunkt zu festgelegten Knochenpunkten führen

- OL** Olekanonwinkel, beschreibt die Stellung des Olekranons zur Längsachse des Radius
- PA** Processus anconaeus-Winkel, beschreibt die nach kranial gerichtete Ausprägung des Processus anconaeus
- UL** Ulnawinkel, beschreibt den Anteil der Ulna am Ellbogengelenk
- RA** Radiuswinkel, beschreibt die Beteiligung des Radius am Ellbogengelenk
- BW** Beugewinkel, Winkel zwischen Humerus und Radius

Hieraus ergaben sich die folgenden Winkel, die in der mediolateralen Röntgenaufnahme des Ellbogengelenkes gemessen werden konnten (Abb.18):

Der **Winkel OL** wird zwischen dem kaudalsten Punkt der kranialen Olekranonkontur und der Radiuslängsachse gemessen. Er ist Ausdruck für die Stellung des Olekranons zur Längsachse des Radius.

Der **Winkel PA** wird zwischen der Spitze des Proc. anconaeus und dem kranialsten Punkt des Olekranons gemessen und kennzeichnet somit die nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus.

Der **Winkel UL** wird zwischen dem kranialsten Punkt des Olekranons und dem Gelenkspalt zwischen Radiuskopf und Ulna gemessen und beschreibt den Gelenkabschnitt der Incisura trochlearis.

Der **Winkel RA** umfasst den kranialsten und den kaudalsten Punkt des Radius. Er beschreibt

den Gelenkabschnitt des Radius.

Der **Beugewinkel (BW)** wird zwischen der Radiuslängsachse und der kranialen Kontur des Humerus bestimmt (MUES, 2001).

### **3.4 Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur Bestimmung unterschiedlicher Lagerung**

#### **3.4.1 Lagerung des Ellbogengelenkes orthograd, in Supination und Pronation**

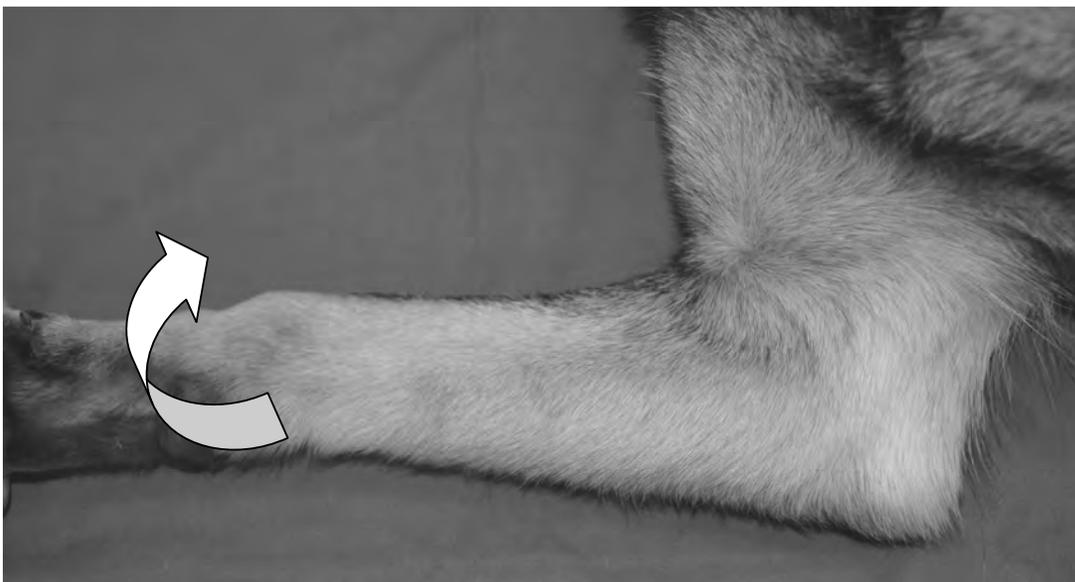
Eine Rotation des Unterarmes hat Auswirkungen auf das Ellbogengelenk. Bei Supination projiziert sich der Proc. coronoideus medialis ulnae stärker in den Radiuskopf. Bei 15° Supination erhält man eine korrekte laterale Darstellung des PCm, der Radioulnargelenkspalt wird hierbei nun nicht mehr orthograd getroffen.

##### **3.4.1.1 Praktische Durchführung**

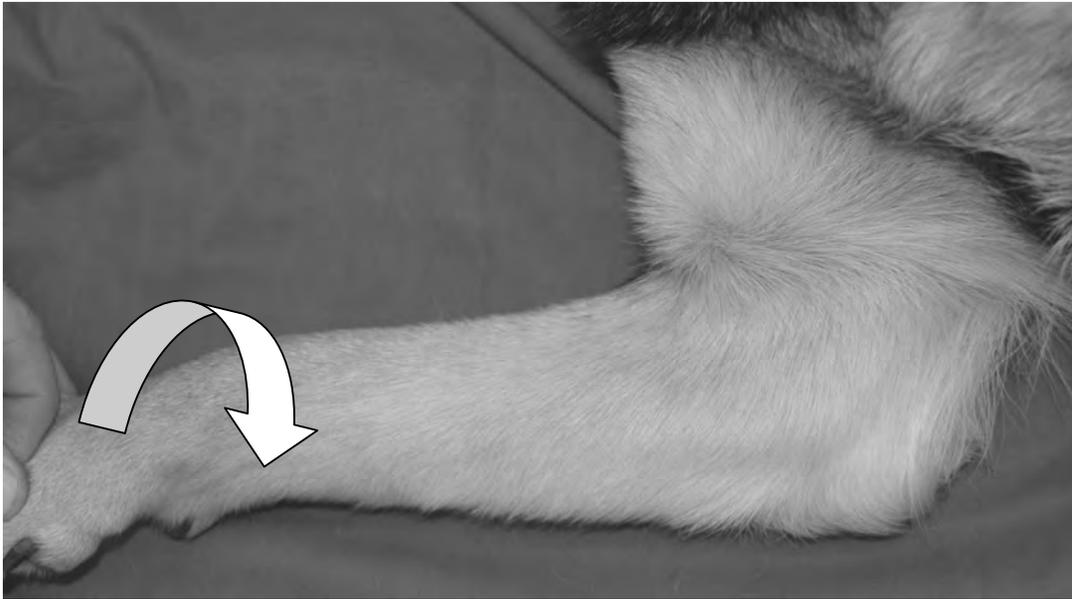
Für die Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes wurden stichprobenartig 6 Hunde der Rassen Deutscher Schäferhund und Rottweiler, auf dem Röntgentisch in Seitenlage gebracht, das zu röntgende Gelenk auf dem Tisch aufliegend, mit einer Beugung des Ellbogengelenkes bei ca. 90°. Die 1. Aufnahme erfolgte in Neutralstellung, als nächstes wurde die Pfote maximal supiniert, die 3. Aufnahme erfolgte in maximaler Pronation (Abb. 19 – 21).



**Abbildung 19** rechter Unterarm, Ansicht von medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, orthograde Lagerung



**Abbildung 20** rechter Unterarm, Ansicht von medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, maximale Supination des Unterarmes



**Abbildung 21** rechter Unterarm, Ansicht medial, Ellbogen ca. 90° gebeugt, maximale Pronation des Unterarmes

### 3.5 Überprüfung des Einflusses unterschiedlicher Lagerungen auf die Messergebnisse

Bei jedem Bild wurde die Lagerung des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme festgehalten, inwieweit das Gelenk orthograd gelagert war oder ob Abweichungen von einer optimalen Lagerung vorlagen. Es erfolgte eine Einteilung in 6 Klassen: beidseitig orthograd, beidseitige Pronation bzw. Supination sowie die kombinierten Lagerungen, orthograd – Pronation, resp. –Supination und Pronation – Supination. Es wurde für jeden Parameter ermittelt, ob die Messergebnisse signifikant abweichen zwischen den Tieren, bei denen orthograd gelagerte Aufnahmen vorlagen, zu den Hunden, deren Ellbogengelenk in Pronation respektive Supination gelagert war.

Zusätzlich wurde der Einfluss der Gelenkbeugung auf die Messwinkel überprüft. Hierbei wurde der nach kranial offene Winkel zwischen Humerus und Radius gemessen und die Beugewinkel in 4 Klassen eingruppiert (Tab. 6). Zwischen rechtem und linkem Ellbogengelenk zeigten sich teilweise große Abweichungen im Grad der Beugung, so dass auch die Beugewinkeldifferenz in 5 Gruppen eingeteilt wurde (Tab. 7).

**Tabelle 6** Verteilung in den einzelnen Beugewinkelklassen 1-4 beim DSH (n = 6.088) und Rottweiler (n = 2.430) als absolute Tieranzahl und in Prozent (%)

Beugungswinkelklasse		Gesamtzahl der DSH		Gesamtzahl der Rottweiler	
		Absolut	%	Absolut	%
1	< 19°	1001	16,44	697	27,94
2	20 – 28°	1269	20,84	677	27,86
3	29°– 39°	1678	27,56	636	26,17
4	> 39°	2140	35,15	438	18,02

DSH = Deutscher Schäferhund

**Tabelle 7** Verteilung in den einzelnen Beugewinkeldifferenz-Klassen zwischen rechtem und linkem Ellbogengelenk beim DSH (n = 6.088) und Rottweiler (n=2.430) als absolute Tieranzahl und in Prozent (%)

Beugungswinkeldifferenz- klasse		Gesamtzahl der DSH		Gesamtzahl der Rottweiler	
		Absolut	%	Absolut	%
1	< 5°	2262	37,15	1059	43,58
2	6 – 10°	1564	25,70	662	27,24
3	11 – 20°	1541	25,31	555	22,84
4	21 – 45°	688	11,30	154	6,34
5	> 45	33	0,54	----	----

DSH = Deutscher Schäferhund

### 3.6 Wiederholbarkeit der Messung

#### 3.6.1 Überprüfung auf Wiederholbarkeit

Zur Überprüfung der Messgenauigkeit der Winkelmeßmethode nach MUES (2001) und des Punkteschemas nach TELLHELM (2002) wurden 198 Röntgenbilder aus dem Archiv des Vereins für Deutsche Schäferhunde e.V. als zufällige Stichprobe aus der Gesamtpopulation dieser Arbeit nummeriert und für jede der drei Wiederholungsmessungen die Reihenfolge der Bilder zufällig festgelegt. Zwischen den einzelnen Messdurchläufen bestand ein zeitlicher Abstand von ca. drei Wochen. Die Messung erfolgte sowohl durch einen erfahrenen Radiologen und ED-Gutachter (Dipl. ECVDI)(Befunder 1) als auch durch die Doktorandin (Befunder 2).

## 3.7 Statistische Auswertung

Die statistische und genetische Auswertung erfolgte im Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover.

### 3.7.1 Varianzanalyse

Der Einfluss systematischer Effekte auf das Ergebnis der röntgenologischen Ellenbogengelenk-Untersuchungen wurde mittels multipler Varianzanalyse unter Verwendung der Prozedur GLM (General Linear Model) des Software-Paketes SAS (Statistical Analysis System), Version 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2009) untersucht. Berücksichtigt wurden hierbei in jedem Fall das Geschlecht, das Alter zum Zeitpunkt der röntgenologischen Untersuchung sowie das Geburtsjahr des Hundes. Da sich durch eine Berücksichtigung des Alters als Kovariable keine signifikante Verbesserung der Modelle ergab, wurde im Folgenden nur zwischen den innerhalb des ersten halben Jahres nach Erreichen des Röntgen-Mindestalters untersuchten Hunden (12-18 Monate) und den erst später geröntgten Hunden (> 18 Monate) unterschieden.

#### 3.7.1.1 Anzahl Projektionen pro Gelenk

Der Einfluss des Untersuchungsumfangs auf die Verteilung der Gesamtbeurteilungen erfolgte anhand der Daten von 7.729 Hunden, für die die Anzahl verfügbarer Projektionen pro Gelenk dokumentiert war.

$$y_{ijkl} = \mu + \text{GESCHL}_i + \text{ALTER}_j + \text{GEBJAHR}_k + \text{PROJ}_l + e_{ijkl} \quad (\text{Modell 1})$$

mit  $y_{i...s}$  = Ellenbogengelenk-Befund,  $\mu$  = Modelkonstante,  $\text{GESCHL}_i$  = fixer Effekt der  $i$ -ten Geschlechts ( $i = 1-2$ ; männlich, weiblich),  $\text{ALTER}_j$  = fixer Effekt der  $j$ -ten Röntgenaltersklasse ( $j = 1-2$ ; 12-18 Monate, > 18 Monate),  $\text{GEBJAHR}_k$  = fixer Effekt der  $k$ -ten Geburtsjahresklasse ( $k = 1-4$ ; bis 2001, 2002, 2003, 2004),  $\text{PROJ}_l$  = fixer Effekt der  $l$ -ten Projektionsklasse ( $l = 1-3$ ; eine mediolaterale Aufnahme pro Gelenk, zwei mediolaterale Aufnahmen in unterschiedlicher Beugung pro Gelenk, kraniokaudale sowie zwei mediolaterale Aufnahmen in unterschiedlicher Beugung pro Gelenk) und  $e_{i...s}$  = zufälliger Restfehler.

#### 3.7.1.2 Lagerung

In die Analysen zum Einfluss von Faktoren der Aufnahmetechnik gingen die Daten von 6.088 DSH und 2.430 Rottweilern ein, für die Angaben zur Lagerung und zum

Beugewinkel des Ellenbogengelenkes beim Röntgen verfügbar waren. Die in linken und rechten Ellenbogengelenken erhobenen Befunde (für die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) jeweils O1, O2, S, I, C, A, T und ges; für die Ellenbogengelenkwinkel OL, PA, UL und RA) wurden zunächst getrennt hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von systematischen Effekten ausgewertet.

$$Y_{ijkmns} = \mu + \text{GESCHL}_i + \text{ALTER}_j + \text{GEBJAHR}_k + \text{LAG}_m + \text{BEUG}_n + e_{ijkmns} \quad (\text{Modell 2a})$$

mit  $\text{LAG}_m$  = fixer Effekt der m-ten Lagerung ( $m = 1-3$ ; orthograd, proniert, supiniert) und  $\text{BEUG}_n$  = fixer Effekt der n-ten Beugewinkelklasse ( $n = 1-4$ ; 0-19°, 20-28°, 29-39°, > 39°).

Die Untersuchung des Einflusses der Körperseite auf die Ellenbogengelenkbefunde erfolgte anschließend durch Auswertung der pro Gelenk, d.h. in linken und rechten Ellenbogengelenken, erhobenen Befunde (für die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) jeweils O1, O2, S, I, C, A, T und ges; für die Ellenbogengelenkwinkel OL, PA, UL und RA) unter zusätzlicher Berücksichtigung der Körperseite als fixer Effekt.

$$Y_{ijkmnos} = \mu + \text{GESCHL}_i + \text{ALTER}_j + \text{GEBJAHR}_k + \text{LAG}_m + \text{BEUG}_n + \text{KSEITE}_o + e_{ijkmnos} \quad (\text{Modell 2b})$$

mit  $\text{KSEITE}_o$  = fixer Effekt der o-ten Körperseite ( $o = 1-2$ ; links, rechts).

Die Untersuchung des Einflusses einer unterschiedlichen Beugung der linken und rechten Ellenbogengelenke während des Röntgens erfolgte durch Auswertung der pro Tier erhobenen Befunde (für die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) jeweils O1<sub>sum</sub>, O2<sub>sum</sub>, S<sub>sum</sub>, I<sub>sum</sub>, C<sub>sum</sub>, A<sub>sum</sub>, T<sub>sum</sub> und ges<sub>sum</sub>; für die Ellenbogengelenkwinkel OL<sub>mit</sub>, PA<sub>mit</sub>, UL<sub>mit</sub>, RA<sub>mit</sub>; für die Gesamtbeurteilungen ED<sub>all</sub>, ED<sub>red</sub> und FCP) unter Berücksichtigung von Lagerung, Beugewinkeln und Beugewinkeldifferenz.

$$Y_{ijkpqrs} = \mu + \text{GESCHL}_i + \text{ALTER}_j + \text{GEBJAHR}_k + \text{LAG}_{lr_p} + \text{BEUG}_{lr_q} + \text{DIFFBEUG}_r + e_{ijkpqrs} \quad (\text{Modell 2c})$$

mit  $\text{LAG}_{lr_p}$  = fixer Effekt der p-ten Lagerungskombination ( $p = 1-6$ ; beidseits orthograd, orthograd - proniert, orthograd - supiniert, beidseits proniert, proniert - supiniert, beidseits supiniert),  $\text{BEUG}_{lr_q}$  = fixer Effekt der q-ten mittleren Beugewinkelklasse ( $q = 1-4$ ; 0-19°, 20-28°, 29-39°, > 39°) und  $\text{DIFFBEUG}_r$  = fixer Effekt der r-ten Beugewinkeldifferenz-Klasse ( $r = 1-5$ ; 0-5°, 6-10°, 11-20°, 21-45°, > 45°).

### 3.7.2 Korrelationen

Die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen den verschiedenen pro Gelenk bzw. pro Tier erhobenen Befunden erfolgte nach Korrektur auf die systematischen Effekte auf der Grundlage der Hunde mit detaillierten Angaben zur Lagerung beim Röntgen. Dies erfolgte durch Bestimmung von Korrelationskoeffizienten nach Pearson zwischen den in den Modellen 2a und 2c ermittelten Residuen mittels der SAS-Prozedur CORR.

## 3.8 Heritabilität

Die genetischen Analysen wurden im Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung der Tierärztlichen Hochschule Hannover durchgeführt (JANUTTA et al., 2005, 2006; HEINE, 2009).

### Deutscher Schäferhund

Für die Berechnung der genetischen Analysen standen die Daten von 2.645 Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund zur Verfügung.

### Rottweiler

In einer Studie wurde die Heritabilität der Ellbogendysplasie bei 5.100 Rottweilern im Vergleich Gruppe A: alle auf ED untersuchten Tiere (n = 5100) und Gruppe B: nur Hunde mit der Beurteilung „Grenzfall“ (n = 501 Rottweiler) geschätzt.

Für die Berechnung der Heritabilitäten und additiv – genetischen Korrelationen der Winkelmessung nach MUES (2001) standen die Daten von 2.386 Rottweilern zur Verfügung. Die Hunde wurden in folgende Gruppen eingeordnet:

Gruppe A: alle auf ED untersuchten Hunde (n = 2.386)

Gruppe B: alle Hunde mit ED – Grad 0 und mit ED – Grad Grenzfall (n = 1.635)

Gruppe C: alle Hunde mit ED – Grad 0 (n = 1.230)

Hierbei wurde überprüft, ob sich die Heritabilitäten für die Ellbogengelenkwinkel in den Gruppen ähnlich darstellen und in wieweit anatomische Merkmale auf eine genetische Disposition für ED hinzeigen können.

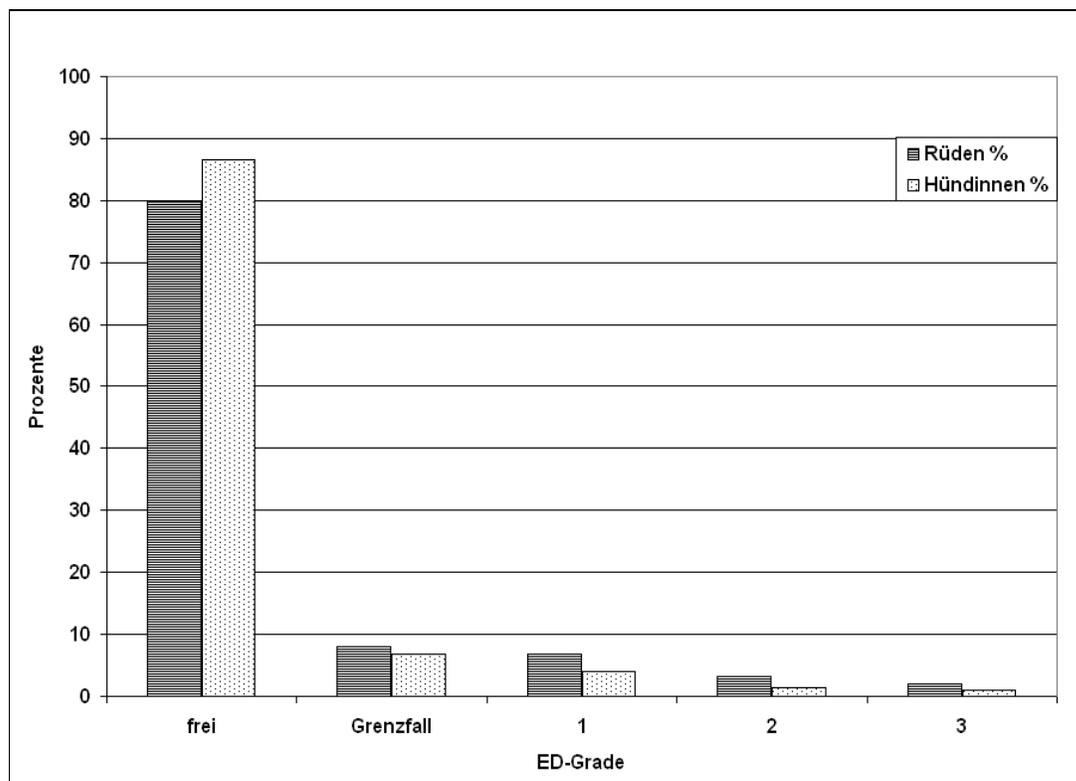
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deutscher Schäferhund

Es lagen von insgesamt 20.022 Schäferhunden ED und Pedigree Informationen vor. Das Mindest-Röntgenalter beträgt laut SV –Zuchtordnung 12 Monate, dies wurde von 19.798 DSH erfüllt.

Die ED Grade verteilten sich auf 16.517 Hunde mit ED 0 (83,43%), 1.336 Hunde erhielten die Bewertung „Grenzfall“ (6,75%), 1.150 Hunde ED 1 (5,81%), 501 Hunde ED 2 (2,53%), 294 Hunde ED 3 (1,48%).

Die prozentuale Verteilung, aufgeschlüsselt in Rüden und Hündinnen, ist in Abbildung 22 dargestellt.



**Abbildung 22** prozentuale Verteilung des ED – Gutachtens beim Deutschen Schäferhund, getrennt nach Geschlecht

ED = Ellbogengelenksdysplasie

#### 4.1.1 Deskriptive Statistik der ED – Primärerkrankungen

##### 4.1.1.1 Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae

Ein fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae oder der Verdacht auf diese Erkrankung wurde bei 891 (4,5%) Hunden festgestellt. Rüden waren hierbei mit 610 Tieren häufiger als Hündinnen (281 Tiere) betroffen.

##### 4.1.1.2 Isolierter Processus anconaeus

Von den insgesamt 19.798 Deutschen Schäferhunden wiesen insgesamt 119 (0,6%) Hunde einen isolierten Processus anconaeus auf. Bei der Geschlechtsverteilung waren 65 (0,33%) Rüden und 54 (0,27%) Hündinnen betroffen.

##### 4.1.1.3 Osteochondrosis dissecans

Bei 17 Hunden (0,09%) konnte der Verdacht auf eine OCD geäußert werden.

#### 4.1.2 Lagerung und Beugung

Die Lagerung des Ellbogengelenkes auf der Röntgenaufnahme wurde in  $n = 6$  Klassen eingeteilt. 3070 (50%) Hunde zeigten eine orthograde Lagerung. In 50% lag eine Lagerungsabweichung vor, hiervon zeigten 28% eine Pronations- und in 22% lag eine Supinationsstellung vor.

Die Beugung zwischen Humerus und Radius wurde in 4 Beugewinkelklassen eingeteilt. Die Verteilung ist in Tabelle 8 dargestellt.

**Tabelle 8** Verteilung Beugewinkel des Ellbogengelenkes zwischen Humerus und Radius

Beugungswinkelklasse		Anzahl geröntgter Hunde	% der geröntgten Hunde
1	< 19°	1001	16,44
2	20 – 28°	1269	20,84
3	29° – 39°	1678	27,56
4	> 39°	2140	35,15

#### 4.1.3 Deskriptive Statistik der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und Tellhelm (2002)

Neben der offiziellen ED Begutachtung wurden die Ellbogengelenke in dieser Studie zusätzlich mit zwei Punktesystemen beurteilt. Bei dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) wurden maximal 3 Punkte pro Bewertungskriterien vergeben, bei der Modifikation nach TELLHELM (2002) maximal 5 Punkte pro Bewertungskriterium (siehe Kap.3.2.1).

Tabelle 9 zeigt die Verteilung der beiden Systeme, nach Mittelwert und seiner Standardabweichung, sowie Minimal und Maximalpunktzahl.

**Tabelle 9** Verteilung der Gesamtpunktzahl nach LANG et al. (1998) und nach Tellhelm (2002), Mittelwert mit seiner Standardabweichung (SD), Minimal- und Maximalpunktzahl

Merkmal	Mittelwert $\pm$ SD	Minimum	Maximum
Punkteschema LANG et al.(1998)	0,37 $\pm$ 1,20	0	17
Punkteschema TELLHELM (2002)	0,79 $\pm$ 2,07	0	24

#### 4.1.4 Systematische Einflüsse auf den offiziellen ED – Befund und die Punkteschemata für ED

Eine genaue Aufschlüsselung über die Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) gibt Tabelle 10.

**Tabelle 10** Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim DSH

Merkmal	Einflussfaktoren						
	Geschlecht	Alter	Geburts-jahr	Lagerung	Beuge-winkel	Beuge-winkel differenz	ED-Grad
ED - Befund	***	***	***	**	*	n.s.	----
Punkteschema nach LANG	***	***	***	**	n.s.	n.s.	***
Punkteschema nachTELLHELM	***	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	***

n.s.: nicht signifikant  $p > 0,05$  \*  $p \leq 0,05$  \*\*  $p \leq 0,005$  \*\*\*  $p \leq 0,001$

ED = Ellbogendysplasie

#### 4.1.4.1 ED – Grad

Der Einfluss des ED-Befundes war für beide Punkteschemata hochsignifikant. Bei Betrachtung der Residualkorrelationen zeigte sich mit  $r = 0,834$  für das Punkteschema nach LANG et al. (1998) und  $r = 0,835$  für das Punkteschema nach TELLHELM (2002) eine hohe Korrelation zu dem ED Grad.

#### 4.1.4.2 Geschlecht

Der Einfluss des Geschlechts erwies sich sowohl für den offiziellen ED – Befund als auch die beiden Punkteschemata hochsignifikant (Tab.10).

Die Least – Square – Means lagen bei allen drei Merkmalen für die Rüden deutlich höher als für die Hündinnen (Tab.11).

**Tabelle 11** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss des Geschlechts auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998), TELLHELM (2002) und den ED – Befund beim DSH (n = 19.798)

Geschlecht	LSM ± SD		
	Punkteschema LANG et al. (1998)	Punkteschema TELLHELM (2002)	ED - Befund
männlich	0,458 ± 0,06	1,021 ± 0,10	0,426 ± 0,04
weiblich	0,272 ± 0,06	0,685 ± 0,10	0,296 ± 0,04

ED = Ellbogendysplasie      DSH = Deutscher Schäferhund

#### 4.1.4.3 Alter und Geburtsjahr

Das Alter hatte nur auf das Punkteschema nach LANG et al. (1998) einen hochsignifikanten Effekt, während das Alter auf das Punkteschema nach TELLHELM (2002) unter der Signifikanzgrenze blieb. Für den Effekt Geburtsjahr konnte immer eine Signifikanz nachgewiesen werden.

#### 4.1.4.4 Lagerung und Beugungsgrad

Der Einfluss der Lagerung des Ellenbogens während der Röntgenaufnahme ist für das Punkteschema nach LANG et al. (1998) nur geringgradig, während die Lagerung für das Punkteschema nach TELLHELM (2002) einen hochsignifikanten Einfluss zeigt. Bei Betrachtung der Least – Square – Mittelwerte (Tab. 12) wird ersichtlich, dass sich durch Pronation die Gesamtpunktzahl erhöht, bei Supination verringert.

Der Effekt des Beugewinkels und der Effekt der Beugewinkeldifferenz blieben deutlich unter der Signifikanzgrenze.

**Tabelle 12** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002)

Lagerung	LSM ± SD	
	Punkteschema LANG et al. (1998)	Punkteschema TELLHELM (2002)
Orthograd	0,430 ± 0,03	0,942 ± 0,04
Supination	0,481 ± 0,03	1,096 ± 0,05
Pronation	0,349 ± 0,03	0,779 ± 0,05

#### 4.1.5 Einfluss verschiedener Projektionen

Bei Betrachtung der Least – Square – Means war erkennbar, dass der erhobene ED Grad mit der Anzahl der vorhandenen Projektionen stieg. Die Differenzierung nach dem Vorliegen einer Primärerkrankung zeigte keinen Einfluss auf den Arthrosegrad, d.h. ED ohne Grunderkrankung, war jedoch von Bedeutung für die Erkennung der Grunderkrankung FCP (Tab.13). Von der erweiterten Projektion, zwei mediolaterale Röntgenaufnahmen in gebeugter und gestreckter Position plus die kraniokaudale Aufnahme, wurden von den 325 Hunden 184 (56,6 %) in der Klinik für Kleintiere, Chirurgie der Justus Liebig Universität Giessen geröntgt.

**Tabelle 13** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Anzahl der Projektionen des Ellbogengelenkes auf den offiziellen ED – Befund, ED – ohne Grunderkrankung und FCP (n = 7.729) signifikante Ergebnisse fettgedruckt

Projektionen	Mittelwert ± SD		
	ED	ED oG	FCP
Mediolateral gebeugt (ML) (n = 6.942)	0,331 ± 0,01	0,163 ± 0,007	0,052 ± 0,004
2x ML (gestreckt / gebeugt) (n = 462)	0,413 ± 0,04	0,188 ± 0,021	0,057 ± 0,011
2x ML + kraniokaudal (crkd) (n = 325)	<b>0,625 ± 0,05</b>	0,137 ± 0,025	<b>0,142 ± 0,013</b>

ED oG = ED ohne Grunderkrankung FCP = fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae

#### 4.1.6 Deskriptive Statistik Winkelmessung nach MUES (2001)

Die Winkelmessung erfolgte bei 6.088 stichprobenartig ausgewählten Schäferhunden.

##### 4.1.6.1 Winkel OL

Der Winkel OL beschreibt die Neigung des Olekranons im Verhältnis zur Längsachse des Radius. Er betrug im Mittel  $22,83^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $4,57^\circ$ . Die Spannweite reichte von  $2,5^\circ$  bis  $68,5^\circ$ .

##### 4.1.6.2 Winkel PA

Der Winkel PA kennzeichnet die nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus. Die Spannweite reichte von  $16,5^\circ$  bis  $48,5^\circ$  und lag im Mittel bei  $33,79^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $3,27^\circ$ .

##### 4.1.6.3 Winkel RA

Der Winkel RA beschreibt den Gelenkabschnitt des Radius, er reichte  $40^\circ$  bis  $106^\circ$  und betrug im Mittel  $84,39^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $4,40^\circ$ .

##### 4.1.6.4 Winkel UL

Der Winkel UL beschreibt den Gelenkabschnitt der Inc. trochlearis. Der Mittelwert betrug  $114,41^\circ$ , bei einer Standardabweichung von  $5,93^\circ$  und einer Spannweite von minimal zu maximal von  $60^\circ$  bis  $153,5^\circ$ .

##### 4.1.6.5 Beugewinkel

Der Beugewinkel zeigte im Mittel  $36,64^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $20,13^\circ$ . Er zeigte von minimal  $-2,5^\circ$  bis maximal  $131^\circ$  die größte Spannweite.

Die Mittelwerte der Einzelwinkel, eingeteilt nach ED – Grad, finden sich in Tabelle 14. Es zeigte sich, dass die OL, PA und RA Winkel mit steigendem ED- Grad größer werden, der Winkel UL hingegen kleiner.

**Tabelle 14** Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der Winkelmessung nach MUES (2001), eingeteilt nach ED - Grad beim Deutschen Schäferhund

Winkel	ED-Grad 0	ED-Grad 1	ED-Grad 2	ED-Grad 3	ED-Grad 4
OL	22,67 ± 4,49	23,86 ± 4,32	24,14 ± 4,60	23,12 ± 4,81	19,09 ± 5,18
PA	33,54 ± 3,01	34,96 ± 3,13	35,14 ± 3,29	35,96 ± 3,95	34,36 ± 6,25
RA	84,24 ± 4,21	84,93 ± 4,67	84,61 ± 4,52	85,98 ± 5,21	88,51 ± 6,98
UL	114,69 ± 5,79	112,61 ± 6,50	112,74 ± 5,63	112,80 ± 7,40	117,96 ± 7,31

ED : Ellbogendysplasie; OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;  
 PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus; UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna  
 am Gelenk; RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.1.7 Systematische Einflüsse auf die Winkelmessung nach MUES (2001)

Eine genaue Aufschlüsselung über die Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Winkelmessung nach MUES (2001) gibt Tabelle 15.

**Tabelle 15** Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim DSH (n = 19.798)

Winkel	Einflussfaktoren						
	Geschlecht	Alter	Geburts- jahr	Lagerung	Beuge- winkel	ED	Beuge winkel- differenz
OL	***	***	***	***	***	***	n.s.
PA	***	***	***	***	***	***	n.s.
UL	***	***	***	***	***	***	n.s.
RA	*	***	***	***	***	***	n.s.

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

n.s.: nicht signifikant  $p > 0,05$     \*  $p: \leq 0,05$     \*\*  $p: \leq 0,005$     \*\*\*  $p: \leq 0,001$

ED: Ellbogendysplasie

#### 4.1.7.1 ED – Grad

Bei steigendem ED – Grad vergrößern sich die Winkel OL, RA und PA, während der Winkel UL negativ mit dem ED – Grad korreliert ist. Der Einfluss des ED – Grades ist für alle 4 Einzelwinkel hochsignifikant (Tab.15).

#### 4.1.7.2 Geschlecht

Wie aus der Tabelle 15 ersichtlich war das Geschlecht des Hundes für den Winkel RA ggr. signifikant, auf die Winkel OL, PA und UL hochsignifikant.

Bei Betrachtung der Least – Square – Means (LSM) wurde deutlich, dass Hündinnen größere Olekranonwinkel (OL) und Proc. anconaeus-Winkel (PA) sowie kleinere Ulnawinkel (UL) und Radiuswinkel (RA) aufwiesen als Rüden (Tab. 16).

**Tabelle 16** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss des Geschlechts auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Deutschen Schäferhund (n = 19.798)

Winkel Geschlecht	LSM ± SD			
	OL	PA	UL	RA
männlich	22,74 ± 0,10	34,48 ± 0,07	113,73 ± 0,13	85,26 ± 0,10
weiblich	23,66 ± 0,10	34,71 ± 0,08	113,04 ± 0,13	85,07 ± 0,10

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.1.7.3 Alter und Geburtsjahr

Das Alter zum Zeitpunkt der Röntgenuntersuchung ist ebenso wie das Geburtsjahr für alle 4 Winkel hochsignifikant.

#### 4.1.7.4 Lagerung und Beugungsgrad

Die Lagerung zeigte einen deutlichen Einfluss auf die Winkelausprägung, bei Pronation des Gelenkes wurden die Mittelwerte der Winkel PA und RA kleiner und durch Supination größer, der Winkel UL wurde bei Supination deutlich kleiner. Beim Merkmal Winkel OL waren die Mittelwerte des Winkels sowohl bei Pronation als auch bei Supination größer (Tab. 17). Der Einfluss der Lagerung war hochsignifikant.

**Tabelle 17** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Deutschen Schäferhund (n = 19.798)

Lagerung \ Winkel	LSM ± SD			
	OL	PA	UL	RA
Orthograd	22,82 ± 0,10	34,76 ± 0,07	114,02 ± 0,13	85,10 ± 0,10
Supination	23,21 ± 0,12	35,29 ± 0,09	111,18 ± 0,16	86,68 ± 0,13
Pronation	23,58 ± 0,11	33,73 ± 0,09	114,97 ± 0,15	83,70 ± 0,12

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk;

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

Der Einflussfaktor Beugewinkel zeigte, außer für den Winkel OL, einen signifikanten Einfluss. Bei Betrachtung der Least – Square – Means (LSM) war eine Beeinflussung des Winkel UL erkennbar, bei hochgradiger Beugung (0° – 19°) betrug der Least – Square – Mittelwert = 112,42 ± 0,17 und bei einem Beugewinkel > 39° wurde der Winkel größer mit einen LSM = 114,09 ± 0,14. Der Winkel PA verhielt sich tendenziell umgekehrt, er wurde bei starker Beugung (0° – 19°) geringgradig größer, der Least – Square – Mittelwert (LSM) betrug 34,78 ± 0,09, bei einem Beugungswinkel > 39° betrug der LSM = 34,34 ± 0,08. Die übrigen Winkel ließen keine eindeutige Tendenz einer Veränderung erkennen.

Der Effekt der Beugewinkel-Differenz blieb deutlich unterhalb der Signifikanzgrenze. Die Ergebnisse zeigten, dass bei starker Beugung, d.h. Beugewinkel kleiner 19°, auch vermehrt eine Lagerungsänderung in Supinationshaltung vorkam (Tab.18).

**Tabelle 18** Verhältnis Beugung zu Lagerung beim DSH (n = 6.088) als absolute Zahl (abs.) und in Prozent (%)

Lagerung	Körperseite	Beugewinkel							
		0 – 19°		20 – 28°		29 – 39°		> 39 °	
		absolut	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
Orthograd	Rechts	467	15	591	19	797	26	1254	40
	Links	454	15	570	19	784	26	1226	40
Supination	Rechts	457	35	314	24	294	22	255	19
	Links	456	34	301	23	287	22	280	21
Pronation	Rechts	266	16	305	18	411	25	680	41
	links	300	17	299	17	429	25	702	41

#### 4.1.8 Korrelation der Winkel untereinander

Um zu überprüfen, ob sich die Winkel gegenseitig beeinflussen oder von einander abhängig sind, wurde die Korrelation zwischen ihnen bestimmt.

Wie aus Tabelle 19 ersichtlich ist, bestand zwischen den Winkeln OL und UL mit  $r = -0,729$  eine hohe negative Korrelation, d.h. wenn der Winkel OL größer wird, wird der Winkel UL kleiner und umgekehrt. Die restlichen Winkel waren gering, jedoch signifikant zueinander korreliert.

**Tabelle 19** Residualkorrelationen für die Mittelwerte (mit) der Ellenbogengelenk - winkel nach MUES (2001) aus rechten und linken Ellenbogengelenken beim Deutschen Schäferhund. Angegeben sind die Pearson-Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) und signifikante Korrelationen (\*) ( $p < 0,05$ )

Winkel	OL <sub>mit</sub>	PA <sub>mit</sub>	UL <sub>mit</sub>	RA <sub>mit</sub>
OL <sub>mit</sub>	1,000	0,183 *	-0,729 *	-0,068 *
PA <sub>mit</sub>		1,000	-0,135 *	0,123 *
UL <sub>mit</sub>			1,000	-0,276 *
RA <sub>mit</sub>				1,000

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk;

\* Signifikanz  $p < 0,05$

#### 4.1.9 Korrelation innerhalb des Gliedmaßenpaares

Bei der Überprüfung der Korrelation der Winkel von rechtem und linkem Ellbogengelenk desselben Hundes zeigte sich ein hochsignifikanter Wert, die größte Übereinstimmung bestand beim Winkel OL mit  $r = 0,762$  und die geringste Übereinstimmung zwischen rechter und linker Vordergliedmaße ergab der Winkel RA mit  $r = 0,474$  (Tab. 20).

**Tabelle 20** Residualkorrelationen für die in rechten und linken Ellenbogengelenken ermittelten Ellenbogengelenkwinkeln. Angegeben sind die Pearson Korrelationskoeffizienten (r) und die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten (p) zwischen den für die entsprechenden Befunde ermittelten Residuen

Winkel	Korrelationskoeffizient r	p
OL	0,762	< 0,001
PA	0,543	< 0,001
UL	0,568	< 0,001
RA	0,474	< 0,001

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk;

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

#### 4.1.10 Vergleich Untersuchungsalter 12 Monate und 15 Monate

Untersuchungen zur Auswirkung des unterschiedlichen Untersuchungsalter beim Deutschen Schäferhund im Vergleich zum Rottweiler. Hunde der Rasse Deutscher Schäferhund dürfen mit frühestens 12 Monaten zur offiziellen ED – Begutachtung geröntgt werden, für Rottweiler beträgt das Mindestalter 15 Monate.

Bei Vergleich der Mittelwerte besteht sowohl in der Gruppe der ED – freien, als auch in der Gruppe der ED – betroffenen Tiere, eine sehr gute Übereinstimmung der Befunde (Tab. 21).

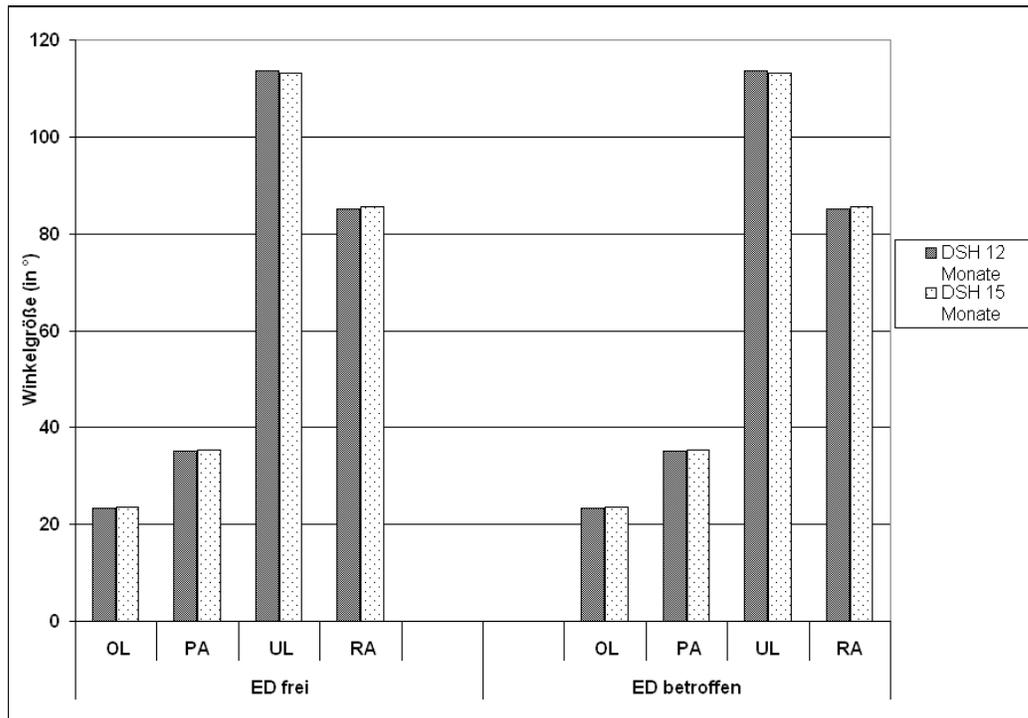
**Tabelle 21** Mittelwerte und Standardabweichung (SD) der Gesamtpunktzahlen der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim DSH im Alter von 12 Monaten und 15 Monaten in den Gruppen ED – frei und ED – betroffen

Parameter	Mittelwert ± SD	
	DSH 12 Monate	DSH 15 Monate
<b>ED frei</b>		
Gesamtpunktzahl nach LANG et al. (1998)	0,02 ± 0,21	0,01 ± 0,11
Gesamtpunktzahl nach TELLHELM (2002)	0,18 ± 0,42	0,17 ± 0,40
<b>ED – betroffene Tiere</b>		
Gesamtpunktzahl nach LANG et al. (1998)	3,07 ± 2,46	3,10 ± 2,62
Gesamtpunktzahl nach TELLHELM (2002)	5,65 ± 3,86	5,65 ± 4,10

DSH = Deutscher Schäferhund

ED = Ellbogendysplasie

Eine Übersicht über die Mittelwerte der Winkelmessergebnisse der Gruppe ED – frei und ED – betroffen gibt Abbildung 23.



**Abbildung 23** Mittelwerte der Einzelwinkel nach MUES (2001) beim DSH im Alter von 12 und 15 Monate in den Gruppen ED – frei und ED – betroffen.

DSH: Deutscher Schäferhund ED: Ellbogengelenksdysplasie

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.1.11 Heritabilität der Punkteschemata nach LANG et al. (1998), TELLHELM (2002) und der Winkelmessung nach MUES (2001)

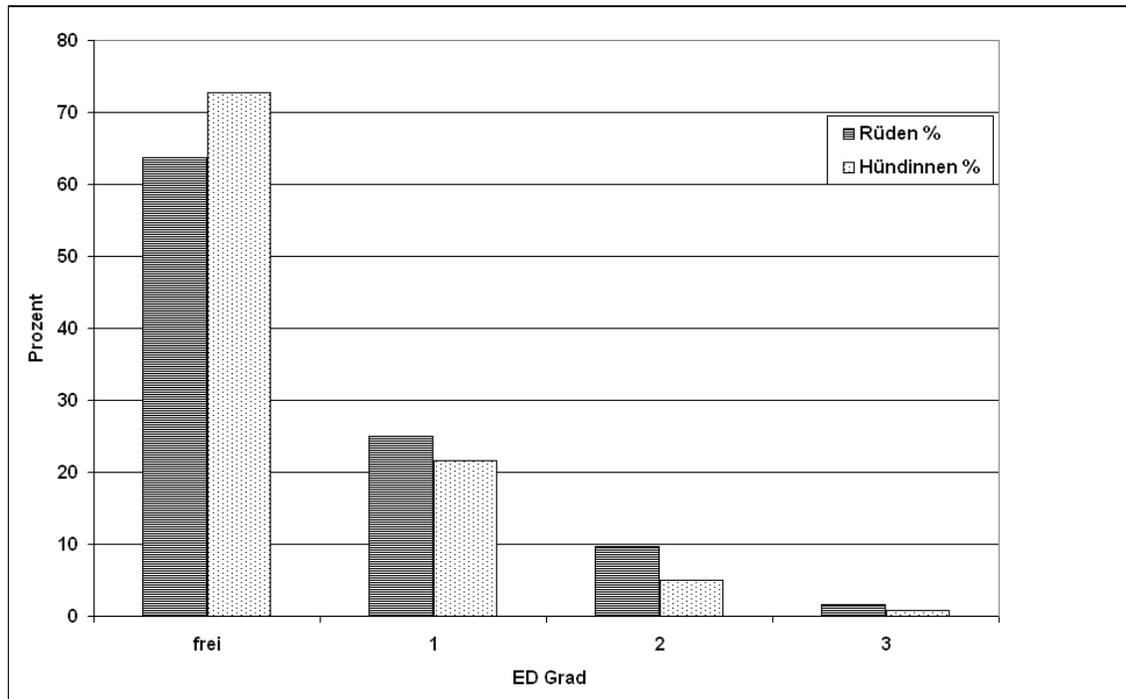
Aus dem vorliegenden Datenmaterial ergab sich für das Punkteschema nach LANG et al. (1998) eine Heritabilität von  $h^2 = 0,11 \pm 0,03$  und für das Punkteschema nach TELLHELM (2002) eine Heritabilität von  $h^2 = 0,16 \pm 0,03$ .

Die additiv – genetische Korrelation zwischen dem offiziellen ED- Befund und dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) war mit  $r_g = 0,961$  stark positiv korreliert. Einen gleich hohen Wert ( $r_g = 0,960$ ) zeigt die genetische Korrelation zwischen ED – Befund und dem Punkteschema nach TELLHELM (2002).

Die Winkelmessung ergab für den offiziellen ED- Befund eine Heritabilität von  $h^2 = 0,18 \pm 0,03$ , für die Winkel Schätzwerte von  $h^2 = 0,39$  für den Winkel RA bis  $h^2 = 0,76$  für den Winkel OL. Die höchste additiv – genetische Korrelation zum ED – Befund zeigt der Winkel PA mit  $r_g = 0,309$ .

## 4.2 Rottweiler

Es lagen von insgesamt 2.440 Rottweilern die Röntgenbilder der Ellbogengelenke vor. Das Alter der Tiere betrug 13 bis 72 Monate, nach ADRK Zuchtordnung beträgt das Mindestalter für ED –Röntgenaufnahmen 15 Monate, daher wurden 2430 Hunde ausgewertet. Die Röntgenbilder waren bereits gutachterlich in Hinblick auf Ellbogengelenksdysplasie hin bewertet und in ED-Grade eingeteilt. 1246 (51,28%) Hunde waren mit ED – frei, 414 (17,04%) Hunde mit Grenzfall, 565 (23,25%) Hunde ED – Grad 1 175 (7,20%) Tiere ED – Grad 2 und 30 (1,23%) Hunde mit ED – Grad 3 beurteilt worden, die prozentuale Verteilung aufgeteilt nach Rüden und Hündinnen ist in Abbildung 24 dargestellt.



**Abbildung 24** Rottweiler (n = 2430), prozentuale Verteilung der Ergebnisse des ED-Gutachtens, getrennt nach Geschlecht  
ED = Ellbogengelenksdysplasie

#### 4.2.1 Deskriptive Statistik der ED – Primärerkrankungen

##### 4.2.1.1 Fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae

Ein fragmentierter Processus coronoideus medialis ulnae oder der Verdacht auf diese Erkrankung wurde bei 55 Hunden (2,3%) festgestellt. Rüden waren hierbei mit 35 Tieren häufiger als Hündinnen (20 Hunde) betroffen

##### 4.2.1.2 Isolierter Processus anconaeus

Bei 1 Hund (0,04%) war ein isolierter Processus anconaeus nachweisbar.

##### 4.2.1.3 Osteochondrosis dissecans

Von den insgesamt 2430 Hunden wurde bei keinem Hund eine OCD festgestellt.

#### 4.2.2 Lagerung

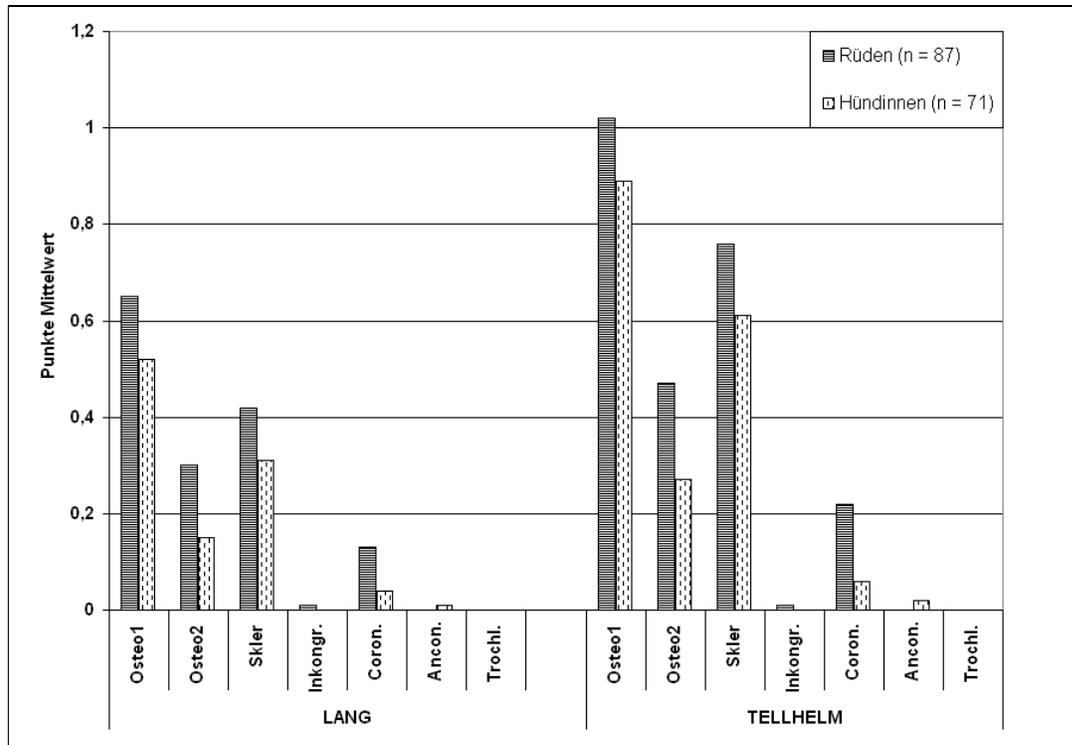
Die Lagerung des Ellbogengelenkes auf der Röntgenaufnahme wurde in n = 6 Klassen eingeteilt. 1021 (42%) Hunde zeigten eine orthograde Lagerung. In 58% lag eine Lagerungsabweichung vor, hiervon zeigten 47% eine Supinations- und in 11% lag eine Pronationsstellung vor.

#### 4.2.3 Deskriptive Statistik der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002)

Die Beurteilung nach dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) und Tellhelm (2002) wurde stichprobenartig an 158 Hunden durchgeführt.

Am häufigsten fanden sich Osteophyten am Processus anconaeus, die Sklerosierung der Inc. trochlearis, Osteophytenbildung an anderen Lokalisationen des Ellbogengelenkes, sowie Veränderungen den Proc. coronoideus medialis ulnae betreffend.

Eine Übersicht über die Verteilung der Punktemittelwerte gibt Abbildung 25.



**Abbildung 25** Verteilung der Punkte-Mittelwerte der Einzelkriterien der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim Rottweiler (n =158), aufgeteilt nach Geschlecht

Osteo1 = Osteophyten an Position 1, d.h. dorsal am Processus anconaeus;  
 Osteo2 = Osteophyten an Position 2, d.h. am Radius, Epikondylus; Skler = Sklerosierung;  
 Inkongr = Inkongruenz; Ancon. = Processus anconaeus; Trochl. = Trochlea humeri

#### 4.2.4 Systematische Einflüsse auf den ED – Befund und die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002)

Eine Aufschlüsselung über die Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) gibt Tabelle 22.

**Tabelle 22** Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) beim Rottweiler

Merkmal	Einflussfaktoren					
	Geschlecht	Alter	Geburts-jahr	Lagerung	Beuge-winkel	Beuge-winkel-differenz
ED- Befund	♦♦♦	♦	♦♦♦	♦♦♦	♦♦♦	n.s.
Punkteschema nach LANG et al (1998)	n.s.	♦	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Punkteschema nach TELLHELM (2002)	n.s.	♦	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

n.s.: nicht signifikant  $p > 0,05$    ♦  $p: \leq 0,05$    ♦♦  $p: \leq 0,005$    ♦♦♦  $p: \leq 0,001$   
 ED = Ellbogendysplasie

#### 4.2.4.1 Geschlecht

Der Einfluss des Geschlechts zeigte bei dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) und dem Schema nach TELLHELM (2002) keine Signifikanz, während der Einfluss auf den offiziellen ED – Befund hochsignifikant war.

Die Least – Square – Mittelwerte lagen bei allen 3 Merkmalen für Rüden höher als bei den Hündinnen.

#### 4.2.4.2 Alter und Geburtsjahr

Das Alter bei der Röntgenaufnahme war für die Gesamtsumme der Punkte sowohl beim Schema nach LANG et al. (1998) als auch TELLHELM (2002) signifikant. Ebenso konnte auch ein signifikanter Einfluss auf den ED – Befund nachgewiesen werden. Tiere, welche älter als 24 Monate waren, zeigten höhere Mittelwerte sowohl beim ED – Befund, als auch bei den Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002).

#### 4.2.4.3 Lagerung und Beugungsgrad

Der Einfluss der Lagerung und Beugung während der Röntgenaufnahme blieb für die Punkteschemata deutlich unter der Signifikanzgrenze. Auf den ED – Befund erwies sich der Einfluss als hochsignifikant.

#### 4.2.5 Korrelation der Punkte untereinander

Insgesamt zeigen die Einzelkriterien eine signifikante Korrelation, insbesondere für die Kriterien 1 – 5: Osteophytenbildung am Proc. anconaeus (O1), Osteophyten an anderer Lokalisation (O2), Sklerosierung der Inc. trochlearis (S) und die Form des Proc. coronoideus medialis ulnae (C).

#### 4.2.6 Deskriptive Statistik der Winkelmessung nach MUES (2001)

##### 4.2.6.1 Winkel OL

Der Winkel OL ist Ausdruck für die Stellung des Olekranons zur Längsachse des Radius. Er betrug im Mittel  $23,40^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $4,29^\circ$  mit einer Spannweite von minimal zu maximal von  $9,5^\circ$  bis  $37,5^\circ$ .

#### 4.2.6.2 Winkel PA

Der Winkel PA kennzeichnet die nach kranial ausgerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus. Er betrug im Mittel  $30,24^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $4,09^\circ$ . Die Spannweite reichte von  $16^\circ$  bis  $53^\circ$ .

#### 4.2.6.3 Winkel RA

Der Winkel RA beschreibt den Gelenkabschnitt des Radius, er reicht von  $65,5^\circ$  bis  $103^\circ$  und betrug im Mittel  $81,95^\circ$  mit einer Standardabweichung von  $4,98^\circ$ .

#### 4.2.6.4 Winkel UL

Der Winkel UL beschreibt den Gelenkabschnitt der Inc. trochlearis. Der Mittelwert betrug  $117,67^\circ$ , bei einer Standardabweichung von  $5,56^\circ$ , mit einer Spannweite von  $95^\circ$  bis  $135,5^\circ$ .

#### 4.2.6.5 Beugewinkel

Der Beugewinkel betrug  $28,33^\circ$ , die Standardabweichung  $14,46^\circ$ . Er zeigte die größte Spannweite von  $0,5^\circ$  bis  $129,5^\circ$ .

#### 4.2.7 Systematische Einflüsse auf die Winkelmessung nach MUES (2001)

Eine Übersicht über die Signifikanzen der untersuchten Einflussfaktoren auf die Winkelmessung nach MUES (2001) gibt Tabelle 23.

**Tabelle 23** Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) bei Rotweilern (n = 2.430) der Einflussfaktoren auf die Einzelwinkel nach MUES (2001)

Winkel	Einflussfaktoren				
	Geschlecht	Alter	Geburtsjahr	Lagerung	Beugewinkel
OL	***	*	***	*	n.s.
PA	*	n.s.	***	***	n.s.
UL	***	*	***	***	**
RA	n.s.	*	***	***	***

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk;

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

n.s.: nicht signifikant  $p > 0,05$     \*  $p \leq 0,05$     \*\*  $p \leq 0,005$     \*\*\*  $p \leq 0,001$

#### 4.2.7.1 ED – Grad

Die Mittelwerte der Einzelwinkel, eingeteilt nach ED – Grad, finden sich in Tabelle 24. Es zeigte sich, dass die OL-, PA- und RA – Winkel mit steigendem ED- Grad größer wurden, der Winkel UL hingegen kleiner.

**Tabelle 24** Mittelwerte und Standardabweichung (SD) für die Winkelmessung nach MUES (2001), eingeteilt nach ED - Grad beim Rottweiler (n = 2.430)

Winkel	Mittelwert ± SD				
	ED-Grad 0	ED-Grad 1	ED-Grad 2	ED-Grad 3	ED-Grad 4
OL	22,46 ± 4,19	23,65 ± 4,33	24,38 ± 3,84	25,83 ± 4,23	26,47 ± 4,37
PA	29,43 ± 3,90	30,21 ± 4,02	31,40 ± 4,03	32,05 ± 4,23	31,90 ± 4,45
RA	81,54 ± 4,82	82,06 ± 5,14	82,31 ± 4,94	82,76 ± 5,57	86,03 ± 3,91
UL	118,68 ± 5,42	117,20 ± 5,68	116,61 ± 5,34	115,63 ± 5,49	113,90 ± 4,56

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

ED: Ellbogengelenksdysplasie

#### 4.2.7.2 Geschlecht

Bei Betrachtung der Least – Square – Mittelwerte zeigte sich, dass Hündinnen größere Olekranonwinkel (OL), Proc. anconaeus Winkel (PA) und Radiuswinkel (RA) und einen kleineren Ulnawinkel (UL) als Rüden aufwiesen (Tab. 25).

Das Geschlecht des Hundes war für die Winkel OL und UL hochsignifikant, während der Winkel PA mit  $p = 0,04$  an der Signifikanzgrenze war, blieb der Einfluss auf den Winkel RA mit  $p = 0,729$  deutlich unterhalb der Signifikanzgrenze.

**Tabelle 25** Least - Square - Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD) der Einzelwinkel beim Rottweiler aufgeteilt nach Geschlecht (n = 2.430)

Winkel Geschlecht	LSM ± SD			
	OL	PA	UL	RA
Männlich	23,41 ± 0,13	29,87 ± 0,13	118,23 ± 0,17	81,76 ± 0,16
Weiblich	24,03 ± 0,13	30,14 ± 0,13	117,56 ± 0,17	81,82 ± 0,16

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.2.7.3 Alter und Geburtsjahr

Der Einfluss des Geburtsjahres war bei allen Winkeln hochsignifikant, das Alter zeigte zum Zeitpunkt der Röntgenuntersuchung einen geringen Einfluss auf die Winkel OL ( $p = 0,017$ ), UL ( $p = 0,09$ ) und RA ( $p = 0,012$ ), der Einfluss auf den Winkel PA blieb mit  $p = 0,880$  unterhalb der Signifikanzgrenze.

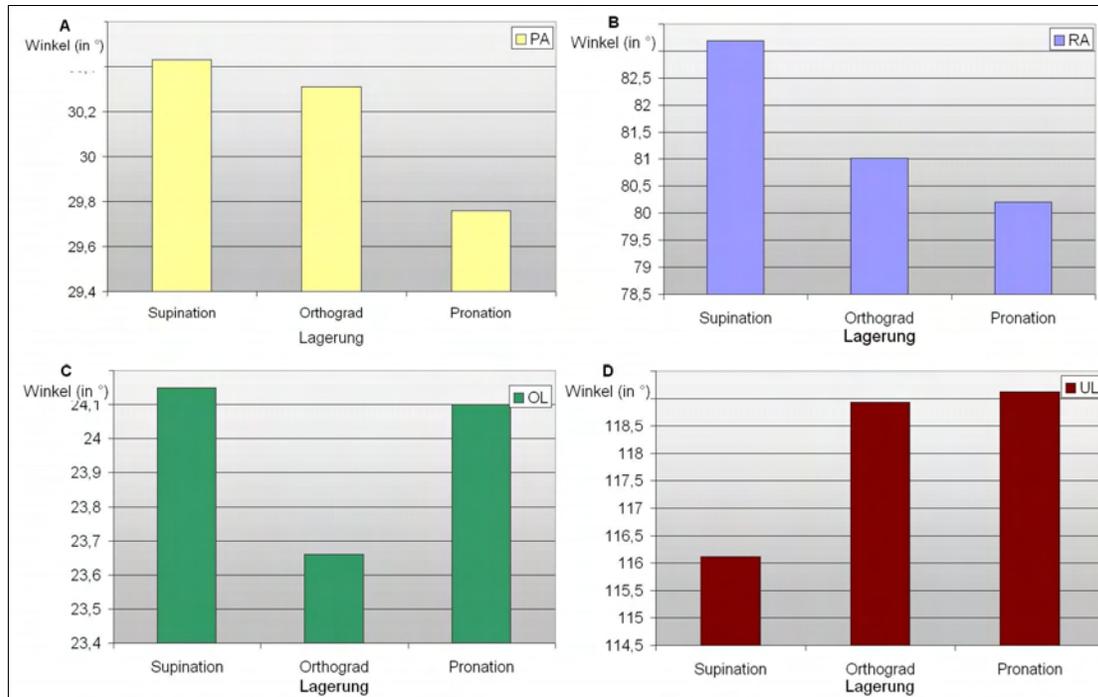
#### 4.2.7.4 Lagerung

Bei Betrachtung der Least-Square-Mittelwerte (LSM) wurde deutlich, dass die Lagerung einen deutlichen Einfluss auf die Ausprägung der Winkelgröße hatte. Durch Pronation wurden die Winkel PA und RA kleiner und durch Supination größer (Abb.26 A, B). Im Gegensatz hierzu wurde der Winkel UL bei Pronation deutlich größer (Abb.26 D).

Die Lagerung beeinflusste, bis auf den Winkel OL, die Winkel signifikant (Tab.23).

Der Beugewinkel war für die Winkel RA und UL signifikant, während der Einfluss auf die Winkel OL und PA deutlich unter der Signifikanzgrenze blieb. Der Effekt der Beugewinkel – Differenz blieb ebenfalls unterhalb der Signifikanzgrenze.

Der Beugungswinkel des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme zeigte bei geringerer Beugung, d.h. Winkel  $> 39^\circ$ , größere Winkelwerte für die Winkel OL, UL und RA.



**Abbildung 26** Einfluss der Lagerung des Ellbogengelenkes auf die 4 Einzelwinkel bei der Winkelmessung nach MUES (2001) beim Rottweiler (n = 2.430)

- A:** Winkel PA: nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus
- B:** Winkel RA: Beteiligung des Radius am Gelenk
- C:** Winkel OL: Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;
- D:** Winkel UL: Ausdehnung der Ulna am Gelenk

**Tabelle 26** Least Square Means (LSM) mit ihren Standardfehlern (SD), Einfluss der Lagerung auf die Winkelmessung nach MUES (2001) beim Rottweiler (n = 2.430)

Winkel \ Lagerung	LSM ± SD			
	OL	PA	UL	RA
Orthograd	23,30 ± 0,20	30,43 ± 0,17	118,93 ± 0,26	81,021 ± 0,23
Supination	23,66 ± 0,18	30,31 ± 0,19	116,21 ± 0,23	83,19 ± 0,21
Pronation	24,10 ± 0,37	29,76 ± 0,35	119,18 ± 0,47	80,21 ± 0,43

- OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius;
- PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus
- UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;
- RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.2.8 Korrelation zwischen den Einzelwinkeln

Zur Überprüfung, ob sich die Parameter beeinflussen bzw. von einander abhängig sind, wurde die Korrelation zwischen ihnen bestimmt (Korrelationskoeffizient nach PEARSON). Die Parameter sind in Tabelle 27 aufgeführt.

Die Winkel UL und OL zeigten mit  $r = -0,731$  eine hohe negative Korrelation. Dies bedeutet, dass mit steigendem UL Winkel der Winkel OL kleiner wird und umgekehrt. Eine geringere negative Korrelation bestand zwischen den Winkeln UL und RA ( $r = -0,423$ ). Die restlichen Winkel waren gering, jedoch signifikant, zueinander korreliert.

**Tabelle 27** Residualkorrelationen nach PEARSON für die Mittelwerte (mit) der Ellenbogengelenkwinkel nach MUES (2001) aus rechten und linken Ellenbogengelenken mit Angabe der Signifikanz (\*)  $P < 0,05$

	OL <sub>mit</sub>	PA <sub>mit</sub>	UL <sub>mit</sub>	RA <sub>mit</sub>
OL <sub>mit</sub>	1,000	0,194 *	-0,731 *	0,039
PA <sub>mit</sub>		1,000	-0,142 *	0,143 *
UL <sub>mit</sub>			1,000	-0,423 *
RA <sub>mit</sub>				1,000

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk;

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk;

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

\* Signifikanz ( $p < 0,05$ )

#### 4.2.9 Korrelation der Winkel zwischen dem Gliedmaßenpaar

Im Seitenvergleich zwischen rechter und linker Vordergliedmaße desselben Hundes sollte der Unterschied der Winkel ermittelt werden.

Wie aus Tabelle 28 ersichtlich, lagen die Korrelationen im mittleren Bereich und waren hochsignifikant. Die niedrigste Übereinstimmung zeigte der Winkel PA mit  $r = 0,458$  und die größte Übereinstimmung der Winkel OL mit  $r = 0,662$ .

**Tabelle 28** Residualkorrelationen für die in rechten und linken Ellenbogengelenken ermittelten Ellenbogengelenkwinkeln nach MUES (2001). Angegeben sind die Pearson-Korrelationskoeffizienten (r) und die zugehörigen Irrtumswahrscheinlichkeiten (P) zwischen den für die entsprechenden Befunde ermittelten Residuen

Ellenbogengelenkwinkel	r	p
OL	0,662	< 0,001
PA	0,458	< 0,001
UL	0,547	< 0,001
RA	0,465	< 0,001

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

#### 4.2.10 Heritabilität der Winkelmessung nach MUES (2001)

Aus dem vorliegenden Datenmaterial von 2.386 Rottweilern konnten Heritabilitätsschätzungen für die Winkelmessungen nach MUES (2001) durchgeführt werden, die stichprobenartig ausgewählten 158 Hunde zur Untersuchung der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) waren für eine aussagekräftige Analyse zu gering.

Für die Winkelmessung nach MUES (2001) ergaben sich in den verschiedenen Gruppen: A = alle untersuchten Tiere; B = ED – frei + Grenzfall und C = die Gruppe der ED – freien Hunde, jeweils unterschiedliche Heritabilitäten. Insgesamt liegen die Heritabilitäten eher im niedrigen bis mittleren Bereich. Die deutlichsten Unterschiede zwischen den Gruppen fanden sich bei den Winkeln OL und UL. (Tab.29)

Hier verringerten sich die Heritabilitäten beim Winkel OL von  $h^2 = 0,41$  bei der Gruppe aller untersuchten Hunde (Gruppe A) zu  $h^2 = 0,17$  bei der Gruppe der ED – freien Tiere (Gruppe C). Ebenfalls eine Verminderung der Heritabilität zeigt der Winkel UL von  $h^2 = 0,19$  in Gruppe A bis zu  $h^2 = 0,09$  in Gruppe C.

Bei Betrachtung der additiv – genetischen Korrelation zwischen den Einzelwinkeln und der ED zeigten sich die Winkel PA und OL im positiven Bereich, bei den Winkeln UL und RA fanden sich dagegen sowohl positive als auch negative Korrelationen.

Die Winkel untereinander wiesen Korrelationen zwischen  $r_g = -0,84 - 0,28$  auf. Der Winkel UL war zu den Winkeln OL, RA und PA negativ korreliert.

**Tabelle 29** Heritabilitäten (auf der Diagonalen, fettgedruckt) und additiv – genetische Korrelationen (oberhalb der Diagonalen) mit ihren Standardfehlern (SD) für die Merkmale Ellbogengelenkdysplasie (ED), Olekranonwinkel (OL), Winkel des Processus anconaeus (PA), Ulnawinkel (UL) und Radiuswinkel (RA)

	ED	OL	PA	UL	RA
Gruppe A: alle auf Ellbogendysplasie untersuchten Hunde					
ED	<b>0,16 ± 0,02</b>	0,43 ± 0,11	0,22 ± 0,09	-0,42 ± 0,13	0,03 ± 0,07
OL		<b>0,41 ± 0,02</b>	0,25 ± 0,07	-0,84 ± 0,02	-0,28 ± 0,06
PA			<b>0,23 ± 0,02</b>	-0,38 ± 0,08	0,28 ± 0,07
UL				<b>0,19 ± 0,02</b>	-0,20 ± 0,07
RA					<b>0,18 ± 0,02</b>
Gruppe B: alle Hunde mit ED – 0 und ED – Grenzfall					
ED	<b>0,16 ± 0,03</b>	0,19 ± 0,16	0,39 ± 0,10	0,29 ± 0,17	-0,70 ± 0,08
OL		<b>0,25 ± 0,04</b>	0,22 ± 0,09	-0,61 ± 0,08	-0,34 ± 0,13
PA			<b>0,29 ± 0,03</b>	-0,30 ± 0,16	-0,06 ± 0,11
UL				<b>0,11 ± 0,02</b>	-0,45 ± 0,12
RA					<b>0,17 ± 0,02</b>
Gruppe C: alle Hunde mit ED – Grad 0					
ED	<b>0,17 ± 0,02</b>	0,51 ± 0,19	0,35 ± 0,09	0,06 ± 0,24	-0,75 ± 0,09
OL		<b>0,17 ± 0,05</b>	0,15 ± 0,14	-0,44 ± 0,13	-0,44 ± 0,14
PA			<b>0,25 ± 0,03</b>	-0,38 ± 0,19	-0,06 ± 0,10
UL				<b>0,09 ± 0,02</b>	-0,46 ± 0,17
RA					<b>0,19 ± 0,03</b>

Die Ergebnisse der Heritabilitätsschätzung der Ellbogendysplasie an 5.100 Rottweilern zeigten eine Heritabilität von  $h^2 = 0,387 \pm 0,028$  für die Gruppe A, d.h. alle auf ED-untersuchten Tiere, die geschätzte Heritabilität für das Merkmal „Grenzfall“ (Gruppe B) lag mit  $h^2 = 0,017 \pm 0,009$  deutlich niedriger.

### 4.3 Ergebnis zur Bestimmung unterschiedlicher Lagerungen

Die Abbildung 27 zeigt das Röntgenbild eines orthograd gelagerten Ellbogengelenkes im mediolateralen Strahlengang. Je stärker die Gliedmaße supiniert wurde, desto ausgeprägter die Überlagerung des Proc. coronoideus

medialis ulnae mit dem Radiuskopf. Der Radioulnargelenkspalt war dann nicht mehr abgrenzbar (Abb. 28). Bei Pronation überlagerte der Radiuskopf den Proc. coronoideus medialis ulnae weniger. Der Radioulnargelenkspalt wurde breiter. Das Spatium interosseum antebrachii vergrößerte sich. Auch eine orthograde Lagerung des distalen Humerus war nicht mehr möglich, die Kondylen zeigten keine Kreisform und es kam zur Überlagerung mit dem Radiuskopf (Abb.29).



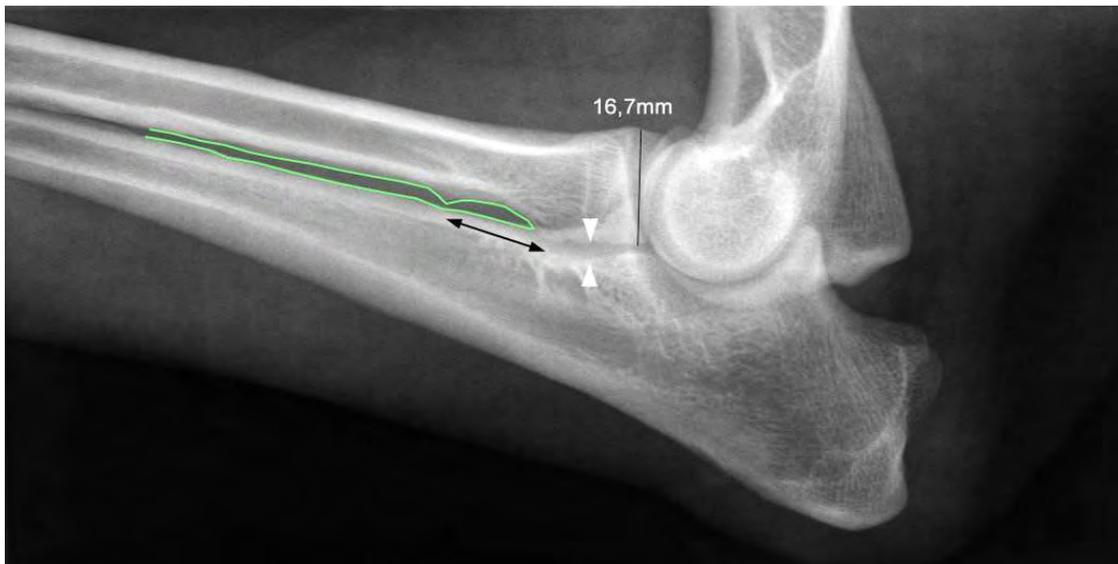
**Abbildung 27** Röntgenbild Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund, mediolateral-gebeugt, orthograde Lagerung

Radioulnar-Gelenkspalt angedeutet erkennbar (weiße Pfeilspitzen), mäßige Überlagerung Radiushals mit Ulna (weißer Doppelpfeil) Radiuskopf ca. 18mm breit, Spatium interosseum antebrachii (grüne Umrandung)



**Abbildung 28** Röntgenbild, Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund mediolateral-  
gebeugt, maximale Supination

Radioulnar -Gelenkspalt nicht einsehbar (weiße Pfeilspitzen), Radiuskopf ca. 22mm  
breit, langer Überlagerungsbereich Radius - Ulna (schwarzer Doppelpfeil), Spatium  
interosseum antebrachii erst ab mittleres Drittel des Unterarms freiprojiziert (grüne  
Umrandung)



**Abbildung 29** Röntgenbild rechtes Ellbogengelenk Deutscher Schäferhund  
mediolateral- gebeugt, maximale Pronation

verbreiteter Radioulnar-Gelenkspalt (weiße Pfeilspitzen), Radiuskopf ca. 16,7 mm breit, keine  
Überlagerung Radius Hals mit Ulna (schwarzer Doppelpfeil),  
breites Spatium interosseum antebrachii (grüne Umrandung)

#### 4.4 Ergebnisse der Wiederholbarkeitsprüfung

Die Stichprobe der Röntgenbilder der Ellbogengelenke im mediolateralen Strahlengang von 198 DSH verteilte sich auf 48,48 % Rüden und 51,52 % Hündinnen. Es lagen Röntgenbilder von 99 rechten Ellbogengelenken und 99 linken Ellbogengelenken vor.

Die Tabelle 30 zeigt die Mittelwerte der einzelnen Ellbogengelenkwinkel bei Befunder 1 bei dreimaliger Messung.

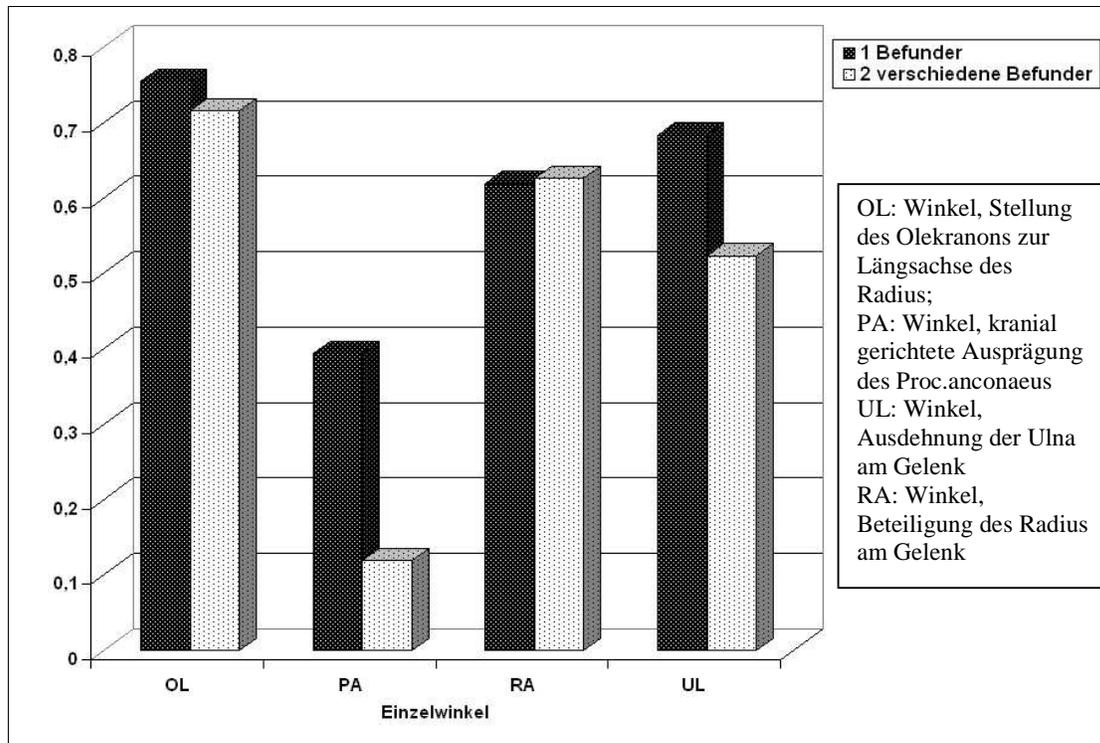
Die Wiederholbarkeit der einzelnen Winkelmessungen durch einen Befunder liegen zwischen  $w = 0,394$  und  $w = 0,755$ , wobei der Winkel PA die niedrigsten und der Winkel OL die höchsten Werte zeigt.

**Tabelle 30** Mittelwerte der Mehrfachmessung der Ellbogengelenkwinkel nach MUES (2001) und ihre Standardabweichung (SD) beim Deutschen Schäferhund (n =198)

Messung	OL $\pm$ SD	PA $\pm$ SD	RA $\pm$ SD	UL $\pm$ SD
1	23,38 $\pm$ 0,66	33,70 $\pm$ 0,59	82,0 $\pm$ 0,65	115,16 $\pm$ 0,78
2	24,44 $\pm$ 0,66	32,71 $\pm$ 0,59	82,0 $\pm$ 0,65	115,45 $\pm$ 0,78
3	23,01 $\pm$ 0,66	33,78 $\pm$ 0,59	81,3 $\pm$ 0,65	115,09 $\pm$ 0,78

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons an der Längsachse des Radius; PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc.anconaeus; RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk; UL: Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk

Auch bei der Schätzung nach Messung durch verschiedene Befunder lag die Wiederholbarkeit bei dem Winkel PA mit  $w = 0,119$  am niedrigsten und bei dem Winkel OL mit  $w = 0,715$  am höchsten. Der Winkel PA zeigt einen deutlichen Unterschied in der Wiederholbarkeit bei mehrmaliger Messung durch eine Person ( $w = 0,39$ ) zu der Messung durch verschiedene Personen ( $w = 0,12$ ). Eine Übersicht gibt Abbildung 30.



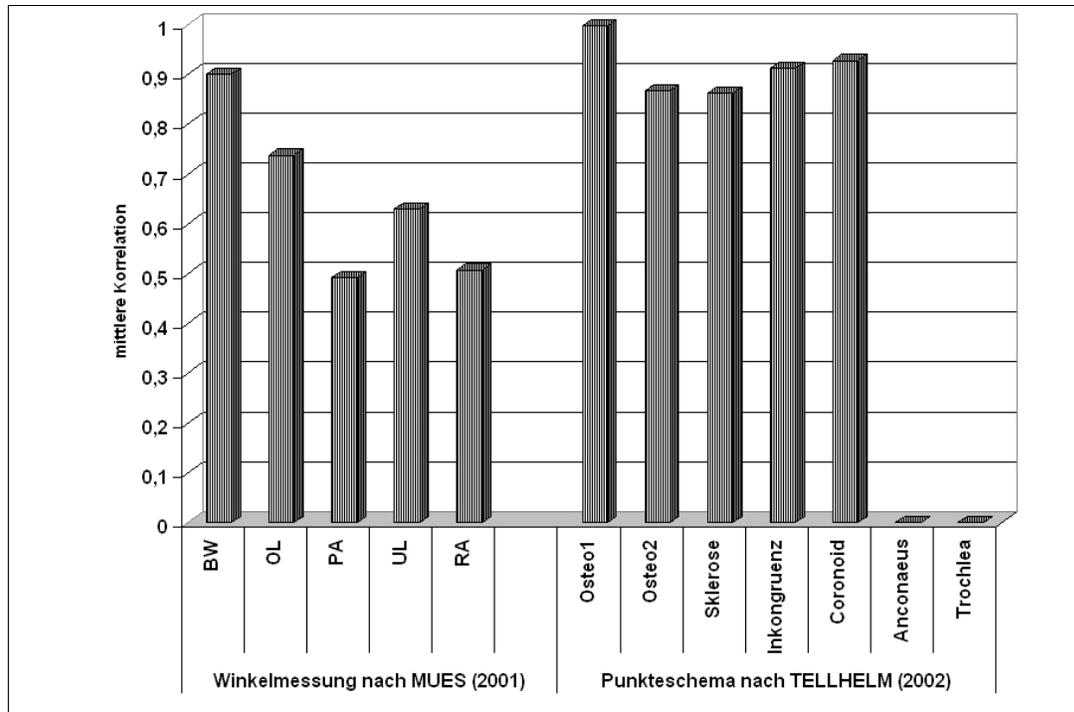
**Abbildung 30** Wiederholbarkeit zwischen 1 und zwischen 2 verschiedenen Befundern bei der Winkelmessung nach MUES (2001), 3 fache Messung an Ellbogen-Röntgenbildern beim Deutscher Schäferhund (n = 198)

#### 4.4.1 Vergleichende Wiederholbarkeits – Messungen bei der Winkelmessung nach MUES (2001) und dem Punkteschema nach TELLHELM (2002) durch Befunder 1

Zur Bestimmung der Wiederholbarkeit wurde eine Korrelation (Pearson-Korrelation) zwischen den Messdurchgängen 1 und 2, 1 und 3 sowie 2 und 3 berechnet. Aus den Korrelationen wurde der Mittelwert berechnet.

Wie aus Abbildung 31 zu entnehmen ist, zeigte der Beugewinkel mit  $r = 0,90$  die höchste Korrelation. Auch der Winkel OL wies eine mittlere Korrelation von  $r = 0,74$  auf und die niedrigste Korrelation ergab sich beim Winkel PA mit  $r = 0,49$ .

Das Punkteschema nach TELLHELM (2002) wies insgesamt deutlich höhere Werte auf. Die höchste Übereinstimmung zeigte das Merkmal „Osteophyten an Position 1“, d.h. dorsal am Proc. anconaeus mit  $r = 0,9$  und das Merkmal „Sklerose“ die niedrigste Korrelation mit  $r = 0,86$ . Die Merkmale „Processus anconaeus“ (Ancon.) und „OCD/ Trochlea humeri“ (Trochl.) zeigten keine Varianz in den Punkten, so dass sich kein Korrelationskoeffizient ermitteln ließ.



**Abbildung 31** 3-fache Wiederholungsmessung von 198 Röntgenbildern des Ellbogengelenkes des DSH, nach der Winkelmessmethode nach MUES (2001) und dem Punkteschema nach Tellhelm (2002) durch Befunder 1

BW = Winkel, Beugung des Ellbogengelenkes

OL = Winkel, Stellung des Olekranons zur Längsachse des Radius;

PA = Winkel, kranial gerichtete Ausprägung des Proc.anconaeus

UL = Winkel, Ausdehnung der Ulna am Gelenk

RA = Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

Osteo1 = Osteophyten an Position 1, d.h. dorsal am Processus anconaeus;

Osteo2 = Osteophyten an Position 2, d.h. an Radius, Epikondylus;

Inkongr = Inkongruenz;

Ancon. = Processus anconaeus;

Skler = Sklerosierung;

Trochl. = Trochlea humeri

## 4.5 Vergleich Ellbogengelenke Deutscher Schäferhund und Rottweiler

Wie aus Tabelle 31 ersichtlich, waren bei den Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) die Gesamtpunktzahlen beim Rottweiler deutlich größer als dies beim Deutschen Schäferhund der Fall ist. Die Mittelwerte der Einzelkriterien bezüglich Osteophytenbildung und Sklerosierung der Inc. trochlearis sind beim Rottweiler ebenfalls deutlich höher.

Beim DSH erwies sich der Mittelwert des Winkels PA um eine Standardabweichung größer als der Mittelwert beim Rottweiler. Ebenfalls war der Winkel RA im Mittel größer als beim Rottweiler. Der Winkel UL zeigte bei DSH dagegen kleinere Mittelwerte.

Das Geschlecht beeinflusste das Merkmal Punkteschemata [nach LANG et al., 1998; TELLHELM, 2002] beim DSH signifikant, jedoch fand sich keine Beeinflussung beim Rottweiler.

Unterschiede im Grad der Beeinflussung fanden sich auch bei Betrachtung des Alters. Beim Deutschen Schäferhund wurde nur das Punkteschema nach LANG et al. (1998), beim Rottweiler dagegen beide Schemata signifikant beeinflusst. Auf die Winkelmessung nach MUES (2001) hatte das Alter beim DSH einen hochsignifikanten Einfluss, beim Rottweiler blieb er, mit Ausnahme des Winkels RA, deutlich unterhalb der Signifikanzgrenze.

**Tabelle 31** Mittelwerte der Gesamtpunktzahl ( $P_{kt_{ges}}$ ) der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) sowie der Winkelmessung nach MUES (2001) mit ihren Standardabweichungen (SD) im Vergleich Deutscher Schäferhund (DSH) ( $n=6.088$ ) und Rottweiler ( $n= 2.430$ )

Parameter	Mittelwert $\pm$ SD	
	DSH	Rottweiler
$P_{kt_{ges}}$ LANG et al. (1998)	0,37 $\pm$ 1,20	1,30 $\pm$ 1,83
$P_{kt_{ges}}$ TELLHELM (2002)	0,79 $\pm$ 2,07	2,20 $\pm$ 2,68
Winkel nach MUES		
PA	33,79 $\pm$ 3,27	30,24 $\pm$ 4,09
UL	114,41 $\pm$ 5,93	117,67 $\pm$ 5,56
RA	84,39 $\pm$ 4,41	81,95 $\pm$ 4,98
OL	22,83 $\pm$ 4,57	23,40 $\pm$ 4,29

PA: Winkel, nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

UL: Winkel, welcher die Ausdehnung der Ulna am Gelenk

RA: Winkel, Beteiligung des Radius am Gelenk

OL: Winkel, Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

## 5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, an Hand von Röntgenaufnahmen des Ellbogengelenkes von Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund und Rottweiler verschiedene Bewertungssysteme (LANG et al., 1998; MUES, 2001; TELLHELM, 2002) vergleichend zu beurteilen. Es wird überprüft, ob insbesondere die Lagerung einen Einfluss auf die Beurteilung hat. Zur Anwendbarkeit als Zuchttauglichkeitsprüfung werden die verschiedenen Bewertungssysteme und hierbei speziell die indirekten Selektionsmöglichkeiten über Winkelmessungen am Ellbogengelenk gegenüber der direkten Selektion, wie die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002), gegen die Ellbogengelenksdysplasie getestet.

### 5.1 Methodik der Untersuchung

Die Ellbogengelenksdysplasie ist zu einer der wichtigsten orthopädischen Erkrankung an der Vordergliedmaße bei größeren Hunderassen geworden. Besonders betroffen sind Hunde groß- und schnellwüchsiger Rassen. In der Folge entstehen Arthrosen, welche zu Schmerzen und einer verminderten Lebensqualität führen können. Daher werden in den skandinavischen Ländern schon Mitte der 70`er Jahre Röntgen – Screening Untersuchungen und Zuchtprogramme zur Reduzierung der ED entwickelt. 1989 schließen sich Veterinärradiologen, ~Orthopäden, Genetiker und Züchter zur „International elbow working group“ IEWG zusammen, um ein einheitliches Schema zur Bekämpfung zu erarbeiten.

Dieses Schema beinhaltet standardisierte Röntgenaufnahmen und klassifiziert arthrotische Veränderungen des Ellbogengelenkes und deren Grunderkrankungen (FCP, IPA, OCD).

Die Beurteilungsschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) versuchen die Grunderkrankungen stärker mit einzubeziehen. Bei weitgehend gleichen anatomischen Kriterien werden diesen je nach Ausprägung 0 – 3 bzw. 0 – 5 Punkten zugeordnet. Die erzielten Ergebnisse werden bei dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) wieder in ED Grade eingruppiert, während dies bei dem Schema nach TELLHELM (2002) nicht erfolgt.

Ein anderer Ansatz zur ED Beurteilung berücksichtigt die Beteiligung der anatomischen Strukturen am Ellbogengelenk. MUES (2001) bestimmt hierzu 4 verschiedene Winkel am Ellbogengelenk, die die funktionellen und gelenkbildenden Strukturen im Ellbogengelenk erfassen und leitet daraus die Qualität des Ellbogengelenkes (EQ) zur Zuchtwertschätzung ab.

Ein direkter Vergleich beider Methoden ist daher nicht möglich. Aus diesem Grund wird zum Vergleich der Messmethoden, der zuvor durch einen ED Gutachter festgelegte ED – Grad gewählt, und überprüft, in wie weit dieser mit den Werten korreliert.

Nach dem offiziellen ED Befund werden in der vorliegenden Arbeit insgesamt 19.798 DSH und 2.430 Rottweiler beurteilt. Bei den Schäferhunden (Rottweilern) sind durchschnittlich 83,43% (51,28%) der Tiere ED – frei, 6,75% (17,04%) Grenzfall, 5,81% (23,25%) der Tiere mit ED – Grad 1, 2,53% (7,2%), ED – Grad 2 und 1,48% (1,23%) mit ED – Grad 3 beurteilt.

## **5.2 Einflussfaktoren auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) sowie die Winkelmessung nach MUES (2001)**

### **5.2.1 ED – Grad**

Die Punkteschemata nach LANG et al (1998) und TELLHELM (2002) zeigen für den Deutschen Schäferhund und Rottweiler eine hohe Korrelation mit dem ED – Grad. Dieser Einfluss ist signifikant.

Mit steigendem ED – Grad vergrößern sich sowohl beim Deutschen Schäferhund als auch beim Rottweiler die Winkel OL, PA und RA, während der Winkel UL kleiner wird.

Zu diesem Ergebnis kommen auch MUES (2001) bei den von ihm untersuchten DSH und Rottweilern, ADAMIK (2006) bei einer Population von 204 Rhodesian Ridgeback, STEIN (2007) bei 305 Berner Sennenhunden und HEINE (2009) bei 2.386 untersuchten Rottweilern. Bei den Untersuchungen von SCHWENCKE et al. (2004) und GRONAU (2007) wird der Winkel OL nicht durch den ED – Grad beeinflusst. Eine Vergrößerung der Winkel PA und RA, sowie die Abnahme des Winkels UL sind jedoch ebenfalls erkennbar.

Ein möglicher Grund für die Vergrößerung der Winkel bei steigendem ED – Grad ist eine Zunahme der osteophytären Zubildungen am Proc. anconaeus und Radius. Diesen Zusammenhang sehen auch SCHWENCKE et al. (2004) in seiner Studie, die aufzeigt, dass die Höhe der Osteophyten die Winkelmessung mehr beeinflusst als die Form des Ellbogengelenkes.

HEINE (2009) sieht die Abnahme des Winkels UL durch die Beziehung der Winkel RA und PA mit dem Winkel UL begründet. Dagegen kommen MUES (2001) und GRONAU (2007) zu dem Schluss, dass eine Verringerung des Winkels UL durch eine zunehmend ellipsoide Form der Inc. trochlearis bedingt ist. Untersuchungen von BRUNNBERG et al. (1999) und VIEHMANN et al. (1999) zeigen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen einer ellipsoiden Incisura trochlearis und dem ED – Grad.

In mehreren Studien ist die häufigste Primärerkrankung der Ellbogengelenkdysplasie der FCP (WIND und PACKARD, 1986; LANG et al., 1998). Dies findet sich auch in dieser Studie sowohl beim Deutschen Schäferhund (87 % aller Primärerkrankungen) als auch beim Rottweiler (98 %). Der isolierte Proc. anconaeus kommt in dieser Studie beim Deutschen Schäferhund bei 12% der Primärerkrankungen vor. Dagegen finden MEYER – LINDENBERG et al. (2006) bei Untersuchungen klinisch erkrankter Hunderassen unter den 137 am IPA erkrankten Tieren zu 72 % Hunde der Rasse Deutscher Schäferhund. Diese Abweichung der Ergebnisse könnte dadurch erklärt werden, dass es sich bei den in dieser Studie untersuchten Tieren um eine vorselektierte Gruppe handelt. Der IPA ist auf den Röntgenaufnahmen relativ leicht erkennbar und die Röntgenbilder werden daher häufig nicht zur offiziellen Auswertung eingereicht.

Bei der ED handelt es sich um eine Krankheitsdisposition mit mittlerer Heritabilität, es scheint der Rottweiler genetisch weniger anfällig für die Ausprägung des IPA oder auch der OCD.

### 5.2.2 Geschlecht

Das Geschlecht ist sowohl bei den DSH (52%) als auch den Rottweilern (51%) gering zu Gunsten der weiblichen Tiere verteilt.

Bei Betrachtung der Geschlechtsverteilung in Bezug auf den ED – Grad zeigt sich in dieser Studie, dass bei Rüden signifikant höhere ED – Grade gefunden werden. Diese Beobachtung deckt sich mit Studien anderer Autoren (GUTHRIE und

PIDDUCK, 1990; GRONDALEN und LINGAAS, 1991; JANUTTA et al., 2005). STURARO et al. (2005) finden bei 255 untersuchten Rottweilern unterschiedliche Verhältnisse: ED – frei sind in ihrer Studie mehr Rüden als Hündinnen (ca. 63%: 57%) Der Anteil der Rüden ist aber auch in dieser Studie mit ED – Grad 2 mit 11,6% höher als 10,5 % bei den Hündinnen. Bei den 309 untersuchten Schäferhunden ist die Prävalenz von ED bei Rüden höher als bei den Hündinnen.

Das Geschlecht zeigt bei den Deutschen Schäferhunden einen signifikanten Einfluss auf die Beurteilungsschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002). Zu dem gleichen Ergebnis kommen auch KIRCHHOFF (2003) und JANUTTA et al. (2006).

Bei den in dieser Studie untersuchten Rottweilern findet sich kein signifikanter Einfluss des Geschlechts auf die Punkteschemata. In der Studie an 425 Berner Sennenhunden können LANG et al. (1998) ebenfalls eine stärkere Betroffenheit der männlichen Tiere feststellen.

Auf die Winkelmessung nach MUES (2001) hat das Geschlecht bei den Deutschen Schäferhunden einen signifikanten Einfluss auf den Winkel RA, die Winkel OL, PA und UL werden hochsignifikant beeinflusst. Ebenfalls einen hochsignifikanten Einfluss findet sich für die Winkel OL und UL der untersuchten Rottweiler. Während der Einfluss auf den Winkel PA mit  $p = 0,05$  noch signifikant ist, bleibt er für den Winkel RA deutlich unter der Signifikanzgrenze ( $p = 0,7$ ). Die Untersuchung von KIRCHHOFF (2003) zeigt durch das Geschlecht einen signifikanten Einfluss auf die Winkel UL und OL. MUES (2001) und GRONAU (2007) finden keinen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und den Messergebnissen.

### 5.2.3 Röntgenalter

Der Einfluss des Röntgenalters hat beim Deutschen Schäferhund auf das Punkteschema nach LANG et al. (1998) einen signifikanten Einfluss, während der Einfluss auf das Schema nach TELLHELM (2002) unterhalb der Signifikanzgrenze bleibt. In der Untersuchung von KIRCHHOFF (2003) ist kein Einfluss auf die Schemata zu beobachten.

Das Röntgenalter zeigt bei den in dieser Studie untersuchten Rottweilern einen signifikanten Einfluss auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002).

Auf die Winkelmessung nach MUES (2001) hat das Röntgenalter beim DSH einen hochsignifikanten Einfluss, beim Rottweiler findet sich ein signifikanter Einfluss auf die Winkel OL ( $p = 0,017$ ), UL ( $p = 0,09$ ) und RA ( $p = 0,012$ ). MUES (2001) findet von den vier Winkeln nur eine Beeinflussung des Winkels UL und in der Studie von GRONAU (2007) ergibt sich keine Beeinflussung durch das Röntgenalter. Verschiedene Studien zeigen, dass die Bildung von Arthrosen mit zunehmendem Alter steigt (GRONDALEN und LINGAAS, 1991; WALDE und TELLHELM, 1991). Arthrotische Veränderungen beginnen frühzeitig am Dorsalrand des Proc. anconaeus und am kranialen Rand des Radius. Eine Vergrößerung der Winkel RA und PA, welche die Größe des Proc. anconaeus und Radius bestimmen, ist daher bei steigendem Röntgenalter zu erwarten.

Der signifikante Einfluss des Geburtsjahres ist durch die unterschiedliche Zusammensetzung der untersuchten Populationen zu erklären, da nicht alle Zuchtstätten in jedem Jahr gleichmäßig verteilt sind.

#### 5.2.4 Lagerung in Pronations- oder Supinationsstellung und Beugung des Ellbogengelenkes

Die Lagerung des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme zeigt für den DSH einen signifikanten Einfluss sowohl auf das Punkteschema nach LANG et al. (1998) als auch auf das Schema nach TELLHELM (2002). Durch Pronation erhöht sich die Gesamtpunktzahl, bei Supination verringert sich die Gesamtpunktzahl. KIRCHHOFF (2003) und JANUTTA et al. (2006) finden keine Beeinflussung der Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002). Dies kann mit kleineren Populationsgrößen der untersuchten Schäferhunde zusammenhängen. Bei der Studie von KIRCHHOFF (2003) werden 1.389 Schäferhunde und in der Studie von JANUTTA et al. (2006) 2.645 DSH untersucht. Auch die Zusammensetzung der unterschiedlichen Population hat sicherlich einen Einfluss auf das Ergebnis.

Der Einfluss der Lagerung ist hochsignifikant auf die Winkelmessung nach MUES (2001), Die Winkel PA und RA werden bei Pronation kleiner und durch Supination größer. Die Mittelwerte des Winkels UL verhalten sich umgekehrt. Die Röntgenuntersuchung zur Bestimmung der Lagerung zeigt eine „scheinbare“ Vergrößerung des Radiuskopfes bei Supination (siehe Abbildungen 26-28). Dies kann eine entsprechende Beeinflussung des Winkels RA verursachen und so eine Veränderung des Winkels zustande kommen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der

Änderung der Projektion von Zubildungen je nach Lagerungsabweichung. Beim Radius ist dies offensichtlich, häufig kommt es mit der Rotation auch zu einer Kippung des Ellbogengelenkes in proximo-distaler Richtung und hat damit Einfluss auf die projizierte, messbare Höhe der Zubildungen dorsal am Proc. anconaeus. Dieser Einfluss wurde in der hier vorliegenden Studie nicht untersucht.

In der Studie von KIRCHHOFF (2003) zeigt sich ein signifikanter Einfluss auf die Winkelmessergebnisse. Zu dem gleichen Ergebnis kommen JANUTTA et al. (2005) in ihrer Studie an 2.645 DSH.

Bei den untersuchten Rottweilern bleibt der Einfluss der Lagerung auf die Punkteschemata deutlich unterhalb der Signifikanzgrenze. Für die Winkelmessung nach MUES (2001) ist der Einfluss der Lagerung, mit Ausnahme des Winkels OL, signifikant.

Auch beim Rottweiler werden die Winkel PA und RA durch Pronation kleiner und durch Supination größer. Der Winkel UL wird bei Pronation größer.

MUES (2001) berücksichtigt in seiner Arbeit den Einfluss der Lagerung des Ellbogengelenkes in Supinations- oder Pronationsstellung nicht.

Der teils hochsignifikante Einfluss der Lagerung verdeutlicht somit, wie wichtig eine orthograde Lagerung des Ellbogengelenkes ist.

Die Studie von MUES (2002) ergibt bei 207 stichprobenartig ausgewählten Rottweilern keinen Einfluss des Beugegrades auf die Winkelergebnisse. Auch GRONAU (2007) kann keine Beeinflussung der Winkel durch den Grad der Beugung feststellen.

In der hier vorgestellten Studie hat die Beugung sowohl beim DSH als auch beim Rottweiler keinen Einfluss auf die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002).

In Bezug auf die Winkelmessung werden beim Deutschen Schäferhund und Rottweiler die Winkel RA und PA, beim DSH zusätzlich noch der Winkel UL signifikant durch den Grad der Beugung beeinflusst. Bei Betrachtung der Least – Square – Mittelwerte (LSM) zeigt sich nur eine geringfügige Veränderung der Winkelwerte. Bei hochgradiger Beugung ( $0^\circ - 19^\circ$ ) beträgt der LSM des Winkels UL  $= 112,42 \pm 0,17$  und bei einem Beugewinkel  $> 39^\circ$  vergrößert sich der Winkel auf einen LSM  $= 114,09 \pm 0,14$ .

Der Winkel PA verhält sich umgekehrt, er wird bei starker Beugung ( $0^\circ - 19^\circ$ ) tendenziell größer, der Least – Square – Mittelwert (LSM) beträgt  $34,78 \pm 0,09$ , bei einem Beugungswinkel  $> 39^\circ$  beträgt der LSM =  $34,34 \pm 0,08$ .

Auch JANUTTA et al. (2005) finden eine Beeinflussung der Winkel bedingt durch den Beugungsgrad des Ellbogengelenkes. Die Studie von ADAMIK (2006) zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Beugungsgrad und den Winkelmessergebnissen, wobei mit stärkerer Beugung die Winkel PA, RA und UL größer werden und der Winkel OL kleiner wird. STEIN (2007) findet in den verschiedenen Beugungswinkelgruppen eine unterschiedliche Beeinflussung der Winkel OL, RA und PA und kann daher keinen einheitlichen Beugungswinkel empfehlen.

MUES (2001) untersucht in seiner Studie an 20 Hunden den Beugungswinkel im Vergleich rechter zu linker Gliedmaße und obwohl er keine Beeinflussung des Beugegrades auf die Winkel findet, empfiehlt er, einen Beugungswinkel von ca.  $45^\circ$  einzuhalten, da eine extreme Beugung oder Streckung des Ellbogengelenkes zu unphysiologischen Stellungen von Radius und Ulna führen kann. Bei Betrachtung eines Zusammenhanges zwischen der Beugung und der Lagerung der Gliedmaße während der Röntgenaufnahme zeigt sich, dass bei einem Beugungswinkel unter  $20^\circ$  vermehrt Supination vorkommt. Dies kann die Veränderung der Winkel bei starker Beugung erklären.

Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass ein weitgehend standardisierter Beugungswinkel essentiell zur Beurteilung der Winkel notwendig ist, da sonst keine vergleichbare Messung der Winkel möglich ist. Auch eine Manipulation des Befundes wäre möglich.

### 5.2.5 Anzahl der Projektionen pro Gelenk

Der erhobene ED Grad und die Erkennung der Primärerkrankung FCP zeigt nur für die erweiterte Anzahl der Röntgenaufnahmen (zwei mediolaterale Aufnahmen in gestreckter und gebeugter Position sowie eine kraniokaudale  $15^\circ$  Schrägaufnahme) einen signifikanten Unterschied zu den anderen Projektionen. Die Wahrscheinlichkeit, dass schwerere ED – Grade oder ein FCP erkannt werden, ist bei zwei mediolateralen Aufnahmen in unterschiedlicher Beugung plus kraniokaudaler Aufnahme mit LSM = 0,63 am größten. Da weder für die zwei

mediolateralen Aufnahmen noch für die Standardprojektion ein signifikanter Unterschied zur alleinigen mediolateralen Röntgenaufnahme nachweisbar ist, ist der Einfluss der Anzahl der Projektionen auf dieses Ergebnis eher unwahrscheinlich. Einen Einfluss kann die Qualität der angefertigten Röntgenbilder haben. Mit 56% bzw. 184 von 325 DSH wurde ein hoher Anteil der Tiere in dieser Gruppe in der Klinik für Kleintiere, Chirurgie der Justus Liebig Universität Giessen, geröntgt. Tierärzte, welche sich die Mühe mehrerer Röntgenaufnahmen machen, fertigen in der Regel auch eher qualitativ höherwertige Röntgenaufnahmen an. Zugleich handelt es sich bei den in der Klinik für Kleintiere geröntgten Tiere um eine nicht vorselektierte Gruppe, da auch Hunde mit höherem ED – Grad, für die kein offizielles Gutachten gewünscht wurde, in die Bewertung eingingen.

### **5.3 Wiederholbarkeit der Winkelmessung nach MUES (2001) und des Punkteschemas nach TELLHELM (2002)**

Ein wichtiges Kriterium für die Eignung eines Verfahrens als Screeningmethode ist die Objektivität und Reproduzierbarkeit der Befunde. Daher ist an einer Stichprobe von 189 Ellbogengelenken des DSH eine dreifache Messung durchgeführt worden. Die Wiederholbarkeit der Winkelmessung durch einen Befunder zeigt Werte zwischen  $w = 0,394$  und  $w = 0,755$ , wobei der Winkel PA die niedrigsten und der Winkel OL die höchsten Werte zeigt. Bei der Wiederholung durch 2 verschiedene Befunder ist ebenfalls der Winkel PA mit  $w = 0,119$  am niedrigsten und der Winkel OL ( $w = 0,715$ ) am höchsten. Relativ reproduzierbare Messwerte ergeben sich somit lediglich für den Winkel OL.

Eine mögliche Ursache für die geringe Wiederholbarkeit kann eine ungenaue Messung der Auswerter sein. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass sich die Messpunkte häufig nicht so genau festlegen lassen, z.B. ist durch Überlagerung mit den Humerusepikondylen die kraniale Spitze des Proc. anconaeus teilweise schwierig zu bestimmen. Für die vergleichende Wiederholbarkeits-Messung bei der Winkelmessung nach MUES (2001) und dem Punkteschema nach TELLHELM (2002) durch Befunder 1 wird zur Bestimmung der Wiederholbarkeit eine Korrelation nach PEARSON berechnet. Die Ergebnisse der Winkelmessung nach MUES (2001) zeigen neben hohen Korrelationen des Beugewinkels ( $r = 0,90$ ) auch hohe Korrelationen zwischen den Messdurchgängen beim Winkel OL mit  $r = 0,74$ . Die

niedrigste Korrelation ergibt der Winkel PA mit  $r = 0,49$ . Vergleichbare Werte erhält ADAMIK (2006) in ihrer vergleichenden Studie mit Rhodesian Ridgeback und Beagle. Sie findet ebenfalls die höchste Korrelation beim Winkel OL mit  $r = 0,72$  sowohl bei den untersuchten Rhodesian Ridgeback als auch beim Beagle. Die niedrigste Korrelation weist beim Rhodesian Ridgeback der Winkel PA mit  $r = 0,59$  und beim Beagle der Winkel UL mit  $r = 0,52$  auf. Die von MUES (2001) gefundenen Werte für die Wiederholbarkeit der Winkelmessung liegen deutlich höher (der Winkel PA zeigt mit  $r = 0,60$  die geringste Korrelation). Er überprüft aber in seiner Studie die Wiederholbarkeit nicht anhand einer Mehrfachmessung, sondern vergleicht die Ergebnisse zwischen rechter und linker Gliedmaße. Dies kann die Diskrepanz der Ergebnisse erklären.

Es zeigt sich, dass das Punkteschema nach TELLHELM (2002) eine insgesamt höhere Korrelation zwischen den Messdurchgängen aufweist, als die Winkelmessung nach MUES (2001). Das Kriterium „Sklerose“ zeigt mit  $r = 0,86$  die niedrigste Korrelation. Dieses Merkmal wird subjektiv beurteilt, daher ist eine geringere Wiederholbarkeit nachvollziehbar. Vergleichswerte zur Wiederholbarkeit sind für das Punkteschema nach TELLHELM (2002) in der Literatur nicht zu finden.

### 5.3.1 Korrelation innerhalb des Gliedmaßenpaares

MUES (2001) hat in seiner Studie die Wiederholbarkeit der Winkelmessung zwischen rechter und linker Gliedmaße beim Deutschen Schäferhund und Rottweiler bestimmt. Er findet beim Rottweiler insgesamt sehr hohe Korrelationen, die höchsten Korrelationen zeigt der Winkel OL mit  $r = 0,80$ , die niedrigste hat der Winkel PA mit  $r = 0,60$ .

Beim Rottweiler sind in der hier vorliegenden Arbeit die Werte insgesamt niedriger, der Winkel OL hat mit  $r = 0,66$  die größte Übereinstimmung zwischen rechter und linker Gliedmaße und ebenfalls der Winkel PA mit  $r = 0,46$  die niedrigste Korrelation. Die Ergebnisse beim DSH zeigen ebenfalls die höchste Korrelation des Winkels OL mit  $r = 0,76$  und hier ist der Winkel RA am niedrigsten mit  $r = 0,47$ .

MUES (2001) untersucht in seiner Studie mit 447 Schäferhunden eine deutlich kleinere Schäferhund – Population.

Die Abweichung der Korrelation zwischen rechter und linker Gliedmaße könnte das Auftreten einseitiger ED erklären. Dies müsste in weiteren Studien untersucht werden. Die geringe genetische Korrelation der Winkel in unserer Studie spricht jedoch eher dagegen.

### 5.3.2 Korrelation zwischen den Winkeln nach MUES (2001)

Sowohl beim DSH als auch beim Rottweiler besteht eine hohe negative Korrelation zwischen den Winkeln OL und UL. So wird der Winkel UL kleiner, wenn OL größer wird und umgekehrt. Auch in der Untersuchung von ADAMIK (2006) mit einer Population Rhodesian Ridgeback besteht eine hohe negative Korrelation zwischen OL und UL.

Ebenfalls zeigen beim Rottweiler die Winkel UL und RA eine negative Korrelation, die restlichen Winkel sind nur gering miteinander korreliert.

Die Korrelation zwischen den Winkeln UL und OL kann in der Anatomie, durch eine unterschiedliche Neigung der kranialen Olekranonkontur, begründet sein. Die Senkrechte durch den Radius wird nicht beeinflusst und ebenso nur gering der Messpunkt am Radioulnar-Gelenkspalt. Die Korrelation zwischen den Winkeln UL und RA ist erklärbar bei einer Veränderung des Radioulnar-Gelenkspaltes. Die Ausführungen zur Korrelation OL und UL machen es unwahrscheinlich, dass hier wirklich anatomische Unterschiede in der Art vorliegen, dass bei tiefer Inzisur die Radiusgelenksfläche kleiner wird. Der Radioulnargelenkspalt ist ein anatomischer Messpunkt, der erheblich durch die Lagerung beeinflusst wird, deren Bedeutung für die Winkel schon diskutiert wurde.

## 5.4 Heritabilität

Die Heritabilität des ED Befundes beim Deutschen Schäferhund liegt in dieser Studie mit  $h^2 = 0,18 \pm 0,04$  eher im unteren Bereich. In der Literatur sind Angaben über Heritabilitäten beim Deutschen Schäferhund in einem ähnlich niedrigen Bereich. So ermitteln MÄKI et al. (2002) Heritabilitäten für eine DSH – Population im Bereich von  $h^2 = 0,15 \pm 0,02$ . Die Heritabilität des ED – Befundes liegt beim Rottweiler in dieser Studie mit  $h^2 = 0,39$  im Vergleich mit der Literatur im mittleren bis oberen Bereich. So lagen die Schätzwerte bei den Studien von MÄKI et al. (2000, 2002) bei  $h^2 = 0,31$  bis  $0,37$  und MUES (2001) fand in seiner Studie Schätzwerte von  $h^2 = 0,25$ .

Bei der Untersuchung zur Winkelmessung mit 2.386 Rottweilern liegt die Heritabilität bei  $h^2 = 0,16$ . Das deutlich niedrigere Ergebnis kann an der unterschiedlichen Populationsgröße und ~zusammensetzung liegen.

Die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) weisen beim DSH Werte von  $h^2 = 0,10$  bis  $h^2 = 0,19$  auf und sind daher nicht besser als das

offizielle ED – Schema zur Selektion gegen die ED geeignet. Die hohen genetischen Korrelationen zwischen den einzelnen Schemata zeigen dessen ungeachtet eine vergleichbare Einstufung des einzelnen Tieres. Zudem ist mit Hilfe der differenzierteren Schemata eine detaillierte Heritabilitätsschätzung einzelner Lokalisationen möglich (JANUTTA et al., 2006).

Die Heritabilitäten der Winkelmessung nach MUES (2001) liegen beim DSH weit über der ED – Heritabilität, den niedrigsten Wert zeigt der Winkel RA mit  $h^2 = 0,39$  und den höchsten der Winkel OL mit  $h^2 = 0,76$ . Die additiv – genetische Korrelation zum ED – Grad liegt dagegen nahe Null, so dass eine Selektion gegen die ED auf Basis der Winkelmessung bei dieser Rasse nicht sinnvoll erscheint.

Bei den in dieser Studie untersuchten Rottweilern liegen die Heritabilitätsschätzungen der einzelnen Winkel niedriger, als beim DSH, mit Werten von  $h^2 = 0,18$  für den Winkel RA und  $h^2 = 0,41$  für den Winkel OL. MUES (2001) kann dagegen für eine Rottweiler – Population Heritabilitäten der Winkel von  $h^2 = 0,34$  bis  $0,58$  für den Winkel OL schätzen.

Die genetische Korrelation zwischen den Winkeln und dem offiziellen ED – Befund ergibt Werte von  $r_g = 0,41$  für den Winkel OL bis  $r_g = -0,42$  für den Winkel UL. Der Einsatz des Winkels OL als Zuchtselektionskriterium würde insgesamt eine höhere Wahrscheinlichkeit für Zuchtforschritte bringen, als die Bestimmung des ED-Grades allein. Da es sich bei der Winkelmessung aber um eine indirekte Methode zur Bestimmung eines Merkmals handelt, muss ihre Korrelation zum ED Befund immer wieder überprüft werden.

Die im Vergleich zur Studie von MUES (2001) geringeren Heritabilitäten können durch unterschiedliche Methoden zur Schätzung genetischer Parameter bedingt sein. Er verwendet eine einfache Halbgeschwisteranalyse ohne Berücksichtigung weiterer Verwandtschaftsstrukturen.

## **5.5 Vergleich Deutscher Schäferhund und Rottweiler**

Bei den Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) sind die Gesamtpunktzahlen beim Rottweiler deutlich größer, als dies beim Deutschen Schäferhund der Fall ist. Die Mittelwerte der Einzelkriterien bezüglich Osteophytenbildung und Sklerosierung der Inc. trochlearis sind beim Rottweiler ebenfalls deutlich höher.

Beim DSH erweist sich der Mittelwert des Winkels PA deutlich größer als der Mittelwert beim Rottweiler. Ebenfalls ist der Winkel RA im Mittel größer als beim Rottweiler. Der Winkel UL zeigt bei DSH dagegen kleinere Mittelwerte. Zu diesem Ergebnis kommt auch MUES (2001) in seiner vergleichenden Studie, er schließt durch den größeren Processus anconaeus –Winkel auf die Prädisposition des Schäferhundes einen IPA zu entwickeln. Die Untersuchungen zur Beeinflussung der Lagerung zeigen jedoch, dass der Winkel PA stark durch die Lagerung und Beugung des Ellbogengelenkes beeinflusst wird.

Das Geschlecht beeinflusst das Merkmal Punkteschemata [nach LANG et al., 1998; TELLHELM, 2002] beim DSH signifikant, beim Rottweiler findet sich keine Beeinflussung.

Unterschiede im Grad der Beeinflussung finden sich auch bei Betrachtung des Alters. Beim Deutschen Schäferhund wird nur das Punkteschema nach LANG et al. (1998), beim Rottweiler dagegen beide Schemata signifikant beeinflusst. Auf die Winkelmessung nach MUES (2001) hat das Alter beim DSH einen hochsignifikanten Einfluss, beim Rottweiler bleibt er, mit Ausnahme des Winkels RA, deutlich unterhalb der Signifikanzgrenze. Eine mögliche Ursache kann die unterschiedliche Entwicklung der Arthrosenbildung sein. Eventuell sind beim Rottweiler mit 15 Monaten die Arthrosen schon eher endgültig, wobei sie beim Deutschen Schäferhund mit zunehmendem Alter noch stärker veränderbar sind. Die Untersuchung von JANUTTA et al. (2005) zeigen ebenfalls, dass beim Deutschen Schäferhund die Arthrosenbildung bis zum 2. Lebensjahr am größten ist. Dagegen zeigt MUES (2001) in seiner Studie an einer Rottweilerpopulation, dass es ab einem Alter von 15 Monaten zu keinem signifikanten Anstieg der Arthrosenbildung kommt. Die zeitlich unterschiedliche Entwicklung der Arthrosenbildung könnte auch die Unterschiede bei der Winkelmessung nach MUES (2001) erklären, da man davon ausgehen muss, dass die arthrotischen Zubildungen mit gemessen werden.

## **5.6 Bewertung der Messverfahren**

Die Etablierung des Winkelmessverfahrens nach MUES (2001) als Basis einer züchterischen Selektion ist aufgrund der Abhängigkeit der Winkel von der Lagerung und (teilweise) von der Beugung des Ellbogengelenkes schon aus technischen Gründen fraglich, da eine orthograde Lagerung Voraussetzung zu einer Beurteilung

sein muss. Dies ist unter Praxisbedingungen nicht zu erwarten. In der hier vorliegenden Arbeit zeigt sich, dass gerade Abweichungen in der Lagerung, beim Rottweiler z.B. zu 58%, häufig vorkommen und daher in Folge Wiederholungsaufnahmen nötig machen, welches aus Strahlenschutzgründen (und wirtschaftlich) diskutabel ist. Dies wäre nur zu rechtfertigen, wenn die Methode einen erheblich größeren Zuchtfortschritt bei der Bekämpfung der ED zur Folge hätte.

Die Ergebnisse zeigen aber, dass vor allem arthrotische Veränderungen mit Hilfe der Winkelmessungen erfasst werden. Für die Erkennung spezifischer Gelenkanormalitäten, die auf eine ED hindeuten, wäre eine prospektive Studie bei Junghunden im Alter von ca. 5 bis 6 Monaten unter Einhaltung einer orthograden Lagerung und eines bestimmten Beugewinkels nötig und es müssten Wiederholungsaufnahmen in definierten Abständen durchgeführt werden.

Diese Ergebnisse können dann aber nicht rasseübergreifend angewendet werden, da sich auch in der Literatur deutliche Differenzen zwischen den bisher untersuchten Rassen finden. Sie müssten deswegen für jede Rasse neu etabliert werden. (ADAMIK, 2007).

Die genetischen Analysen zeigen bei den in dieser Studie untersuchten Deutschen Schäferhunden zwar Heritabilitäten der Winkel – Messwerte im mittleren bis hohen Bereich, jedoch ist die genetische Korrelation zwischen ED und den Winkeln des Ellbogengelenks, außer für den Winkel PA, nahe Null. Eine Selektion gegen ED ist mit Hilfe der Winkelmessung nach MUES (2001) für den Deutschen Schäferhund nicht Erfolg versprechend (JANUTTA et al., 2005).

Beim Rottweiler sind die Heritabilitäten der Winkel in der hier vorliegenden Studie insgesamt niedriger, und variieren in Abhängigkeit davon, ob nur ED – freie oder auch ED – betroffene Tiere berücksichtigt werden. So zeigen die Ergebnisse, dass eine Winkelmessung nach MUES (2001) nur bei ED – freien Tieren sinnvoll ist.

Die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) zeigen beim Rottweiler keine Abhängigkeit der Ergebnisse von der Lagerung und auch der Beugung und sind in dieser Hinsicht eher geeignet, als Selektionsverfahren gegen die ED eingesetzt zu werden.

Auch die genetische Korrelation zwischen der offiziellen ED – Begutachtung und diesen Schemata erweist sich als deutlich positiv. Die genetische Analyse zeigt jedoch im Vergleich keine höheren Heritabilitäten, so dass sich die Frage stellt, ob aufwändigere Verfahren wie die Punkteschemata, einen Vorteil gegenüber dem

---

Bisherigen darstellen. In der Untersuchung von JANUTTA et al. (2005) sind die Einzelkriterien 1 – 5 (Osteophyten, Sklerosierung der Inc. trochlearis, Inkongruenz und Formveränderungen des PCm) und die Einzelkriterien 6 und 7 (Anzeichen eines IPA oder OCD) deutlich positiv untereinander, zueinander jedoch negativ korreliert. Sie zieht den Schluss, dass dies auf zwei verschiedene genetische Merkmalskomplexe hindeutet. Die Einbeziehung dieser Fakten könnte eine Verbesserung der Selektion bewirken.

Der Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Studien (MUES, 2001; KIRCHHOFF, 2003; JANUTTA et al., 2005 und 2006; HEINE, 2009) zur ED bei einer Rasse innerhalb eines Zuchtgebietes zeigt, wie unterschiedlich die Ergebnisse für Teilaspekte in Abhängigkeit von der Zahl der untersuchten Tiere und der Methodik sein können.

Die Untersuchungsergebnisse von kleinen Gruppen einer Population müssen deshalb weiter überprüft werden, bevor sie als allgemein gültig eingesetzt werden können.

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser Untersuchung war es, drei Bewertungsverfahren zur Beurteilung der Ellbogengelenksdysplasie bei Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund und Rottweiler miteinander zu vergleichen. Hierbei sollte insbesondere ein Einfluss der Lagerung während der Röntgenaufnahme überprüft werden.

Bewertet wurden Röntgenaufnahmen von 19.798 Deutschen Schäferhunden und 2.430 Rottweiler, von denen bereits ein offizieller ED – Befund vorlag. Es erfolgte eine Beurteilung entsprechend der zwei Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) der Ellbogengelenke in 2 Ebenen (mediolateral und craniocaudal) für jedes Gelenk separat. Hierbei wurden 7 Einzelkriterien bewertet. Die ersten drei Kriterien bezogen sich auf arthrotische Veränderungen wie die Osteophytenbildung am Dorsalrand des Proc. anconaeus, aber auch an anderen Lokalisationen sowie eine Sklerosierung kaudal der Incisura trochlearis. Das 4. Kriterium beschrieb die An- oder Abwesenheit einer Inkongruenz zwischen Radius und Ulna oder Humerus und Ulna. Mit den letzten drei Kriterien wurden Formveränderungen des Proc. coronoideus medialis ulnae, Proc. anconaeus und der Trochlea humeri bewertet und alle Befunde zu einer Gesamtpunktzahl pro Gelenk addiert.

Einen anderen Ansatz verfolgte MUES (2001), mit der Winkelmessmethode sollten primäre Ellbogengelenkveränderungen ermittelt werden und eine bessere Objektivität als die bisherige Methode zeigen.

Für die Winkelmessung nach MUES (2001) wurde jede mediolaterale Röntgenaufnahme des Ellbogengelenks digitalisiert und mit Hilfe eines Computerprogramms 4 Winkel, welche vom Mittelpunkt des Kondylus humeri ausgehen und sich an äußeren Gelenkstrukturen orientieren, gemessen:

Winkel OL: beschreibt die Ausrichtung des Olekranons zur der Längsachse des Radius

Winkel PA: beschreibt die nach kranial gerichtete Ausprägung des Proc. anconaeus

Winkel UL: beschreibt die Ausdehnung der Ulna am Gelenk

Winkel RA: beschreibt die Beteiligung des Radius am Gelenk

Für jedes Ellbogengelenk wurde die Lagerung des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme in orthograd, Supination oder Pronation eingeordnet. Zur Evaluierung der Wiederholbarkeit wurden bei einer Stichprobe von 198 DSH die

Winkelmessungen von 2 verschiedenen Personen in drei Messdurchgängen wiederholt.

Bei den in dieser Studie untersuchten Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund wurden 16,34% der Tiere mit den ED – Graden: Grenzfall bis ED – Grad 3 beurteilt, bei den Rottweilern wurden 49,08% dementsprechend eingestuft. Rüden waren hierbei signifikant häufiger und schwerer von ED betroffen. Von den Primärerkrankungen war bei beiden Rassen der fragmentierte Proc. coronoideus medialis ulnae am häufigsten vertreten.

Die Winkelmessung nach MUES (2001) zeigte bei zunehmenden ED – Grad eine Vergrößerung des Winkels PA, welcher zwischen dem Proc. anconaeus und der kranialen Spitze des Olekranons gemessen wird, ebenso wie des Winkels RA, welcher zwischen der kranialen und kaudalen Kontur des Radius gemessen wird. Diese Lokalisationen zeigen schon frühzeitig Osteophytenbildung. Diese Winkel eignen sich deshalb nicht für eine Messung morphologischer Eigenschaften eines Ellbogengelenkes als Basis für ein Zuchtprogramm.

Eine Abweichung von der orthograden Lagerung des Ellbogengelenkes während der Röntgenaufnahme beeinflusste das Punkteschema nach LANG (1998) und TELLHELM (2002) signifikant beim DSH, während der Einfluss für den Rottweiler unterhalb der Signifikanzgrenze blieb. Bei beiden Rassen zeigte sich ein hochsignifikanter Einfluss auf die Winkelmessung nach MUES (2001). Bei Pronation wurden beim DSH und Rottweiler die Winkel PA und RA kleiner und bei Supination größer.

Die 3fache Messung bei 198 Ellbogengelenken des DSH zeigte nur eine geringe Wiederholbarkeit der Winkel mit Werten zwischen  $w = 0,394$  für den Winkel PA und für den Winkel OL den höchsten Wert mit  $w = 0,775$  bei Messung durch 1 Person. Der Vergleich zwischen zwei verschiedene Personen ergab für den Winkel PA das schlechteste Ergebnis mit  $w = 0,119$ , der Winkel OL die höchste Wiederholbarkeit mit  $w = 0,715$ .

Somit zeigte lediglich der Winkel OL relativ verlässliche Winkelmesswerte. Bei der Korrelation nach PEARSON ergab ebenfalls der Winkel OL die höchste Korrelation mit  $r = 0,75$ . Das Punkteschema nach TELLHELM (2002) zeigte insgesamt höhere Korrelationen, die niedrigste Korrelation wies das Merkmal „Sklerose“ mit  $r = 0,86$  auf.

Die Heritabilität lag beim Deutschen Schäferhund für das Punkteschema nach LANG et al. (1998) mit  $h^2 = 0,11$  und für das Schema nach TELLHELM (2002) mit  $h^2 = 0,18$  deutlich niedriger als die der Winkelmessung nach MUES (2001) mit einer Heritabilität von  $h^2 = 0,39$  für den Winkel RA bis  $h^2 = 0,76$  für den Winkel OL auf die Ellbogendysplasie, die Winkel werden also zu einem hohen Anteil genetisch determiniert. Jedoch war die additiv – genetische Korrelation zur ED deutlich geringer als die der Punkteschemata nach LANG et. al. (1998) und TELLHELM (2002).

Im Vergleich zu den Schäferhunden lagen bei den in dieser Studie untersuchten Rottweiler die Heritabilitätsschätzungen der einzelnen Winkel niedriger, auch hier zeigte der Winkel RA die niedrigste Heritabilität mit  $h^2 = 0,18$  und ebenfalls der Winkel OL die größte Heritabilität mit  $h^2 = 0,41$ . Eine positive genetische Korrelation zur ED zeigten die Winkel OL ( $r_g = 0,19$  bis  $0,51$ ) und PA ( $r_g = 0,22$  bis  $0,39$ ). Jedoch differierten die genetischen Korrelationen teilweise erheblich zwischen den verschiedenen Gruppen. Wenn nur die Ellbogengelenkwinkel von ED – freien Hunden in die Analyse einbezogen wurden, lag die genetische Korrelation beim Winkel UL nahe Null ( $r_g = 0,06$ ), dagegen zeigte der Winkel RA eine stark negative Korrelation ( $r_g = - 0,75$ ) zur ED. Wenn dagegen alle auf ED untersuchten Tiere mit einbezogen wurden, war die Korrelation zur ED für den Winkel UL bei  $r_g = - 0,42$  und für den Winkel RA nahe Null bei  $r_g = 0,03$ .

Weitere Forschungen sind notwendig, um abzuschätzen, ob die Winkelmessung nach MUES (2001) unter standardisierten Bedingungen (wie eine orthograde Lagerung und Einhaltung eines Beugewinkels) zu besseren Ergebnissen führt. Die Punkteschemata nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) zeigen Hinweise, dass es sich beim FCP einerseits und dem IPA und der OCD andererseits um zwei genetisch verschiedene Merkmalskomplexe handelt. Die Einbeziehung dieser Tatsache kann eine Verbesserung der Selektion gegen die ED bewirken.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt bringen sowohl die Winkelmessung nach MUES (2001) als auch die Beurteilung nach dem Punkteschema nach LANG et al. (1998) und TELLHELM (2002) aufgrund des erhöhten Arbeitsaufwandes keine Verbesserung der Selektion gegen die Ellbogengelenkdysplasie.

## 7 Summary

The aim of this study was to compare 3 different scoring systems for the evaluation of elbow dysplasia in the German Shepherd dog and the Rottweiler. Particular interest was put on the effect of positioning during the radiological examination.

Radiographs of 19.798 German Shepherd Dogs and 2.430 Rottweilers which had been officially screened for ED were evaluated. For the evaluation two scoring systems were used; one published by LANG et al. (1998) and one published by TELLHELM (2002), using two orthogonal projections (mediolateral and craniocaudal) of each joint.

Seven criteria were evaluated. The first three criteria referred to arthrotic alterations like osteophytes at the dorsal edge of the anconeal process and other localizations as well as a sclerosis along the trochlea notch.

The fourth criterion specified the presence or absence of an incongruity between radius and ulna or humerus and ulna. By means of the last three criteria deformations of the medial coronoid process, anconeal process and trochlea notch were rated. All findings were summed up to a total score per joint.

A different approach published by MUES (2001) tried to determine primary changes of the elbow joint and claimed to have a greater objectivity than commonly used current methods. MUES (2001) measured four angles on digitized mediolateral radiographs of the elbow joint, using special software. Measurements were orientated from the centre of the condylus humeri towards varying points marking outer joint structures:

Angel OL: reflects the inclination of the olecranon towards the axis of the radius.

Angel PA: describes the cranial protrusion of the anconeal process.

Angel UL: shows the joint – forming part of the ulna.

Angel RA: reflects the joint – forming part of the radius.

The position of every elbow joint during the radiological examination was classified as orthograd, supinated or pronated.

To evaluate the repeatability in 198 GSDs angel measurements were repeated three times by two different observers.

From the German Shepard dogs evaluated 16.34 % have been rated with ED Grades borderline to ED grade 3. In the Rottweilers 49.08 % have been rated accordingly.

Male dogs were significantly more often affected by ED – grades 2 and 3 than female dogs. Fragmentation of the coronoid process (FCP) was the most common primary lesion in the present study.

Elbow angles OL, PA and RA increased with a higher ED score, while elbow angle UL decreased with higher ED scores.

The angle measurements according to MUES (2001) show an increase of the angle PA, which is measured between the anconeal process and the cranial part of the Olecranon, the same applies to the angle RA, which is measured between the cranial and caudal contour of the radius. These localizations were early affected by the formation of osteophytes. Therefore these angles are not suitable to detect morphologic changes of the elbow joint in case of screening programs.

Deviation from the orthograde position of the elbow joint during x-ray significantly affected the scoring systems of LANG (1998) and TELLHELM (2002) in the GSD, while in the Rottweiler the effect remained insignificant. The measurements according to MUES (2001) were significantly influenced by positioning in both breeds. In pronation the angles PA and RA decreased and increased with supination.

Repeatability of the angles was small. The highest repeatability was achieved if measurements were done by one observer with  $w = 0.394$  for the angle PA and  $w = 0.775$  for the angle OL. The comparison between two different observer resulted in the worst result for the angle PA with  $w = 0.119$  and the highest repeatability  $w = 0.715$  for the angle OL. Thus only the angle OL showed relatively reliable angle measured values.

The correlation according to PEARSON showed the angle OL with  $r = 0.75$  the highest value. The scoring system of TELLHELM (2002) indicated a generally higher correlation. The lowest correlation showed the criterion “sclerosis” with  $r = 0.86$

The classification protocols according to LANG et al. (1998) and TELLHELM (2002) showed with  $h^2 = 0.11$  respectively  $h^2 = 0.18$  a lower heritability than the angle measurements according to MUES (2001) with  $h^2 = 0.39$  for the angle RA and  $h^2 = 0.76$  for the angle OL.

This implies that the angles are genetically determined. Yet the additive - genetic correlation between the angles and ED was smaller than the correlation between the scoring systems of LANG et. al. (1998) and TELLHELM (2002) and ED.

Compared to the German Shepherd Dogs the heritability estimates of the angles in

---

the Rottweiler were low. The angle RA showed the lowest heritability estimate with  $h^2 = 0.18$  and the angle OL the largest heritability estimate with  $h^2 = 0.41$ . The angles OL ( $r_g = 0.19$  to  $0.51$ ) and PA showed a positive genetic correlation to ED ( $r_g = 0.22$  to  $0.39$ ). However the genetic correlations differed substantially between the different groups. If only the elbow joint angles of ED - free dogs were included in the analysis, the genetic correlation between the angle UL and ED was close to zero ( $r_g = 0.06$ ). On the other hand the angle RA showed a strong negative correlation ( $r_g = -0.75$ ) to ED. All examined dogs were included, the correlation between the angle UL and ED was  $r_g = -0.42$  and for the angle RA  $r_g = 0.03$ .

Further studies are necessary to determine if the angle measurement according to MUES (2001) lead to better results under standardized conditions (orthograde positioning, identical flexion angle). The classification protocols according to LANG et al. (1998) and TELLHELM (2002) indicate the presence of two different genetic traits for FCP on one side and IPA + OCD on the other side. This might help to improve the selection against ED. Currently neither the angle measurements according to MUES (2001) nor the scoring system according to LANG et al. (1998) and TELLHELM (2002) yield improvement in the selection against ED considering the increased effort.

---

## 8 Literaturverzeichnis

ADAMIK, K.-N. (2006)

Vergleich zweier computergestützter Messverfahren für Röntgenbilder zur Bewertung der Ellbogendysplasie beim Rhodesian Ridgeback und Beagle  
Diss Vet Med, Berlin

BERRY, C.R.; DANIEL, G.B. (2006)

Radiation safety, personnel radiation monitoring, and licensing issues  
In: DANIEL, G.B. BERRY, C.R (eds.): Textbook of Veterinary Nuclear Medicine  
(2 ed)  
Raleigh, NC, American College of Veterinary Radiology, 121 - 128

BERZON, J.L.; QUICK, C.B. (1980)

Fragmented Coronoid Process: Anatomical, Clinical and Radiographic Considerations with Case Analyses  
J Am Anim Hosp Assoc 16, 241 – 251

BIENZ, H.A. (1985)

Klinische und radiologische Untersuchungen über den fragmentierten Processus coronoideus medialis im Ellbogengelenk beim Berner Sennenhund und der anderen Sennenhunderassen  
Diss. Vet Med., Zürich

BREIT, S.; KÜNZEL, W.; SEILER, S. (2004)

Variation in the ossification process of the anconeal and medial coronoid process of the canine ulna  
Res Vet Sci 77, 9 – 16

BRUNNBERG, L; VIEHMANN, B.; WAIBL, H. (1999)

Computergestützte Auswertung von Röntgenbildern zur Erfassung von Parametern der Ellbogengelenksdysplasie. Teil 2: Stufenbildung im Gelenk  
Kleintierpraxis 44, 637 – 646

- 
- CARTER, E.M.; RAGGIO, C.L. (2009)  
Genetic and orthopedic aspects of collagen disorders  
Current Opinion in Pediatrics 21, 46 – 54
- COOK, C.R.; COOK, J.L. (2009)  
Diagnostic imaging of Canine Elbow Dysplasia: A Review  
Veterinary Surgery 38, 144 – 153
- CROSS, A.R.; CHAMBERS, J.N. (1997)  
Ununited anconeal process of the canine elbow  
Compend Contin Educ Vet Pract 19, 349 – 361
- DE RYCKE, L.M.; GIELEN, I.M.; VAN BREE, H.; SIMOENS, P.J. (2002)  
Computed tomography of the elbow joint in clinically normal dogs  
Am J Vet Res 63, 1400 – 1407
- DICKOMEIT, M. (2002)  
Anatomische und biomechanische Untersuchungen am Ellbogengelenk des Hundes  
Diss. Vet. Med., München
- EKMAN, S.; CARLSON, C.S. (1998)  
The pathophysiology of osteochondrosis.  
Vet Clin North Am Small Anim Pract 28, 17 – 32
- FEHR, M.; MEYER-LINDENBERG, A. (1992)  
Über die Ellbogengelenkerkrankungen beim Hund  
Kleintierpraxis 37, 427 – 438
- FLÜCKIGER, M. (1992)  
Ellbogendysplasie (ED) beim Hund  
Schweiz Arch Tierheilk 134, 261 – 271

---

FLÜCKIGER, M. (2004) (a)

How to take good radiographs for Elbow Dysplasia screening in your practice  
Proceedings of the 16<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, Greece, 5 – 8

FLÜCKIGER, M. (2004) (b)

Radiographic Projections for the assessment of the Elbow Joint  
Proceedings of the 16<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, Greece, 9 – 14

FLÜCKIGER, M. (2007)

Elbow dysplasia: correct radiographic technique and film interpretation  
Proceedings of the 22<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, München, 19 - 24

FOX, S.M.; BLOOMBERG, M.S.; BRIGHT, R.M. (1983)

Developmental abnormalities of the canine elbow  
J Am Anim Hosp Assoc 19, 605 – 615

FOX, S.M.; WALKER, A.M. (1993)

Identifying and treating the primary manifestations of osteochondrosis of the  
elbow  
Vet Med 88, 132 – 146

GEMMILL, T.J.; HAMMOND, G.; MELLOR, D.; SULLIVAN, M.; BENNETT, D.;  
CARMICHAEL, S. (2006)

Use of reconstructed computed tomography for the assessment of joint spaces  
in the canine elbow  
J Small Anim Pract 47, 66 – 74

---

GORING, R.L.; BLOOMBERG, M.S. (1983)

Selected Developmental Abnormalities of the Canine Elbow: Radiographic Evaluation and Surgical Management  
Comp Contin Educ Vet Pract 5, 178 – 188

GRONAU, F. (2007)

Die Ellbogengelenksdysplasie beim Golden Retriever – Ein Vergleich von zwei computergestützten Messverfahren  
Diss Vet Med, Berlin

GRONDALEN, J. (1979)

Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. III. Ununited medial coronoid process of the ulna and osteochondritis dissecans of the humeral condyle. Surgical procedure for correction and postoperative investigation  
Nord Vet Med 31, 520 – 527

GRONDALEN, J.; GRONDALEN, T. (1981)

Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs. V. A pathoanatomical investigation  
Nord Vet Med 33, 1 – 16

GRONDALEN, J. (1982)

Arthrosis in the elbow joint of young growing dogs, VII. Occurrence in the Rottweiler breed  
Nord Vet Med 34, 76 – 82

GRONDALEN, J.; LINGAAS, F. (1991)

Arthrosis in the elbow joint of young rapidly growing dogs: a genetic investigation  
J Small Anim Pract 32, 460 – 464

---

GUTHRIE, S. (1989)

Use of radiographic scoring technique for the assessment of dogs with elbow osteochondrosis

J Small Anim Pract 30: 639 – 644

GUTHRIE, S.; PIDDUCK, H.G. (1990)

Heritability of elbow osteochondrosis within a closed population of dogs

J Small Anim Pract 31, 93 – 96

GUTHRIE, S.; BUCKLAND-WRIGHT, J.C.; VAUGHAN, L.C. (1991)

Microfocal radiography as an aid to the diagnosis of canine elbow osteochondrosis

J Small Anim Pract 32, 503 – 508

GUTHRIE, S. PLUMMER, J.M.; VAUGHAN, L.C. (1992)

Aetiopathogenesis of canine elbow Osteochondrosis: a study of loose fragments removed at arthrotomy

Res Vet Sci 52, 284 – 291

HAUDIQUET, P.R.; MARCELLIN-LITTLE, D.J.; STEBBINS, M. (2002)

Use of the distomedial-proximolateral oblique radiographic view of the elbow joint for examination of the medial coronoid process in dogs

Am J Vet Res 63, 1000 – 1005

HAZEWINKEL, H.A.W.; VOORHOUT, G. (1986)

Examination and treatment of a loose medial coronoid process in dogs.

Tijdschr Diergeneeskd 111, 1234 – 1245

HAZEWINKEL, H.A.W.; KANTOR, A.; MEIJ, B.P. (1988)

Loose anconeal process

Tijdschr. Diergeneeskd 113, 47 – 49

- 
- HAZEWINKEL, H.A.W. (2003)  
The hereditary aspects of FCP in Labrador Retrievers  
Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, Bangkok, Thailand, 6 – 8
- HAZEWINKEL, H.A.W. (2004)  
Hereditary aspects of ED and ED-screening protocol  
Proceedings of the 16<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, Rhodes, Greece, 22 – 23
- HAZEWINKEL, H.A.W. (2008)  
Elbow dysplasia; definitions and clinical diagnosis  
Proceedings of the 23<sup>rd</sup> annual meeting International Elbow Working Group,  
Dublin, Ireland, 8 – 12
- HEDHAMMER, A.; WU, F.M.; KROOK, L.; SCHRYVER, H.F.; DE LAHUNTA, A.;  
WHALEN, J.P.; KALLFELZ, F.A.; NUNEZ, E.A.; HINTZ, H.F.; SHEFFY, B.E.;  
RYAN, G.D. (1974)  
Overnutrition and skeletal disease. An experimental study in growing Great  
Dane dogs  
Cornell Vet 64, Suppl 5: 5 – 160
- HEINE, A. (2009)  
Genetische Untersuchungen zur Ellbogengelenkdysplasie beim Rottweiler  
Diss Vet Med, Hannover
- HERZOG, A. (1997)  
Allgemeine veterinärmedizinische Genetik  
Lehmanns Buchhandlung, Gießen, S. 81 – 83

- 
- HOLWORTH, W.J.; WISNER, E.R.; SCHERRER, W.E.; FILIPOWITZ, D.; KASS, P.H.; POOYA, H.; LARSON, R.F.; SCHULZ, K.S. (2005)  
Accuracy of computerized tomographic evaluation of canine radio-ulnar incongruence in vitro  
Vet Surg 34, 108 – 113
- HORNOF, W.J.; WIND, A.P.; WALLACK, S.T.; SCHULZ, K.S. (2000)  
Canine Elbow Dysplasia: The Early Radiographic Detection of Fragmentation of the Coronoid Process  
Vet Clin North Am Small Anim Pract. 30, 257-266
- JANACH, K.J.; BREIT, S.M.; KÜNZEL, W.W.F. (2006)  
Assessment of the geometry of the cubital (elbow) joint of dogs by use of magnetic resonance imaging  
Am J Vet Res 67, 211 – 218
- JANTHUR, I.; MEYER – LINDENBERG, A.; FEHR, M. (2000)  
Arthroskopische Diagnostik von Ellbogengelenkerkrankungen beim Hund  
Tierärztliche Praxis 28, 11 – 18
- JANUTTA, V.; HAMANN, H.; KLEIN, S.; TELLHELM, B.; DISTL, O. (2005)  
Genetic evaluation of elbow angles as predictors of elbow dysplasia in German shepherd dogs  
J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med 52, 254 – 261
- JANUTTA, V.; HAMANN, H.; KLEIN, S.; TELLHELM, B.; DISTL, O. (2006)  
Genetic analysis of three different classification protocols for the evaluation of elbow dysplasia in German shepherd dogs  
J Small Anim Pract 47, 75 – 82

---

KEALY, R.D.; LAWLER, D.F.; BALLAM, J.M.; LUST, G.; BIERY, D.N.; SMITH, G.K.;  
MANTZ, S.L.(2000)

Evaluation of the effect of limited food consumption on radiographic evidence of  
osteoarthritis in dogs

J Am Vet Med Assoc 217, 1678 – 1680

KIRBERGER, R.M.; FOURIE, S.L. (1998)

Elbow dysplasia in the dog: pathophysiology, diagnosis and control

Jl S Afr vet Ass 69, 43 – 54

KIRBERGER, R.M. (2003)

Elbow Dysplasia in the dog-What is it?

Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working  
Group, Bangkok, Thailand, 15 – 19

KIRCHHOFF, T.J.M. (2003)

Genetische Analyse der Hüft- und Ellbogengelenkdysplasie beim Deutschen  
Schäferhund

Diss Vet Med, Hannover

KLUMPP, S. (2009)

Vergleich der Computertomographie und Magnetresonanztomographie im  
Hinblick auf die Wertigkeit zur Diagnose der Koronoiderkrankung am  
Ellbogengelenk des Hundes

Diss Vet Med, Gießen

KNOX, V.W.; SEHGAL, C.M.; WOOD, A.K.W. (2003)

Correlation of ultrasonographic observations with anatomic features and  
radiography of the elbow joint in dogs

Am J Vet Res 64: 721 – 764

- 
- KOCH, R.; HEMMES, M.-J.; ENGELKE, E.; MEYER, W.; WAIBL, H. (2005)  
Die Kollateralbänder des Ellbogengelenkes beim Hund: Morphometrie und Struktur  
Kleintierpraxis 50 (12), 745 – 808
- KÖNIG, H.E.; LIEBICH, H.G. (2002)  
Anatomie der Haussäugetiere – Lehrbuch und Farbatlas für Studium und Praxis  
Schattauer Verlag, 2.Auflage, Band1, S.139 – 143, 154 – 157, 182 – 185
- KÖRBEL, J.; WILCKEN, R.; HUSKAMP, B. (2001)  
Computertomographische Diagnostik am Ellbogengelenk des Hundes  
Kleintierpraxis 46, 312 – 384
- KRAMER, M.; GERWING, M.; HACH, V.; SCHIMKE, E. (1997)  
Sonography of Musculoskeletal system in dogs and cats  
Veterinary Radiology & Ultrasound 38, 139 – 149
- LAFOND, E.; BREUR, G.J.; AUSTIN, C.C. (2002)  
Breed Susceptibility for developmental orthopedic diseases in dogs  
J Am Anim Hosp Assoc 38, 467 – 477
- LIEBICH, H.G. (1999)  
Funktionelle Histologie der Haussäugetiere  
Schattauer Verlag, 3. Auflage, 81 – 84
- LEWIS, D.D.; PARKER, R.B.; HAGER, D.A. (1989)  
Fragmented medial coronoid process of the canine elbow  
Compend Contin Educ Vet Pract 11, 703 – 715
- LEWIS, D.D.; McCARTHY, R.J.; PECHMANN, R.D. (1992)  
Diagnosis of common developmental orthopedic conditions in canine pediatric patients  
Compend Contin Educ Vet Pract 14, 287 – 301

- 
- MÄKI, K.; LIINAMO, A.E.; OJALA, M. (2000)  
Estimates of genetic parameters for hip and elbow dysplasia in Finnish Rottweilers  
J Anim Sci 78, 1141 – 1148
- MÄKI, K.; GROEN, A.F.; LIINAMO, A.E.; OJALA, M. (2002)  
Genetic variances, trends and mode of inheritance for hip and elbow dysplasia in Finnish dog populations  
J Anim Sci 75, 197 – 207
- MÄKI, K.; JANSS, L.L.G.; GROEN, A.F.; LIINAMO, A.E.; OJALA, M. (2004)  
An indication of major genes affecting hip and elbow dysplasia in four finnish dog populations  
Heredity 92, 402 – 408
- MASON, D.R.; SCHULZ, K.S; SAMII V.F.; FUJITA, Y.; HORNOF, W.J.; HERRGESELL, E.J.; LONG, C.D.; MORGAN, J.P.; KASS, P.H. (2002)  
Sensitivity of radiographic evaluation of radio – ulnar incongruence in the dog in vitro  
Vet Surg 31, 125 – 132
- MASON, D.R.; SCHULZ, K.S; FUJITA, Y.; KASS, P.H.; STOVER, S.M. (2005)  
In vitro force mapping of normal canine humeroradial and humeroulnar joints  
Am J Vet Res 66, 132 – 135
- MAIERL, J.; BÖTTCHER, P; LIEBICH, H.-G. (2004)  
New aspects of the functional anatomy of the canine elbow joint  
Proceedings of the 12<sup>th</sup> ESVOT Congress, München, 85
- MEYER-LINDENBERG, A. (1991)  
Der isolierte Proc. anconaeus des Hundes – Vorkommen, Behandlung und Ergebnisse  
Kleintierpraxis 36, 671 – 679

---

MEYER-LINDENBERG, A. (2004)

How I manage elbow incongruity

Proceedings of the 12<sup>th</sup> ESVOT Congress, München, 113

MEYER-LNDENBERG, A.; FEHR, M.; NOLTE, I. (2006)

Co-existence of ununited anconeal process and fragmented medial coronoid process of the ulna in the dog

J Small Anim Pract 47, 61 – 65

MICHELE, U. (2000)

Die Sonographie des Ellbogengelenkes und seines Weichteilmantels beim gesunden erwachsenen Hund

Diss Vet Med, Gießen

MIYABAYASHI, T.; TAKIGUCHI, M., SCHRADER, S.C.; BILLER, D.S. (1995)

Radiographic anatomy of the medial coronoid process of dogs

J Am Anim Hosp Assoc 31, 125 – 132

MIYABAYASHI, T. (2003)

Imaging techniques for diagnosing Elbow Dysplasia

Proceedings of the 15<sup>th</sup> annual meeting of the International Elbow Working Group, Bangkok, Thailand, 13 – 15

MORGAN, J.P.; WIND, A.; DAVIDSON, A.P. (2000)

Elbow dysplasia

In: MORGAN, J.P.; WIND, A.; DAVIDSON, A.P. (Hrsg.): Hereditary bone and joint diseases in the dog

Verlag Schlütersche GmbH & Co.KG, Hannover, 41 – 94

---

MURPHY, S.T.; LEWIS, D.D.; SHIROMA, J.T.; NEUWIRTH, L.A.; PARKER, R.B.; KUBILIS, P.S. (1998)

Effect of radiographic positioning on interpretation of cubital joint congruity in dogs

Am J Vet Res 59, 1351 – 1357

MUES (2001)

Charakterisierung und Vererbung des Arthroserisikos der Ellbogengelenksdysplasie (ED) beim Hund

Diss Vet Med, Giessen

NAP, R.C.; HAZEWINDEL, H.A.; VOORHOUT, G.; VAN DEN BROM, W.E.; GOEDEGEBUURE, S.A.; VAN 'T KLOOSTER, A.T. (1991)

Growth and skeletal development in Great Dane pups fed different levels of protein intake

J Nutr 121, Suppl 11: 107 – 113

NAP, R.C. (1995)

Pathophysiology and clinical aspects of canine elbow dysplasia

Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Elbow Working Group, Konstanz, Deutschland, 6 – 8

NAP, R.C. (2003)

Nutritional influences on orthopedic conditions in the dog

Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Elbow Working Group, Bangkok, Thailand,

NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E. (2003)

Passiver Bewegungsapparat, Skelettsystem und Gelenklehre, Arthrologia:

In: NICKEL, R.; SCHUMMER, A.; SEIFERLE, E.: Lehrbuch der Anatomie der Hausäugetiere, Band 1, Auflage

Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg,

---

OLSSON, S.E. (1974)

A new type of elbow joint dysplasia in the dog: a preliminary report  
Svensk Vet Tidn 26, 152 – 157

OLSSON, S.E. (1975)

Lameness in a dog: a review of lesions causing osteoarthritis of the shoulder,  
elbow, hip, stifle and hock joint  
Proc of the Am Anim Hosp Assoc 42, 363 – 369

OLSSON, S.E. (1977)

Osteochondrosis of the elbow joint in the dog: Its manifestation, indications for  
surgery and surgical approach  
Arch Am Coll Vet Surg 6, 46

OLSSON, S.E. (1983)

The early diagnosis of fragmented coronoid process and osteochondritis  
dissecans of the canine elbow joint  
J Am Anim Hosp Assoc 19: 616 – 626

OLSSON, S.E. (1993)

Pathophysiology, morphology and clinical signs of osteochondrosis in the dog.  
In: Borjarb MJ, Smeak DD, Bloomberg MS.  
Disease mechanism in small animal surgery, sec.ed.  
Philadelphia: Lea & Febiger, 777 – 796

POTEET, B.A. (2006)

Small animal skeletal scintigraphy  
In: Daniel, G.B.; Berry, C.R. (eds)  
Textbook of Veterinary Nuklearmedizin (ed 2)  
Raleigh, N.C., American Collage of veterinary Radiology, 143 – 164

---

PRESTON, C.A.; Schulz, K.S.; KASS, P.H. (2000)

In vitro determination of contact areas in the normal elbow joint of dogs

Am J Vet Res 61, 1315 – 1321

PRESTON, C.A.; SCHULZ, K.S.; TAYLOR, K.T.; KASS, P.H.; HAGAN, C.E.;  
STOVER, S.M. (2001)

In vitro experimental study of the effect of radial shortening and ulnar ostectomy  
on contact patterns in the elbow joint of dogs

Am J Vet Res 62, 1548 – 1556

PROBST, C.W. (1988)

Fragmented medial coronoid process and osteochondritis dissecans of the  
elbow

Comp Amin Pract, 27 – 33

PSCHYREMBEL KLINISCHES WÖRTERBUCH (2007)

De Gruyter Verlag, 261. Auflage, S. 471

READ, R.A. (1993)

Osteochondrose und Ellbogenarthrose bei jungen Hunden: Häufigkeit,  
Diagnose und Therapie

Waltham International Focus 2, 2 – 10

REICHLE, J.K.; SNAPS, F. (1999)

The Elbow

Clinical techniques in Small Animal Practise 14, 177 – 186

REMY, D.; NEUHART, L.; FAU, D., GENEVOIS, J.P. (2004)

Canine elbow dysplasia and primary lesions in German shepherd dogs in  
France

J Small Anim Pract 45, 244 – 248

- 
- SALG, K.G.; TEMWITCHITR, J.; IMHOLZ, S.; HAZEWINDEL, H.A.W.;  
LEEGWATER, P.A.J. (2006)  
Assessments of collagen genes involved in fragmented medial coronoid  
process development in Labrador Retrievers as determined by affected sibling  
– pair analysis  
Am J Vet Res 67, 1713 – 1718
- SCHICHA, H. (1993)  
In: Nuklearmedizin: CompactLehrbuch  
Schattauer Verlag, 2. Auflage, Kapitel 13, 255 – 273
- SCHLEICH, S. (1997)  
Vergleich klinischer, röntgenologischer und intraoperativer Befunde beim  
fragmentierten Processus coronoideus medialis ulnae und der Osteochondrosis  
dissecans an der Trochlea humeri beim Hund  
Diss Vet Med, Gießen
- SCHOENMAKERS, I.; HAZEWINDEL, H.A.W.; VOORHOUT, G.; CARLSON, C.S.;  
RICHARDSON, D. (2000)  
Effect of diets with different calcium and phosphorous contents on the skeletal  
development and bloody chemistry of growing Great Danes  
Vet Rec 147, 652 – 660
- SCHWARZ, T.; JOHNSON, V.S.; VOUTE, L.; SULLIVAN, M. (2004)  
Bone scintigraphy in the investigation of occult lameness in the dog  
J Small Anim Pract 45, 232 – 237
- SCHWENKE, M; Van DEN BROM, W.E.; HAZEWINDEL, H.A.W. (2004)  
Morphological measurements for arthrosis risk in elbow dysplasia: a new  
method?  
Vet Comp Orthop Traumatol 17, 225 – 231

---

SEYREK-INTAS, D.; MICHELE, U.; TACKE, S.; KRAMER, M.; GERWING, M.  
(2009)

Accuracy of ultrasonography in detecting fragmentation of the medial coronoid process in dogs.

J Am Vet Med Assoc 234, 480 – 485

SNAPS, F.; SAUNDERS, J.; PARK, R.; DAENEN, B.; BALLIGAND, M.;  
DONDELINGER, R. (1998)

Comparison of spin echo, gradient echo and fat saturation magnetic resonance imaging sequences for imaging the canine elbow

Veterinary Radiology & Ultrasound 39, 518 – 523

STEIN, S. (2007)

Die computergestützte Ausmessung von Röntgenbildern des Ellbogengelenkes mittels zweier Meßmethoden beim Berner Sennenhund

Diss Vet Med, Berlin

STURARO, E.; OJALA, M.; MÄKI, K.; BITTANTE, G.; CARNIER, P.; PEDRANI, G.;  
GALLO, L. (2005)

Results from an explorative screening program for elbow dysplasia in some breeds of dogs in Italy

Italian J Anim Sci 4, 233 – 240

TELLHELM, B. (2002)

Persönliche Mitteilung

TELLHELM, B. (2005)

Röntgendiagnostik am Ellbogengelenk beim Hund

Prakt Tierarzt 6, 398 – 403

TROSTEL, C. T.; MCLAUGHLIN, R. M.; POOL, R. R. (2003) (a)

Canine Elbow Dysplasia: Anatomy and Pathogenesis

Compend Contin Educ Vet Pract 25, 754 – 761

- 
- TROSTEL, C. T.; MCLAUGHLIN, R. M.; POOL, R. R. (2003) (b)  
Canine Elbow Dysplasia: Incidence, Diagnosis, Treatment and Prognosis  
Compend Contin Educ Vet Pract 25, 763 – 773
- UBBINK, G.J.; VAN DE BROECK, J.; HAZEWINKEL, H.A.W.; ROTHUIZEN, J.  
(1998)  
Cluster analysis of the genetic heterogeneity and disease distributions in  
purebred dog populations  
Vet Rec 142, 209 – 213
- UBBINK, G.J.; HAZEWINKEL, H.A.W.; VAN DE BROECK, J.;  
ROTHUIZEN, J. (1999)  
Familial clustering and risk analysis for fragmented coronoid process and elbow  
joint incongruity in Bernese Mountain Dogs in The Netherlands  
Am J Vet Res 60, 1082 – 1087
- UBBINK, G.J.; HAZEWINKEL, H.A.W.; VAN DE BROECK, J.;  
ROTHUIZEN, J. (2000)  
Prediction of the genetic risk for fragmented coronoid process in Labrador  
retrievers  
Vet Rec 147, 149 – 152
- VAN RYSSEN, B.; VAN BREE, H.; SIMOENS, P. (1993)  
Elbow arthroscopy in clinically normal dogs  
Am J Vet Res 54, 191 – 199
- VIEHMANN, B.; WAIBL, H.; BRUNNBERG, L. (1999)  
Computergestützte Auswertung von Röntgenbildern zur Erfassung von  
Parametern der Ellbogengelenksdysplasie. Teil 1: Incisura trochlearis ulnae  
Kleintierpraxis, 44, 595 – 606

---

VOLLMERHAUS B., SCHEBITZ H., ROOS H., BRUNNBERG L., KLAWITER-POMMER J., WAIBL H. (1981)

Zur Anatomie der Fugenknorpel langer Röhrenknochen des Hundes

2. Mitteilung: Fugenknorpel des Radius und der Ulna

Kleintierpraxis 26: 81 – 88

VOORHOUT, G.; HAZELWINKEL, H.A.W. (1987)

Radiographic evaluation of the canine elbow joint with special reference to the medial humeral condyle and the medial coronoid process

Veterinary Radiology 28: 158 – 165

WAIBL, H. (1994)

Anatomie des Ellbogengelenks

Der Praktische Tierarzt 5, 393 – 394

WAGNER, K.; GRIFFON, D.J.; THOMAS, M.W.; SCHAEFFER, D.J.; SCHULZ, K.; SAMII, V.F. (2007)

Radiographic, Computed Tomographic, and Arthroscopic Evaluation of Experimental Radio-Ulnar Incongruence in the dog

Vet Surg 36: 691 – 698

WALDE, I.; HUTTER, H. (1984)

Osteochondrosis dissecans des medialen Condylus humeri (Osteochondrosis dissecans cubiti - O.D.C.)

Kleintierpraxis 29, 173 – 178

WALDE, I., TELLHELM, B. (1991)

Der fragmentierte Processus coronoideus medialis ulnae (FCP) und die Osteochondrosis dissecans (OCD) im Ellbogengelenk und im Sprunggelenk des Hundes –Literaturübersicht, Diagnose und Therapie

Wiener Tierärztliche Monatsschrift 78, 414 – 424

WALKER, T.M. (1998)

A redefined type of elbow dysplasia in the dog – 2 cases  
Can Vet J 39, 573 – 575

WIND, A.P. (1986)

Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog, Part I  
J Am Anim Hosp Assoc 22, 711 – 724

WIND, A.P.; PACKARD, M.E. (1986)

Elbow incongruity and developmental elbow diseases in the dog, Part II  
J Am Anim Hosp Assoc 22, 725 – 730

WISLER, J.; SUMMER – SMITH, G. (1977)

Osteochondrosis in the elbow joint in the dog  
J Am Anim Hosp Assoc 13, 349 – 354

WISNER, E.R; Pollard, R.E. (2007)

Orthopedic diseases of young and growing dogs and cats  
In: Thrall, D.E. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology 5<sup>th</sup> Ed.  
Saunders Elsevier, 268 – 283

WOLSCHRIJN, C.F.; GRUYS, E.; WEIJS, W.A. (2005)

Microcomputed tomography and histology of a fragmented medial coronoid  
process in a 20-week-old Golden Retriever  
Vet Rec, 157, 383 – 386

ZONTINE, W.J.; WEITKAMP, R.A.; LIPPINCOTT (1989)

Redefined type of elbow dysplasia involving calcified flexor tendons attached to  
the medial humeral epicondyle in three dogs  
J Am Vet Med Assoc 8, 1082 – 1985

---

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen haben.

Herrn Professor Dr. Martin Kramer danke ich für die freundliche Überlassung des Themas, die große Hilfsbereitschaft bei der Durchführung und Fertigstellung der Arbeit, sowie die jederzeit bereitwillig gewährte Unterstützung.

Ganz besonders danken möchte ich Herrn Dr. Bernd Tellhelm für die freundliche Atmosphäre, die fachliche und persönliche Unterstützung und dafür dass er mein Interesse an der Radiologie weiter gefördert hat.

Herrn Prof. Dr. Distl und besonders PD Dr. habil. Kathrin – Friederike Stock aus dem Institut für Tierzucht und Vererbungsforschung, Hannover danke ich für die hervorragende Zusammenarbeit und unermüdliche Betreuung.

Bei der ganzen Truppe der Radiologie (den „Kindern des Lichts“) möchte ich mich für die freundschaftliche Zusammenarbeit von ganzen Herzen bedanken.

Charlotte, Miriam, Nele, Stephan, Kerstin, Heike und Judith nicht nur Kollegen, sondern Freunde geworden – „Sushi all you can eat“ forever.

Nadine, ich danke Dir, dass Du immer für mich da bist, Dein offenes Ohr und deine lebenswürdige Art. Ich sage ganz einfach, Danke für Deine wunderbare Freundschaft!

Meiner Schwester Heike, meinem Lieblingsschwager Guido, den besten Patenkindern Pascal und Alina danke ich für Eure aufmunternden Worte während aller Krisenzeiten und dass Ihr immer an mich geglaubt habt.

Einen ganz großen Dank an meinen Freund Jan für seine grenzenlose Geduld und Unterstützung - wie schön, dass es Dich gibt!

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir, wie immer in meinem Leben, stets zur Seite standen und ohne sie meine Ausbildung und diese Arbeit überhaupt nicht möglich gewesen wären. Danke, dass Ihr immer für mich da seid und hinter mir steht! HUUUII, es ist geschafft!

## Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten.

Sandra Klein



*édition scientifique*  
**VVB LAUFERSWEILER VERLAG**

VVB LAUFERSWEILER VERLAG  
STAUFENBERGRING 15  
D-35396 GIESSEN

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

9 783835 195370



© Otmar Smit - Fotolia.com