

## 5 Diskussion

Derzeit existieren auf radiologischer Basis verschiedene Bewertungssysteme für die ED wie z. B. das Punktesystem nach GUTHRIE (1989) oder LANG *et al.* (1998). International anerkannt ist das Auswertungssystem der International Elbow Working Group (IEWG). Dieses beruht auf Ausmaß und Grad *sekundärer* arthrotischer Veränderungen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war, zwei computergestützte Messverfahren zur Beurteilung *primärer* Merkmale des Ellbogengelenks beim Rhodesian Ridgeback und beim Beagle zu vergleichen. Die mediolateralen Röntgenaufnahmen der Ellbogengelenke von 204 Rhodesian Ridgebacks und 20 Beaglen wurden messtechnisch vergleichend im Verfahren nach MUES und VIEHMANN evaluiert. Der Rhodesian Ridgeback wurde gewählt, weil er als große Rasse, im Gegensatz zu ED gefährdeten Rassen wie Berner Sennenhund, Deutscher Schäferhund oder Rottweiler, bisher als so gut wie ED-frei gilt und so als „Referenz“ für große Rassen steht. Der Beagle ist ein Hund einer mittelgroßen Rasse, der nicht als Risikogruppe einer Ellbogengelenksdysplasie gilt. Es wurden auf dem Gebiet der Hüftgelenksdysplasie bereits Verfahren zur objektiven Merkmalserfassung entwickelt: Messung des Norberg-Winkels (NORBERG, 1964), Messung der Pfannentiefe (PIEHLER, 1967) und Messung des Öffnungswinkels  $\beta$  (RICHTER, 1977).

Grundlagen für die vorliegende Untersuchung sind die Arbeiten von VIEHMANN (1998) und MUES (2001). BRUNNBERG *et al.* (1999) und VIEHMANN (1998) haben Röntgenbilder von Ellbogengelenken computergestützt ausgewertet und damit Parameter einer ED erfassen können. Es wurden die Ellbogengelenke von 157 Berner Sennenhunden und 50 Rhodesian Ridgeback mit dem computergestützten Bildverarbeitungsprogramm der Firma Innovationstechnik vermessen. Kernaussagen der Arbeiten waren, dass ein großer Kondylus, eine ellipsoid geformte Incisura trochlearis ulnae, eine Kranialverlagerung des Humerus und eine Stufenbildung beim Berner Sennenhund sowohl einzeln als auch kombiniert als Ellbogengelenksdysplasiefaktoren anzusehen sind.

MUES hat 2001 eine Methodik auf der Basis von Winkelmessungen erar-

beitet, mit der er eine objektive Beurteilung des Ellbogengelenks im Hinblick auf die Entstehung von Arthrosen und deren Vererblichkeit voraussagen kann. In der Studie wurden bei 2114 Rottweilern und 447 Deutschen Schäferhunden die Ellbogengelenke vermessen. Es wurde gezeigt, dass die genetisch bedingte Veranlagung zur Arthrosebildung mit Hilfe objektiver Messverfahren charakterisiert werden kann. Aus den gemessenen Winkeln wurde eine Schätzformel entwickelt, die den Genotyp für Arthrosebildung beschreibt. Die Messungen der beiden Verfahren wurden so angelegt, dass im Gegensatz zum ED-Gutachten primäre, morphologische Strukturen am Ellbogengelenk beschrieben werden und weniger die sekundäre Arthrosebildung.

Bei den in dieser Studie untersuchten Rhodesian Ridgebacks handelt es sich überwiegend um jüngere Tiere: 40% waren zwischen 1 und 1,5 Jahre alt und bei einem Viertel der Hunde (26,5%) lag das Alter zwischen 1,5 und 2 Jahren. Die Beaglegruppe war älter: Hier lag der Anteil der Hunde zwischen 1 und 1,5 Jahren bei 5,5%, etwa ein Viertel der Hunde war zwischen 2 und 3 Jahre alt und eine große Gruppe bildeten Hunde im Alter von 5 Jahren mit 40%. Das Geschlecht verteilte sich sowohl beim Rhodesian Ridgeback (60,8%) als auch beim Beagle (70%) zugunsten der weiblichen Tiere. Von den 204 Rhodesian Ridgebacks waren 9 (4,4%) mit einem Grad 1 von einer Ellbogengelenksdysplasie betroffen. Damit ist die Gruppe der an ED erkrankten Rhodesian Ridgebacks sehr klein. Von den neun betroffenen Hunden litten sechs an beidseitiger ED, zwei hatten nur am linken, ein Hund nur am rechten Ellbogengelenk eine ED. Die ED-Form war bei allen neun Hunden ein FPC.

Um eine Beeinflussung des Messenden zu verhindern, waren die Röntgenbilder der Hunde mit ED Grad 1 nicht von den gesunden getrennt, so dass der Messende nicht wusste, um welchen ED Grad es sich handelte. Außerdem wurden drei Messdurchgänge im Abstand von mindestens einem Monat durchgeführt, wodurch ein Wiedererkennen markanter Veränderungen wohl vermieden wurde.

## 5.1 Messung nach MUES

### 5.1.1 Winkelmessung nach MUES und Rassenvergleich bei gesunden Hunden

Da Winkel ein relatives Maß darstellen, wäre zu erwarten, dass sie sich innerhalb verschiedener Hundegrößen wenig unterscheiden. Mit dem Mittelwertvergleich sollte festgestellt werden, ob der Beagle als kleinerer Hund, neben einem kleineren Gelenk, auch eine andere Gelenksgeometrie hat als der größere Rhodesian Ridgeback. Der erwartungsgemäße Unterschied in der **Kondylengröße** (Gelenksgröße) zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle konnte durch Messen der Kondylenpixel<sub>M</sub> (Bildpunkte innerhalb des Kreises der Trochlea humeri) bestätigt werden. Das Gelenk ist beim Rhodesian Ridgeback signifikant größer. Eine weitere signifikante Abweichung besteht beim **OL Winkel**, der die Stellung des Olekranons zur Achsenparallelen des Radius beschreibt. Beim Rhodesian Ridgeback ist OL signifikant größer als beim Beagle ( $p = 0,00$ ). Die in dieser Studie gemessenen Winkel unterscheiden sich von den Ergebnissen in der Arbeit von MUES für den Rottweiler und Deutschen Schäferhund: Der OL Winkel liegt im Mittel beim gesunden Rhodesian Ridgeback höher als beim gesunden Deutschen Schäferhund oder gesunden Rottweiler. Die Spannweite des OL Winkels ist beim Rhodesian Ridgeback mit  $23,7^\circ$  außerdem kleiner als beim Rottweiler mit  $29^\circ$ . Der **PA Winkel** beschreibt die kraniale Ausprägung des Processus anconaeus ulnae. Er zeigt ähnliche Werte bei Rhodesian Ridgeback und Beagle, während er beim Rottweiler und auch beim Deutschen Schäferhund niedriger ist. Die Spannweite liegt beim Rhodesian Ridgeback mit  $22,3^\circ$  niedriger als beim Rottweiler mit  $24^\circ$ . Der **UL Winkel** beschreibt den Umspannungsgrad des Radius durch die Incisura trochlearis. Der Mittelwert liegt beim Rhodesian Ridgeback und beim Beagle höher als bei Rottweiler und Deutschem Schäferhund. Die Spannweite des UL Winkels lag in dieser Studie mit  $22,5^\circ$  niedriger als in der Studie von MUES mit  $37^\circ$ . Der **RA Winkel** beschreibt die Gelenkfläche des Radius und ist bei allen vier Rassen ähnlich hoch. Die Spannweite ist mit  $25,2^\circ$  beim Rhodesian Ridgeback ähnlich wie beim Rottweiler mit  $27^\circ$ .

**Tabelle 5.1:** Mittelwertvergleich der verschiedenen Rassen mit ED Grad 0 bei der Winkelmessung nach MUES

Parameter	Rhodesian Ridgeback	Beagle	Rottweiler	DSH
OL Winkel	24,2	21	23,6	21,6
PA Winkel	32,0	32,0	24,4	29,6
UL Winkel	117,4	117,0	114,5	113,8
RA Winkel	79,0	78,0	81,1	81,1
Kondylenpixel <sub>M</sub>	35,0	25,3	—	—

### 5.1.2 Vergleich zwischen Hunden mit ED Grad 1 und ED Grad 0

Bei dem Vergleich der Winkel zwischen Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 und mit ED Grad 0 gibt es einen signifikanten Unterschied beim Winkel RA und bei den Kondylenpixeln<sub>M</sub>. Der Winkel RA ist mit  $p = 0,027$  und die Kondylenpixel<sub>M</sub> mit  $p = 0,008$  beim Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 höher als bei ED 0. Von ED Grad 1 betroffene Rhodesian Ridgebacks haben demnach eine größere Trochlea humeri als gesunde. Die Mittelwertvergleiche bei den von MUES untersuchten Rottweilern wiesen bei arthrotisch veränderten Gelenken höhere Werte sowohl für RA als auch für OL und PA auf, und zudem niedrigere Werte für den UL Winkel. Auch der Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 hat niedrigere Werte für den UL Winkel, welche sich aber nicht signifikant unterscheiden.

**Tabelle 5.2:** Mittelwertvergleich der verschiedenen Rassen mit ED Grad 1 bei der Winkelmessung nach MUES

Parameter	Rhodesian Ridgeback	Rottweiler	DSH
OL Winkel	24,3	25,8	21,8
PA Winkel	34,2	25,1	29,4
UL Winkel	117,0	112,1	113,5
RA Winkel	82,2	82,1	81,6
Kondylenpixel <sub>M</sub>	37,2	—	—

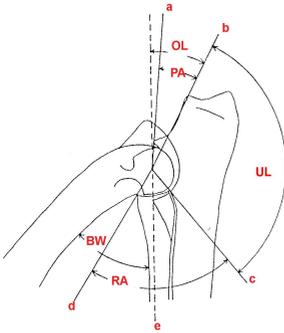
### 5.1.3 Wiederholbarkeit der Winkelmessungen

Um die Wiederholbarkeit der Messwerte zu bestimmen, wurden die Winkel pro Gelenk drei Mal gemessen. Zur Bestimmung der Wiederholbarkeit jeder Messung wurde eine Korrelation zwischen den Messdurchgängen berechnet (Korrelation nach PEARSON). Die Korrelation wurde zwischen Messung 1 und 2, Messung 1 und 3 sowie zwischen Messung 2 und 3 und aus den drei Korrelationen der Mittelwert berechnet. An der Wiederholbarkeit lässt sich die Zuverlässigkeit eines Parameters ermitteln. Da eine Messwiederholung von drei gering ist, werden hohe Korrelationen benötigt. Als Grenzwert für die Wiederholbarkeit wurde hier eine Korrelation von  $r \geq 0,70$  festgelegt. Parameter mit Korrelationen unter  $r \geq 0,70$  sind zur Bewertung der Gelenke nicht ausreichend. Da die Korrelation in Relation zum Messfehler steht, ist entsprechend bei niedriger Korrelation davon auszugehen, dass der Messfehler hoch ist. Der Beugewinkel mit  $r = 0,953$  rechts und  $0,965$  links und die Kondylenpixel<sub>M</sub> mit  $r = 0,729$  rechts und  $0,751$  links zeigen die höchste Korrelation zwischen den Messdurchgängen, wobei von diesen zwei Parametern nur die Kondylenpixel<sub>M</sub> wichtig für die Beurteilung des ED Grades sind. Der in dieser Studie beim Rhodesian Ridgeback signifikant vom ED Grad beeinflusste RA Winkel hat rechts eine Korrelation von  $r = 0,528$  und links  $r = 0,607$ . Eine ausreichende Wiederholbarkeit zeigen demnach nur die Parameter Kondylenpixel. In der Studie von MUES fehlen Vergleichswerte, da die Gelenke nicht mehrmals gemessen wurden.

### 5.1.4 Korrelation zwischen dem Gliedmaßenpaar

Bei der Korrelationsstudie zwischen den Gliedmaßenpaaren eines Hundes sollte im Seitenvergleich ermittelt werden, wie stark sich rechtes und linkes Gelenk des gleichen Hundes unterscheiden. Entgegen den Erwartungen weichen die Gelenkkonfigurationen der beiden Gliedmaßen stark voneinander ab. Die Ergebnisse der Korrelationsstudie unterscheiden sich zudem von den in der Arbeit von MUES festgestellten Korrelationen innerhalb der Gliedmaßenpaare: Es zeigte sich bei den Rhodesian Ridgebacks eine leichte und bei den Beagles eine starke Abweichung der Korrelationen. Aber auch der Rhodesian Ridgeback wies, wie der Rottweiler in der Studie von MUES, die höchste Korrelation beim Winkel OL auf. Die niedrigste Übereinstimmung zwischen rechten und linken Gelenk ergab beim Rhodesian Ridgeback der RA Winkel und beim Beagle der UL Winkel. Beim Rhodesi-

## 5 Diskussion



**Abbildung 5.1:** Messprinzip nach MUES

an Ridgeback sind alle Korrelationen auf dem 1%-Niveau signifikant. Für den Beagle besteht beim UL und RA Winkel keine Korrelation. Seine Korrelation für den Winkel OL ist auf dem 5%-Niveau, die für den PA Winkel und Kondylenpixel auf dem 1%-Niveau signifikant.

**Tabelle 5.3:** PEARSON-Korrelation der Winkel nach MUES zwischen rechter und linker Gliedmaße

Parameter	Rhodesian Ridgeback	Beagle	Rottweiler
	eigene Untersuchung	eigene Untersuchung	MUES
OL Winkel	0,77	0,50	0,83
PA Winkel	0,65	0,61	0,60
UL Winkel	0,67	0,12	0,70
RA Winkel	0,53	0,33	0,61
Kondylenpixel <sub>M</sub>	0,83	0,81	—

### 5.1.5 Korrelation der Winkel untereinander

Um den Einfluss der Winkel aufeinander bzw. die Abhängigkeit der Winkel voneinander zu prüfen, wurde die Korrelation zwischen den Gelenkwinkeln geprüft. Bei Korrelation der Winkel wäre zu erwarten, dass bei Größerwerden eines Winkels sein benachbarter Winkel kleiner wird. Bei der Messung nach MUES haben alle Winkel die Gelenkmitte als gemeinsamen Ausgangspunkt. Die beiden „ulnainternen“ Winkel UL und PA haben

daneben zwei markante Knochenpunkte am Rand der Ulna (Gerade a und c) sowie innerhalb der Ulna (Gerade b) gemeinsam. Eine Änderung der Geraden b könnte zugleich beide Winkel verändern. Die Winkel OL und RA sind u. a. von der Position der Ulna abhängig, so dass sie sich bei Proximal- oder Distalverschiebung der Ulna beide gleichzeitig ändern sollten. Eine Korrelation zwischen den Winkeln wäre also denkbar. Tatsächlich zeigt sich die höchste Korrelation beim Rhodesian Ridgeback zwischen Winkel UL und OL mit  $r = -0,74$ , so dass bei kleinerem OL Winkel der UL Winkel automatisch größer wird und umgekehrt. Beim Beagle ist die Korrelation der beiden Winkel mit  $r = 0,49$  gering. Dafür ist bei dieser Rasse die Korrelation zwischen OL und RA mit  $r = 0,71$  hoch. Die Korrelationen zwischen den übrigen Winkeln ist beim Rhodesian Ridgeback gering, aber auf dem 1%-Niveau signifikant. Beim Beagle konnte außer der oben genannten keine weitere Korrelation festgestellt werden. Die Korrelation zwischen OL und UL lässt sich geometrisch nicht erklären. Die beiden hier als „ulnaintern“ bezeichneten Winkel UL und PA zeigen keine Korrelation untereinander.

### 5.1.6 Einfluss des Beugewinkels auf die Messergebnisse

Es wurde nicht ein und dasselbe Gelenk in verschiedenen Beugewinkeln geröntgt und gemessen. Entsprechend gibt es pro Gelenk nur einen Beugewinkel mit den daraus resultierenden Messergebnissen. Die Mittelwerte der Parameter nach MUES sind signifikant unterschiedlich in den unterschiedlichen Beugewinkeln. Der OL Winkel wird bei stärkerer Beugung niedriger, die Winkel PA, UL und RA werden höher. Man kann jedoch nur vermuten, dass der Beugegrad einen Einfluss auf die Messwerte hat, da es keine Vergleichsröntgenbilder desselben Gelenks in anderen Beugewinkeln gibt.

## 5.2 Messung nach VIEHMANN

### 5.2.1 Eigenschaften der Parameter nach VIEHMANN und Rassenvergleich bei gesunden Hunden

Während bei MUES ausschließlich Winkel gemessen werden, sind die Parameter bei VIEHMANN absolute Werte, da Gelenkanteile und Flächen ausgemessen werden. Es werden acht Parameter bestimmt, welche sich in drei Gruppen einteilen lassen: **Gelenkgröße**, **Stufe** und **ulnare Gelenkfläche**. Die Gelenkgröße wird durch den Kondylenradius bestimmt. Gleichzeitig werden Bildpunkte innerhalb des durch den Benutzer angelegten Kreises vom Computer errechnet, die dann als Kondylenpixel<sub>y</sub> ebenfalls die Gelenkgröße angeben. Die Stufen  $S_1$  und  $S_2$  markieren die Stufe zwischen Radius und Ulna. Stufe 1 ist der Abstand zwischen Radiusplateau und lateralem Kronfortsatz, Stufe 2 ist Ausdruck der Form der beiden Kreise aus Incisura trochlearis und Radiusköpfchen. Die ulnare Gelenkfläche wird durch Flächenmessung, den Öffnungswinkel  $\beta$  und Quotienten aus Gelenkstrecken charakterisiert. Die Parameter nach VIEHMANN sollten nicht durch Größenänderung des Gelenks beeinflussbar sein. Überprüft wurde deswegen auch, ob es für Rhodesian Ridgeback und Beagle rassespezifische Gelenkkonfigurationen gibt, aus denen spezifische Messwerte resultieren. Beispielsweise sollte die Fläche  $b$  unabhängig von der Größe des Tieres sein, da sie lediglich das Verhältnis zwischen von Ulnainzisur bedecktem und freiem Condylus humeri angibt. Von VIEHMANN wurde bereits mit Hilfe dieser Messmethode festgestellt, dass Berner Sennenhunde mit hochgradiger Arthrose verminderte Werte für  $b$  aufweisen, was aufgrund einer Krani-alverlagerung des Condylus humeri durch die elliptisch verformte Incisura trochlearis verursacht wird.

Die Höhe der Messwerte der Parameter Kondylenradius, Winkel  $\beta$ , Quotient  $Q$  und Quotient  $Ae$  stimmen beim Rhodesian Ridgeback dieser Studie mit den Werten von VIEHMANN überein. Eine Abweichung ergibt sich bei der Fläche  $b$ : Diese war in der Messung von VIEHMANN bei Rhodesian Ridgebacks und Berner Sennenhunden kleiner. Auch die Stufe 1 und 2 unterscheiden sich: Während bei VIEHMANN der Median der Stufe 1 beim Rhodesian Ridgeback um 1,3 mm bzw. 1,4 mm lag und bei Stufe 2 der Median beidseits 0 mm betrug, waren in dieser Studie die Stufen 1 und 2 etwa gleich zwischen 0,55–0,64 mm. Große Unterschiede ergaben sich zwischen den Rassen bei den Parametern der Kondylenlänge: Hier wies

**Tabelle 5.4:** Medianwerte der Messung nach VIEHMANN bei unterschiedlichen Rassen für die linke und rechte Gliedmaße (li/re)

Parameter	Eigene Untersuchung		Viehmänn	
	Rhod. Ridgeback	Beagle	Rhod. Ridgeback	BSH
Kondylenradius	9,5/ 9,5	6,7/ 6,6	9,31/ 9,37	9,15/ 9,08
Kondylenpixel <sub>v</sub>	35,9/ 35,8	25,2/ 25,1	—	—
Winkel $\beta$	115,3/ 115,7	116,3/ 115,3	115,5/ 115,1	112,1/ 112,5
Quotient Q	1,28/ 1,23	1,3/ 1,3	1,36/ 1,36	1,4/ 1,39
Quotient Ae	0,31/ 0,31	0,31/ 0,31	0,32/ 0,32	0,33/ 0,33
Fläche b	26,4/ 26,3	26,3/ 26,9	22,34/ 22,02	23,64/ 23,09
S <sub>1</sub>	0,62/ 0,64	0,35/ 0,4	1,3/ 1,41	1,63/ 1,57
S <sub>2</sub>	0,55/ 0,57	0,33/ 0,37	0/0	0,58/ 0,63

der Beagle ein auf dem 1%-Niveau signifikant kleineres Gelenk als der Rhodesian Ridgeback auf. Auch der Berner Sennenhund bei VIEHMANN (1998) und VIEHMANN *et al.* (1999) hatte ein kleineres Gelenk als der Rhodesian Ridgeback. Ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle konnte bei Stufe 1 gefunden werden, die beim Beagle auf dem 1%-Niveau signifikant kleiner ist. Zudem ist sein Öffnungswinkel  $\beta$  kleiner, was eine flachere Incisura trochlearis verursacht. Aus dem Mittelwertvergleich der Parameter ist zu ersehen, dass sich die Messwerte zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle abgesehen von der Kondylengröße und der Stufe 1 nicht signifikant unterscheiden. Dies bestätigt die Hypothese, dass die Parameter Quotient Q und Ae, der Winkel  $\beta$  und die Fläche b unabhängig von der Gelenkgröße sind, und bei ellbogengesunden Tieren, wie dem Rhodesian Ridgeback und dem Beagle, ähnlich sein müssten. Bemerkenswert ist, dass sich diese beiden Rassen anscheinend auch in der Gelenkgeometrie nicht sonderlich unterscheiden.

### 5.2.2 Vergleich zwischen Hunden mit ED Grad 1 und ED Grad 0

Beim Mittelwertvergleich der beiden Rhodesian Ridgeback-Gruppen (ED 0 und 1) dieser Studie unterscheiden sich sieben der acht Parameter signifikant. Wie bei MUES sind auch bei der Methode nach VIEHMANN die Kondylengröße und die Kondylenpixel<sub>v</sub> signifikant größer bei den Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 ( $p = 0,02$  bei beiden Parametern). Die

**Tabelle 5.5:** Medianwerte der Messung nach VIEHMANN bei Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 und Berner Sennenhund mit Arthrosegrad 1 für die linke und rechte Gliedmaße (li/re)

Parameter	Rhodesian Ridgeback	BSH
Kondylenradius	10,0/ 10,0	9,2/ 9,2
Kondylenpixel <sub>v</sub>	37,9/ 37,8	—
Winkel $\beta$	113,3/ 114,2	112,3/ 112,0
Quotient Q	1,3/ 1,3	1,39/ 1,38
Quotient Ae	0,32/ 0,33	0,34/ 0,33
Fläche b	29,3/ 30,5	25,6/ 23,9
Stufe S <sub>1</sub>	0,82/ 0,85	1,79/ 1,83
Stufe S <sub>2</sub>	0,7/ 0,6	0,87/ 1,1

Fläche b ist beim Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 signifikant größer als mit ED Grad 0. Das bedeutet, dass bei ED Grad 1 der Condylus humeri tiefer in der Incisura ulnaris liegt, also keine Kranialverlagerung besteht. Dies stimmt nicht überein mit der Feststellung von WIND (1986) und VIEHMANN *et al.* (1999) beim Berner Sennenhund, dass ein ausgeprägt großer Condylus humeri zu einem erhöhten Arthroserisiko beiträgt, zumindest nicht bei der Rasse Rhodesian Ridgeback. Zwei weitere, die ulnare Gelenkfläche beschreibende Parameter unterscheiden sich ebenfalls signifikant auf dem 5%-Niveau: Der Quotient Q ist beim Rhodesian Ridgeback mit ED Grad 1 größer, der Winkel  $\beta$  ist kleiner. Das bedeutet, die Incisura trochlearis wird, wie auch beim Berner Sennenhund flacher. Der Quotient Ae ist grenzwertig signifikant mit  $p = 0,05$ . Er ist bei ED Grad 1 höher, woraus, wie beim Quotient Q, eine flachere Ulnainzisur resultiert. Stufe 1 war bei ED Grad betroffenen Rhodesian Ridgeback bedeutend höher mit  $p = 0,01$ . Stufe 2 unterschied sich dagegen nicht.

### 5.2.3 Wiederholbarkeit der Winkelmessungen

Die Korrelation ist bei den Parametern der Gelenk- bzw. Kondylengröße am höchsten: Für den Kondylenradius wurde beim Rhodesian Ridgeback ein  $r = 0,80$  rechts und  $r = 0,82$  links errechnet, für den Beagle  $r = 0,90$  rechts und  $r = 0,91$  links. Schlechter korrelieren die Werte der drei Messdurchgänge bei den Kondylenpixeln mit  $r = 0,59$  rechts und  $r = 0,76$  links für den Rhodesian Ridgeback sowie  $r = 0,90$  für beide Seiten beim Beagle.

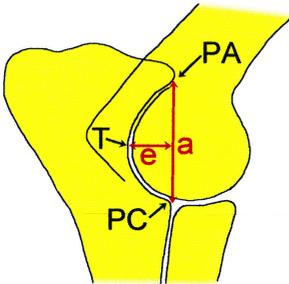
Die Wiederholbarkeit des mit dem ED Grad korrelierenden Parameters Fläche  $b$  ist nicht zufriedenstellend mit  $r = 0,45$  beidseits für den Rhodesian Ridgeback sowie  $0,73$  rechts und  $0,46$  links beim Beagle. Die weiteren Parameter erfüllen nicht die Erwartungen bezüglich der Wiederholbarkeit. So liegt die Wiederholbarkeit von Quotient  $Q$ ,  $A_e$  und vom Öffnungswinkel  $\beta$  unter  $r = 0,40$ . Bei den Stufen 1 und 2 gibt es die stärksten Abweichungen zwischen den Messdurchgängen. Hier ist bei Stufe 1  $r = 0,22$  und bei Stufe 2  $r = 0,07$ . Entsprechend ihrer niedrigen Korrelation ist die Wiederholbarkeit dieser Parameter nur gering. Die Zuverlässigkeit dieser Parameter ist fraglich. In der Arbeit von VIEHMANN wurde die Reliabilität für den Öffnungswinkel  $\beta$  und der Quotient  $Q$  30-mal gemessen und der Messfehler lag unter 1%. Ein Vergleich der beiden Reliabilitätsstudien ist aufgrund der unterschiedlichen Anzahl der Messdurchgänge nicht möglich.

#### 5.2.4 Korrelation innerhalb eines Gliedmaßenpaars

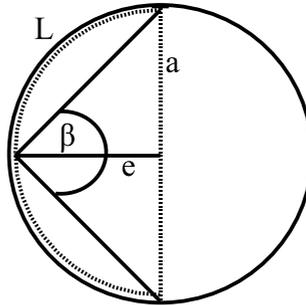
Wie bei der Messung nach MUES weichen die Messwerte zwischen rechter und linker Gliedmaße voneinander ab. Die höchsten Korrelationen sowohl beim Rhodesian Ridgeback, beim Beagle als auch beim Berner Sennenhund finden sich beim Kondylenradius. Mit  $r = 0,80$  (Rhodesian Ridgeback) bzw.  $r = 0,90$  (Beagle und Berner Sennenhund) ist diese Korrelation hoch und auf dem 1%-Niveau signifikant. Ähnlich hoch ( $r = 0,73$  beim Rhodesian Ridgeback und  $r = 0,90$  beim Beagle) ist die Korrelation bei den Kondylenpixeln. Die dritthöchste Korrelation bei den Rhodesian Ridgebacks besteht bei Fläche  $b$  mit  $r = 0,67$ . Die fünf weiteren Parameter korrelieren nur schwach. Alle Korrelationen beim Rhodesian Ridgeback sind aber auf dem 1%-Niveau signifikant. Bei VIEHMANN bestand abgesehen vom Kondylenradius keine Korrelation zwischen rechter und linker Gliedmaße. Beim Beagle bestand für die restlichen Parameter keine Korrelation zwischen rechter und linker Gliedmaße. Bei ein und demselben Hund gibt es offenbar starke Abweichungen.

#### 5.2.5 Korrelation der Winkel untereinander

Die Parameter Quotient  $Q$  und  $A_e$ , Winkel  $\beta$  und Fläche  $b$  charakterisieren die ulnare Gelenkfläche, und aufgrund ihrer Knochenpunkte ist ein linearer Zusammenhang zwischen ihnen zu vermuten. Die Graphiken in den Abbil-



**Abbildung 5.2:** Beispiel Messung nach VIEHMANN Quotient Ae



**Abbildung 5.3:** Parameter Fläche b, Quotient Q und Ae sowie Öffnungswinkel  $\beta$

dungen 5.2 und 5.3 sollen die Gemeinsamkeit der Knochenpunkte der vier Parameter verdeutlichen.

VIEHMANN stellt in ihrer Studie einen linearen Zusammenhang zwischen Quotient Q und Ae ( $r = 0,73$  rechts und  $r = 0,83$  links) und zwischen Quotient Q und Öffnungswinkel  $\beta$  ( $r = -0,62$  rechts und  $r = -0,81$  links) fest. In dieser Studie ergab sich beim Rhodesian Ridgeback eine hohe Korrelation zwischen Kondylenradius und Kondylenpixeln<sub>V</sub> ( $r = 0,97$ ), zwischen Winkel  $\beta$  und Quotient Ae ( $r = -0,91$ ) und eine mittlere Korrelation zwischen Fläche b und Quotient Q ( $r = 0,77$ ) sowie zwischen Quotient Q und Winkel  $\beta$  ( $r = -0,56$ ). Beim Beagle konnte eine hohe Korrelation zwischen Kondylenradius und -pixeln<sub>V</sub> ( $r = 1,00$ ), Kondylenradius und Stufe 2 ( $r = -0,67$ ), Fläche b und Quotient Q ( $r = 0,59$ ) und zwischen Quotient Ae und Winkel  $\beta$  ( $r = -0,97$ ) festgestellt werden. Gemäß der aufgestellten Hypothese korrelieren die Parameter der ulnaren Gelenkfläche. Die hohe Korrelation zwischen Kondylenradius und -pixeln<sub>V</sub> ist messtechnisch bedingt.

### 5.2.6 Einfluss des Beugewinkels auf die Messergebnisse

Ebenso wie bei der Messung nach MUES wurde auch bei der Messung nach VIEHMANN nicht ein und dasselbe Gelenk in verschiedenen Beugewinkeln geröntgt und gemessen, sondern jedes Gelenk nur in einem Beugewinkel. Die Mittelwerte der Parameter nach VIEHMANN zeigen eine geringere Be-

einflussung durch den Beugegrad und sind zudem zwischen rechter und linker Gliedmaße unterschiedlich.

## 5.3 Bewertung der beiden Messverfahren

Mit beiden Messverfahren sollten Ellbogengelenke vermessen und beurteilt werden. Dies geschah durch computergestützte Markierung und Messung bestimmter festgelegter Knochenpunkte. Diese Verfahren sollten eine größere Objektivität als die bisher gängigen Methoden haben. Es konnten aber bei beiden Methoden Schwächen hinsichtlich dieser angestrebten Objektivität und Zuverlässigkeit nachgewiesen werden.

Beim Rassenvergleich mit der Methode nach MUES besteht ein auf dem 1%-Niveau signifikanter Unterschied beim OL Winkel und den Kondylenpixeln<sub>M</sub> zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle. Der OL Winkel ist beim Rhodesian Ridgeback größer als beim Beagle. Das heisst, dass das Olekranon beim Beagle weiter kranial geneigt ist, als beim Rhodesian Ridgeback. Wie bereits dargestellt hat der OL Winkel keine Aussagekraft bezüglich einer ED. Die Kondylenpixel<sub>M</sub> weisen als Parameter der Gelenkgröße einen erwartungsgemäßen Unterschied zwischen den beiden Rassen auf. Die anderen Winkel nach MUES unterscheiden sich zwischen den beiden Rassen nicht. Eine Erklärung für diese geringe Differenz könnte eine ähnliche oder gleiche Gelenkgeometrie sein oder aber, dass die Messmethode zu ungenau ist, um kleine Unterschiede zu verdeutlichen. Wie bei der MUES-Messung ist auch bei der Messung nach VIEHMANN ein signifikanter Unterschied in der Gelenkgröße zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle festzustellen (Parameter Kondylenpixel<sub>V</sub> und -radius). Ein weiterer signifikanter Rasseunterschied zeigte sich bei den Stufen 1 und 2. Die Parameter der ulnaren Gelenkfläche zeigten keine Rassenunterschiede zwischen Rhodesian Ridgeback und Beagle.

Die jeweils drei Messwiederholungen ergaben, dass bei einigen Parametern stark abweichende Werte für ein Bild entstehen. Je niedriger die Wiederholbarkeit, desto schlechter ist auch die Zuverlässigkeit eines Parameters. Auch wenn die Messung nach MUES technisch einfacher ist, so erwies sich die Wiederholbarkeit nicht besser als bei der Methode nach VIEHMANN. Zwei der fünf Parameter (40%) nach MUES sowie zwei der acht Parameter (25%) nach VIEHMANN weisen eine ausreichende Korrelation der Mittelwerte ( $r \geq 0,7$ ) auf. Einer der Gründe für die relativ bessere Korrelation

bei der Messung nach MUES ist, dass jeweils nur *ein Messpunkt* gemessen wird, woraus sich am Schluss die Parameter (Winkel) ergeben. Bei der Messung nach VIEHMANN gehen in einen Parameter häufig *mehrere* Messpunkte mit ein, so dass die Variationsmöglichkeit viel größer ist und die Korrelation zwischen Messdurchgängen dadurch sinkt. Dementsprechend ist z. B. bei den VIEHMANN-Parametern Kondylenpixel<sub>V</sub> und Kondylenradius die Messwertgleichheit gut, da hier nur ein Messpunkt in den jeweiligen Parameter eingeht. Für die Parameter Winkel  $\beta$ , Quotient Ae und Q sowie Fläche b, bei denen mehrere Messpunkte pro Parameter nötig sind, konnte nur eine geringe Wiederholbarkeit zwischen den Messdurchgängen gezeigt werden.

Ein weiterer Grund für die geringere Messwertgleichheit bei VIEHMANN könnte die Überlagerung der Knochen im Ellbogengelenk sein. Genauso wie bei der Beurteilung des Röntgenbildes mit dem bloßem Auge steht der Messende auch hier vor dem Problem der Überlagerung. Bei der Messung nach MUES werden Überlagerungszonen umgangen, da vor allem freie Knochenenden (Processus anconaeus, Olekranon, kraniale Begrenzung des Radiuskopfes) als Messpunkte dienen. Die Messung nach VIEHMANN wird durch intraartikuläre Knochenüberlagerungen erschwert. Obwohl die Stufenmessung bei der Beurteilung eines Ellbogengelenks essentiell ist, kann sie zumindest bei der Messmethode nach VIEHMANN nicht als zuverlässiger Parameter genutzt werden, da eine zu große Abweichung zwischen den Messdurchgängen besteht.

Im alleinigen Hinblick auf die Unterscheidung zwischen ED gesunden und ED Grad 1 betroffenen Rhodesian Ridgebacks scheint die Methode nach VIEHMANN besser geeignet, da sich außer Stufe 2 alle sieben der acht Parameter (87%) auf dem 5%-Niveau signifikant zwischen Hunden mit ED Grad 0 und ED Grad 1 unterschieden. Bei Miteinbeziehung der Wiederholbarkeit bleiben jedoch nur noch der Parameter Kondylenpixel<sub>V</sub> bzw. Kondylenradius am geeignetsten für die Ellbogengelenksbeurteilung. Bei den Parametern der MUES-Messmethode ist der RA Winkel auf dem 5%-Niveau und die Kondylenpixel<sub>M</sub> auf dem 1%-Niveau signifikant unterschiedlich zwischen den ED Graden 1 und 0 beim Rhodesian Ridgeback. Unter Miteinbeziehung der Messwiederholbarkeit erscheint von diesen beiden nur der Parameter Kondylenpixel<sub>M</sub> zur ED Beurteilung geeignet.

Eine Korrelation miteinander zeigen einige der Parameter, wie in dieser Studie nachgewiesen werden konnte. Eine Konsequenz aus einer hohen Korrelation wäre eine Reduktion der Anzahl der Messparameter, um die

eine oder andere Methode zu vereinfachen. Bei der Methode nach MUES konnte nur für den OL Winkel und dem UL Winkel eine hohe Korrelation festgestellt werden. Zur Beurteilung des ED Grades braucht der Winkel OL allerdings nicht berücksichtigt werden, da er nicht mit dem ED Grad korreliert. Bei VIEHMANN weisen die Parameter der ulnaren Gelenkfläche (Fläche  $b$ , Quotient  $Q$  und  $A_e$  sowie Winkel  $\beta$ ) eine Korrelation untereinander auf und diese ist zwischen Winkel  $\beta$  und Quotient  $A_e$  am höchsten.

Das Verfahren nach MUES scheint einfacher und weniger fehleranfällig zu sein. Dies liegt an der leichteren Punktmarkierung, wobei stets nur ein Knochenpunkt an überlagerungsfreien Knochenenden computergestützt markiert werden muss. Es resultiert eine relativ geringere Abweichung zwischen den Messdurchgängen eines Parameters und eine höhere Wiederholbarkeit. Allerdings werden so nur Knochenkonturen miteinbezogen. Diese Methode der Ausmessung wird der individuellen Ellbogengelenkskonfiguration nicht voll gerecht. Bei der Methode nach VIEHMANN gehen, wie bereits dargestellt, in einen Parameter bis zu drei Messpunkte ein, die aber auch im Bereich von sich überlagernden Gelenkanteilen liegen, so dass dem Aufbau des Gelenks mehr Rechnung getragen werden kann. Daraus ergibt sich eine höhere Fehleranfälligkeit bzw. Variation, was sich in einer schlechteren Wiederholbarkeit der Parameter niederschlägt.

In der Synopse der statistischen Auswertungen beider Methoden bleiben am Ende zur Bewertung des Ellbogengelenks bei Rhodesian Ridgeback und Beagle als sinnvolle Parameter die Kondylenpixel<sub>V</sub> und der Kondylenradius sowie Kondylenpixel<sub>M</sub> übrig. Diese, die Größe des Gelenks, darstellenden Parameter zeigen sowohl einen signifikanten Zusammenhang zum ED Grad als auch eine ausreichende Wiederholbarkeit. Da der Aufwand einer computergestützten Vermessung der Ellbogengelenke unter dem Aspekt der ED –Digitalisieren des Bildmaterials, Benutzung eines Computersystems– recht groß ist, ist mit beiden Methoden eine Bewertung der Röntgenbilder nur eingeschränkt möglich. Allerdings muss dem Verfahren von VIEHMANN trotz der Schwierigkeiten in der Reproduzierbarkeit zweifelsfrei der Vorzug gegeben werden, weil sieben der acht Parameter mit dem ED Grad beim Rhodesian Ridgeback signifikant korrelieren. Um die Wiederholbarkeit der Messungen zu sichern, müssen weitere Studien erfolgen. Da heute bereits in einigen Praxen digitale Röntgengeräte installiert sind, ist es denkbar, dass durch eine entsprechende Software die „Handvermessungen“ überflüssig werden und damit das Ellbogengelenk unter dem Aspekt der ED sicher und objektiv ausgewertet werden kann. Vorstell-

bar ist zudem, dass eine CT-Untersuchung mit einer Workstation zur 3D-Rekonstruktion des Ellbogengelenks gegebenenfalls die zweidimensionale Röntgenuntersuchung verdrängen kann.

Obwohl sich das Verfahren nach MUES durch eine technisch einfache Messung auszeichnet, die, wie diese Untersuchungen ergeben haben, im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit der VIEHMANN-Methode überlegen ist, kann sie nicht zweifelsfrei als gut bewertet werden. Die alleinige Beurteilung des Ellbogengelenks im Hinblick auf die ED mit den beiden Methoden reicht zumindest beim Rhodesian Ridgeback nicht aus, um ein Urteil (Empfehlung für den Besitzer oder Züchter) zu treffen. Generell sollte auf eine Beurteilung der Gelenke mit medizinischen Methoden nicht verzichtet werden, denn diese Studie belegt, dass die Untersuchung von Ellbogengelenken medizinischen Techniken und Auswertungen vorbehalten bleiben muss, um der Erzielung „gesunder“ Ellbogengelenke in der Hundezucht gerecht zu werden. Die klinische Untersuchung muss in die Evaluation mit einbezogen werden und einen angemessenen Stellenwert einnehmen. Zudem hat nicht jede Arthrose ihre Ursache in einer ED. Ursachen sind neben der Dysplasie u. a. Fettleibigkeit, Trauma, zu schnelles Wachstum und falsche Fütterung. Beide Messverfahren versuchen die Formschlüssigkeit des Gelenks festzustellen und daraus eine Gefährdung für eine ED abzuleiten. Keine der beiden Methoden scheint aber geeignet, die komplexe Ellbogengelenkkonfiguration so beurteilen zu können, dass zukünftig „kranke“ Ellbogengelenke vermieden werden können.