

## 5. Diskussion

### 5.1. Refraktion normophaker Hunde

#### 5.1.1 Refraktionszustand der Gesamtpopulation der normophaken Hunde

Die Mehrzahl der in dieser Studie untersuchten normophaken Hunde ist durchschnittlich weitsichtig (66,75%). Bei 29,95% der Hunde ist der mittlere Brechungszustand myop, und nur 3,3% der Hunde sind emmetrop.

Die Gesamtheit aller untersuchten normophaken Hunde weist einen durchschnittlich hyperopen Brechungszustand von  $+0,46 \pm 1,11$  dpt auf.

HESS und HEINE (1898), KISTLER (1927) und KAHMANN (1930) ermittelten ebenfalls vorwiegend leichte Hyperopie als normale Refraktion des Hundes. KLEBERGER (1967), MURPHY et al. (1992), MURPHY et al. (1997) und MUTTI et al. (1999) bestimmten bei mehreren Hunderassen einen durchschnittlich hyperopen Brechungszustand. Dieser lag in der Regel gleichermaßen unter einer Dioptrie.

Bei den Hunden der vorliegenden Studie beträgt die maximale auf einzelnen Augen auftretende Hyperopie +4,5 dpt. Die durchschnittliche maximale Weitsichtigkeit, die sich aus dem Mittelwert der Brechkraft beider Augen ergibt, liegt bei +3,75 dpt. Dieser Unterschied kommt durch Anisometropie zustande. Bei der Mehrzahl anderer Untersuchungen trat Hyperopie bei Hunden von maximal +1 bis +4 dpt auf (HESS und HEINE 1898, DUBAR und THIEULIN 1927, KISTLER 1927, KAHMANN 1930, WEBER 1961, KLEBERGER 1967, POLLET 1982, NOWAK und NEUMANN 1987, MURPHY et al. 1992, GAIDDON et al. 1996, MURPHY et al. 1997). Damit stimmen die Ergebnisse anderer Untersucher mit denen der vorliegenden Studie in der Hinsicht überein, daß hohe Weitsichtigkeit ( $> +5$  dpt) beim Hund nicht auftritt, sondern geringe Grade die Regel sind.

Bei DERKSEN (1920), WEBER (1961), POLLET (1982), NOWAK und NEUMANN (1987), MURPHY et al. (1992), GAIDDON et al. (1996) und NEUMANN et al. (1998) trat dagegen Hyperopie bei Hunden seltener auf als Myopie. Die von BODEN (1909) untersuchten Hunde waren sogar ausschließlich myop. Bei WYMAN und DONOVAN (1965) traten nur kurzsichtige und normalsichtige Hunde auf.

Bei der Mehrzahl der schematischen Hundeaugen ist der berechnete Brechungszustand ebenfalls myop (MATTHIESSEN 1887, MEYER 1897, COILE und O'KEEFE 1988). Lediglich die für den Labrador Retriever berechnete Refraktion ist hyperop (MUTTI et al. 1999).

Die durchschnittlich ermittelte Myopie beim Hund beträgt in der Regel weniger als -1 dpt (DERKSEN 1920, WEBER 1961, NOWAK und NEUMANN 1987, MURPHY et al. 1992, GAIDDON et al. 1996, NEUMANN et al. 1998). BODEN (1909) ermittelte eine deutlich höhere mittlere Kurzsichtigkeit von -3,2 dpt. Maximal betrug die Kurzsichtigkeit bei der Mehrzahl der Untersuchungen -1 bis -4,5 dpt (HESS und HEINE 1898, DUBAR und THIEULIN 1927, KISTLER 1927, WEBER 1961, WYMAN und DONOVAN 1965, POLLET 1982, NOWAK und NEUMANN 1987, MURPHY et al. 1992, GAIDDON et al. 1996, MUTTI et al. 1999). Lediglich BODEN (1909) stellte Myopie bis -6 dpt bei Hunden fest. Auch in der vorliegenden Studie tritt Myopie mehrheitlich von nur geringer Höhe auf ( $< -1$  dpt). Die maximal ausgebildete Kurzsichtigkeit ist mit -2,75 dpt etwas geringer als in anderen Untersuchungen.

Emmetropie als durchschnittlicher Brechungszustand tritt nur bei 3,3% der hier untersuchten Hunde auf. Andere Untersucher ermittelten deutlich häufiger normalsichtige Hunde bzw. Augen (10 bis 55,5 %) (WEBER 1961, WYMAN und DONOVAN 1965, POLLET 1982, NOWAK und NEUMANN 1987). BEI KAHMANN (1930) und DUBAR und THIEULIN (1927) war die Mehrzahl der untersuchten Hunde emmetrop.

Eine mögliche Begründung für die zum Teil sehr abweichenden Ergebnisse bezüglich der durchschnittlichen Refraktion von Hunden und der Verteilung von Emmetropie, Hyperopie und Myopie ist, daß die Refraktionsbestimmungen in Untersuchungspopulationen mit unterschiedlichen Altersverteilungen angestellt wurden. Sowohl in der vorliegenden als auch in anderen Studien (KISTLER 1927, WEBER 1961, MURPHY et al. 1992, NEUMANN et al. 1998, MUTTI et al. 1999) ändert sich der durchschnittliche Brechungszustand von Hunden mit ihrem Alter. Je nachdem wie hoch der Anteil von jungen und alten Tieren in den Untersuchungen ist, wird auch die durchschnittliche Refraktion mehr im hyperopen oder myopen Bereich liegen bzw. der Anteil weitsichtiger, kurzsichtiger oder normalsichtiger Tiere höher sein. Die ungleiche Zusammensetzung der Untersuchungspopulationen mit Hunden unterschiedlicher Gebrauchsformen, die, wie die vorliegende als auch andere Untersuchungen (BODEN 1909, DERKSEN 1920, MURPHY et al. 1992) gezeigt haben, ebenfalls einen Einfluß auf den Brechungszustand von Hunden ausüben, kann eine weitere Erklärung für abweichende Ergebnisse sein.

Die Refraktion von Hunden wird nach den Ergebnissen dieser Studie weiterhin durch ihre Kopfform und nach MURPHY et al. (1992) und MUTTI et al. (1999) durch ihre Rasse beeinflusst.

### **5.1.2 Refraktionszustand von normophaken Hunden mit und ohne Nukleusklerose**

Hunde der Untersuchungspopulation der vorliegenden Studie, die keine Nukleusklerose aufweisen, unterscheiden sich auffallend in ihrem durchschnittlichen Refraktionszustand - der mit  $+0,70 \pm 0,98$  dpt hyperop ist - von Hunden mit Nukleusklerose, die mit einer Refraktion von  $-0,69 \pm 0,98$  dpt durchschnittlich kurzsichtig sind. Die maximal auftretende Hyperopie ist bei Hunden ohne Nukleusklerose höher als bei Hunden mit sklerotischen Linsenveränderungen. Dagegen tritt bei Hunden mit Nukleusklerose höhere maximale Myopie auf.

Eine Verschiebung des Brechungszustandes bei Hunden mit Linsenkernsklerose in Richtung Myopie konnten auch KISTLER (1927), MURPHY et al. (1992) und NEUMANN et al. (1998) feststellen. Untersuchungen beim Menschen sind zu einem gleichen Ergebnis gekommen (BROWN und HILL 1987, LEE et al. 1999, WU et al. 1999). Diese Verschiebung in Richtung Myopie beruht vermutlich auf einer Erhöhung des Brechungsindex der Linse. Der durchschnittliche Brechungszustand von Hunden ohne Nukleusklerose sollte demnach als die eigentliche Refraktion des Hundeauges angesehen werden.

### **5.1.3 Refraktionszustand von normophaken Hunden der unterschiedlichen Altersklassen.**

Die in der vorliegenden Studie skioskopierten Hunde aller aufeinanderfolgenden Altersklassen unterscheiden sich auffallend in ihrer durchschnittlichen Refraktion. Von der Altersklasse eins bis zur Altersklasse vier ist eine Verschiebung der mittleren Refraktion in

Richtung Myopie um 1,51 dpt zu verzeichnen. Bis zu einem Alter von sechs Jahren (Altersklasse zwei) sind die untersuchten normophaken Hunde durchschnittlich weitsichtig. Ältere Hunde weisen dagegen einen mittleren myopen Brechungszustand auf. Bei den zehn bis 13 Jahre alten Hunde treten deutlich höhere maximale Myopie- und niedrigere maximale Hyperopiewerte auf als in den vorherigen Altersklassen. Insbesondere in der Altersklasse eins tritt höhere Kurzsichtigkeit von durchschnittlich maximal  $-2,0$  dpt nur sehr vereinzelt auf. Diese Verlagerung des durchschnittlichen Refraktionszustandes mit zunehmendem Alter in Richtung Myopie hängt mit dem Auftreten sklerotischer Linsenkernveränderungen zusammen, die, wie sich beim Vergleich des Brechungszustandes von Hunden mit und ohne Nukleussklerose gezeigt hat, zu einem verstärkten Auftreten von Kurzsichtigkeit führen. Die Sklerose des Linsenkerns beginnt beim Hund mit dem sechsten bis achten Lebensjahr (SLATTER 1990, COTTRELL und PEIFFER 1991, SEVERIN 1996, WALDE et al. 1997). Auch bei den Hunden der vorliegenden Studie konnten sklerotische Linsenkernveränderungen ab dem sechsten Lebensjahr beobachtet werden. Dies erklärt die bereits in der Altersklasse zwei auftretende Verschiebung der durchschnittlichen Refraktion in Richtung Myopie. Mit zunehmendem Alter treten mehr Hunde mit einer Nukleussklerose auf, so daß der Anteil an myopen Hunden größer wird. Die höheren maximalen Myopiewerte in der Altersklasse vier lassen vermuten, daß der Grad der Kurzsichtigkeit von der Dichte der sklerotischen Linsenkernveränderungen abhängt, die mit zunehmendem Alter ausgeprägter wird.

KISTLER (1927), WEBER (1961), MURPHY et al. (1992), NEUMANN et al. (1998) und MUTTI et al. (1999) stellten ebenfalls fest, daß ältere Hunde stärker myop sind als jüngere. Bei WEBER (1961) waren über acht Jahre alte Hunde mit einer Ausnahme ausschließlich myop. KISTLER (1927) ermittelte einen durchschnittlich hyperopen Brechungszustand für Hunde unter einem Jahr ( $+0,4152$  dpt). Hunde über ein Jahr waren dagegen im Durchschnitt myop ( $-0,057$  dpt). KLEBERGER (1967) und MURPHY et al. (1997) bestimmten ausschließlich bei jungen Hunden bis zu einem Alter von zwei Jahren den Refraktionszustand und wiesen bei keinem Hund Myopie nach.

DERKSEN (1920) kommt bei den von ihm untersuchten Hunden zu einem gegenteiligen Ergebnis. Bei ihm waren junge Hunde stärker kurzsichtig als mittelalte Hunde. Mit einem höheren Lebensalter der Hunde stieg die Kurzsichtigkeit dann wieder an. Für die geringere Myopie bei mittelalten Hunden sieht er eine mögliche Erklärung in einem geübteren Gesichtssinn gegenüber jungen Hunden.

BODEN (1909) konnte keine altersabhängigen Veränderungen der Refraktion bei Hunden feststellen. Er macht jedoch keine Angaben über die obere Altersgrenze der von ihm untersuchten Hunde, sondern unterteilte diese lediglich in Hunde, die unter und Hunde, die über ein Jahr alt waren. Das Fehlen altersabhängiger Refraktionsveränderungen bei den Hunden seiner Untersuchungspopulation hängt möglicherweise damit zusammen, daß in dieser keine Tiere mit sklerotischen Linsenkernveränderungen auftraten.

#### **5.1.4 Refraktionszustand von normophaken männlichen und weiblichen Hunden**

Sowohl die männlichen als auch die weiblichen normophaken Hunde der vorliegenden Studie sind durchschnittlich leicht weitsichtig. Die mittlere Brechkraft beider Geschlechter unterscheidet sich nur geringfügig. Auch innerhalb der gleichen Altersklassen treten keine

deutlichen Unterschiede in der durchschnittlichen Refraktion zwischen beiden Geschlechtern auf. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen (BODEN 1909, DERKSEN 1920, NEUMANN et al. 1998). Der Vergleich des Refraktionszustandes von männlichen und weiblichen Hunden mit und ohne Neuklusklerose ließ jedoch erkennen, daß männliche Hunde mit Nukleussklerose durchschnittlich kurzsichtiger ( $-0,90 \pm 0,85$ ) sind als weibliche Hunde mit Nukleussklerose ( $-0,31 \pm 1,11$ ). Sie weisen niedrigere Hyperopiegrade und höhere Myopiegrade auf als weibliche Hunde. Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied ist, daß sich bei männlichen Hunden die sklerotischen Linsenkernveränderungen stärker ausbilden und damit zu höherer Kurzsichtigkeit führen. Um diese Hypothese zu erörtern, sind weitere Untersuchungen notwendig.

### **5.1.5 Refraktionszustand von normophaken Haus- und Gebrauchshunden**

Sowohl die Gruppe der Haus- als auch der Gebrauchshunde ist mit einer Refraktion von  $+0,64 \pm 1,12$  dpt bzw.  $+0,28 \pm 1,07$  dpt durchschnittlich hyperop. Die mittlere Brechkraft der Gebrauchshunde ist der Emmetropie näher als die der Haushunde, bei denen auch höhere maximale Weitsichtigkeit auftritt als bei den Gebrauchshunden. Der Vergleich des durchschnittlichen Refraktionszustandes von Haus- und Gebrauchshunden mit und ohne Nukleussklerose zeigt, daß sich Brechkraftunterschiede zwischen beiden Nutzungsgruppen auf Hunde ohne Nukleussklerose beschränken. Haushunde ohne Nukleussklerose sind durchschnittlich deutlich weitsichtiger ( $+0,87 \pm 0,10$  dpt) als Gebrauchshunde ohne Nukleussklerose ( $+0,53 \pm 0,94$  dpt). Der Unterschied in der mittleren Brechkraft zwischen Haus- und Gebrauchshunden ohne Nukleussklerose ist geringer als zwischen allen Haus- und Gebrauchshunden. Dies liegt daran, daß die Gebrauchshunde mit Nukleussklerose ( $-0,95 \pm 0,80$  dpt) durchschnittlich kurzsichtiger sind als die Haushunde mit Nukleussklerose ( $-0,44 \pm 1,08$  dpt). Dieser Unterschied erwies sich zwar nicht als auffällig, ist jedoch verantwortlich für die stärkere Verschiebung des durchschnittlichen Refraktionszustandes der Gesamtgruppe der Gebrauchshunde in Richtung Myopie gegenüber den Haushunden. Die weitere Aufspaltung der Gebrauchshunde nach ihrem Verwendungszweck läßt erkennen, daß die Jagdhunde mit einer Refraktion von  $+0,56 \pm 0,98$  dpt durchschnittlich ähnlich hyperop sind wie die Haushunde, wobei bei ihnen die maximal auftretende Hyperopie niedriger ist als bei den Haushunden. Die Polizeihunde sind mit einer durchschnittlichen Brechkraft von  $-0,07 \pm 1,06$  dpt myop und die Schlittenhunde mit einer Brechkraft von  $+0,11 \pm 1,19$  dpt durchschnittlich weitsichtig. Der Grad der Fehlsichtigkeit ist bei den Polizei- und Schlittenhunden durchschnittlich jedoch so gering, daß ihr Brechungszustand als nahezu emmetrop bezeichnet werden kann. Die mittlere Refraktion der Haushunde weicht am stärksten von der Normalsichtigkeit ab. Die durchschnittlich myope Refraktion der Polizeihunde kann auf ihren im Vergleich zu den anderen Gruppen relativ hohen Anteil an Tieren mit sklerotischen Linsenkernveränderungen zurückgeführt werden. Unter den Polizeihunden weisen 30,14% der Hunde eine Nukleussklerose auf, während in den anderen Nutzungsgruppen nur 7,77 bis 17,41% der Tiere von sklerotischen Linsenkernveränderungen betroffen sind.

Die Gegenüberstellung der durchschnittlichen Refraktion der Hunde der vier Nutzungsgruppen ohne Nukleussklerose ließ erkennen, daß deutliche Unterschiede nicht nur zwischen Haus- und Gebrauchshunden bestehen, sondern zum Teil auch zwischen den

Gebrauchshunden untereinander. Es erwiesen sich Haus- und Jagdhunde ohne Nukleusklerose mit einer Refraktion von  $+0,87 \pm 1,0$  dpt bzw.  $+0,68 \pm 0,89$  dpt als durchschnittlich deutlich weitsichtiger als Polizeihunde ohne Nukleusklerose, die einen mittleren Brechungszustand von  $+0,34 \pm 0,88$  dpt aufweisen. Die Schlittenhunde ohne Nukleusklerose sind zwar durchschnittlich am geringsten weitsichtig ( $+0,18 \pm 1,23$ ), unterscheiden sich jedoch nach Prüfung nicht auffällig von der Refraktion der anderen Nutzungsgruppen. Die durchschnittlich geringere Fehlsichtigkeit der Gebrauchshunde ohne Nukleusklerose gegenüber den Haushunden ohne Nukleusklerose beruht also im wesentlichen auf der mittleren Refraktion der Polizei- und Schlittenhunde ohne sklerotische Linsenkernveränderungen.

Die tendenziellen Unterschiede im durchschnittlichen Brechungszustand zwischen den Hunden der vier Nutzungsgruppen bleiben in allen Altersklassen bestehen: Die Haus- und Jagdhunde sind in jeder Altersklasse stärker weit- bzw. geringer kurzsichtig als die Polizei- und Schlittenhunde. Die Haushunde weisen bis zur Altersklasse vier und die Jagdhunde bis zur Altersklasse drei durchschnittlich eine hyperope Refraktion auf, während die Polizei- und Schlittenhunde bereits in der Altersklasse zwei durchschnittlich kurzsichtig sind. Als auffällig unterschiedlich erwies sich die mittlere Refraktion der Haus- und Gebrauchshunde der Altersklasse zwei (vier bis sechs Jahre). Während die Haushunde dieser Altersklasse mit  $+0,75 \pm 1,11$  dpt durchschnittlich deutlich weitsichtig sind, sind die Gebrauchshunde derselben Altersklasse mit einer mittleren Refraktion von  $+0,03 \pm 0,93$  dpt nahezu emmetrop. Die Unterteilung der Gebrauchshunde nach ihrer Nutzung läßt erkennen, daß sich dieser auffällige Unterschied nur auf die durchschnittliche Refraktion von Haus- und Polizeihunden der Altersklasse zwei bezieht. Die Polizeihunde dieser Altersklasse sind mit einer mittleren Brechkraft von  $-0,10 \pm 0,9848$  dpt kurzsichtig bzw. annähernd emmetrop, während die Haushunde durchschnittlich hyperop sind. Die Polizeihunde der Altersklasse zwei weisen zu 20% eine Nukleusklerose auf, während nur 4,4% der Haushunde dieser Altersklasse von sklerotischen Linsenkernveränderungen betroffen sind. Dies erklärt, daß die Polizeihunde der Altersklasse zwei stärker myop sind und sich deshalb auffällig von der mittleren Refraktion der Haushunde unterscheiden. Der eigentliche Refraktionszustand der Hunde wird durch das zunehmende Auftreten von sklerotischen Linsenkernveränderungen verhüllt. BODEN (1909), DERKSEN (1920) und MURPHY et al. (1992) stellten ebenfalls eine geringere Fehlsichtigkeit von Gebrauchshunden gegenüber Haushunden fest. Der Unterschied in der mittleren Refraktion zwischen Haus- und Gebrauchshunden beträgt bei BODEN (1909) und DERKSEN (1920) wie in der vorliegenden Studie weniger als eine Dioptrie, während er bei MURPHY et al. (1992) etwas über einer Dioptrie liegt. Unterschiede zwischen den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und denen der genannten Autoren bestehen zum einen in der durchschnittlich ermittelten Refraktion der Haus- und Gebrauchshunde und zum anderen in der Richtung, in der die Verschiebung der durchschnittlichen Refraktion der Gebrauchshunde gegenüber der der Haushunde erfolgte: Bei BODEN (1909), DERKSEN (1920) und MURPHY et al. (1992) sind die Gebrauchshunde durchschnittlich weniger myop bzw. stärker hyperop als die Haushunde, während die Gebrauchshunde, insbesondere die Polizeihunde, in dieser Studie weniger hyperop bzw. stärker myop sind. Bei BODEN (1909) und DERKSEN (1920) waren sowohl Haus- als auch Gebrauchshunde durchschnittlich kurzsichtig. Bei MURPHY et al. (1992) wiesen nur die Haushunde einen mittleren myopen Brechungszustand und höhere Kurzsichtigkeitsgrade auf, während die

Gebrauchshunde durchschnittlich weitsichtig waren. WEBER (1961) ermittelte bei Gebrauchshunden ebenfalls eine durchschnittlich myope Refraktion. Bei der Bewertung dieser Unterschiede muß wiederum beachtet werden, daß eine Berücksichtigung des Alters nicht erfolgte. Ein Vergleich des Brechungszustandes von Hunden ist jedoch nur dann wirklich aussagekräftig, wenn er zwischen Hunden ohne sklerotische Linsenkernveränderungen vorgenommen wird.

Der Unterschied in der durchschnittlichen Refraktion von Haushunden und Polizeihunden ohne Nukleussklerose beträgt etwa 0,5 dpt. Es ist anzunehmen, daß Hunde Weitsichtigkeit von unter einer Dioptrie problemlos durch ihre, wenn auch im Vergleich zum Menschen verminderte, Akkommodationsfähigkeit ausgleichen können. Der Unterschied in der Fehlsichtigkeit zwischen Haus- und Gebrauchshunden wird sich deswegen vermutlich nicht auf ihre visuellen Fähigkeiten auswirken. Es ist unwahrscheinlich, daß Hunde mit der durchschnittlichen Refraktion der Haushunde zu einer Ausbildung zum Gebrauchshund nicht geeignet sind und deswegen aufgrund des Selektionsprozesses ausgeschlossen werden. Die durchschnittlich geringere Hyperopie der Polizeihunde gegenüber Haus- und Jagdhunden ist eventuell rassetypisch. Bei den Polizeihunden handelt es sich ausschließlich um Deutsche Schäferhunde. Deutsche Schäferhunde sind, zumindest wenn sie als Haushunde gehalten werden, nach MURPHY et al. (1992) vermehrt myop.

### **5.1.6 Refraktionszustand von normophaken dolicho-, meso- und brachyzephalen Hunden**

Die Hunde aller drei Kopfformen sind durchschnittlich weitsichtig, wobei der mittlere Brechungszustand der dolichocephalen Hunde ( $+0,32 \pm 1,04$  dpt) am geringsten und der der brachyzephalen Hunde ( $+0,99 \pm 1,40$  dpt) am stärksten hyperop ist. Die mesozephalen Hunde weisen eine durchschnittliche Refraktion von  $+0,63 \pm 0,96$  dpt auf. Unter den brachyzephalen Hunden sind nicht nur mehr Hunde durchschnittlich weitsichtig, sie weisen auch höhere Grade der Weitsichtigkeit auf.

Der Vergleich des durchschnittlichen Refraktionszustandes der Hunde der drei Kopfformen mit und ohne sklerotische Linsenkernveränderungen zeigt ebenfalls, daß Brechkraftunterschiede nur zwischen Hunden ohne Nukleussklerose bestehen.

Brachyzephaler Hunde ohne Nukleussklerose sind mit einer durchschnittlichen Refraktion von  $+1,27 \pm 1,14$  dpt deutlich weitsichtiger als dolichocephale Hunde ohne Nukleussklerose, deren mittlerer Brechungszustand bei  $+0,57 \pm 0,92$  dpt liegt. Auch die mesozephalen Hunde ohne Nukleussklerose sind durchschnittlich weniger weitsichtig ( $+0,71 \pm 0,92$ ) als die brachyzephalen Hunde ohne sklerotische Linsenveränderungen. Dieser Unterschied erwies sich nach Prüfung jedoch nicht als auffällig. Die brachyzephalen Hunden ohne sklerotische Linsenveränderungen weisen höhere hyperope Grade und niedrigere myope Fehlsichtigkeitsgrade auf als die dolicho- und mesozephalen Hunde.

Als auffällig unterschiedlich erwies sich die mittlere Refraktion von brachy- und mesozephalen und brachy- und dolichocephalen Hunden der Altersklasse eins. Die brachyzephalen Hunde dieser Altersklasse sind mit einer mittleren Refraktion von  $+1,38 \pm 0,98$  dpt durchschnittlich weitsichtiger als die dolicho- und mesozephalen Hunde der Altersklasse eins, die eine mittlere Brechkraft von  $+0,65 \pm 0,96$  dpt bzw.  $+0,72 \pm 0,85$  dpt aufweisen. Diese durchschnittlich stärkere Weitsichtigkeit der brachyzephalen Hunde

gegenüber den Hunden der beiden anderen Kopfformen kann bis zur Altersklasse drei verfolgt werden, in der die brachycephalen Hunde höhere maximale mittlere hyperope Brechkraftwerte aufweisen als dolicho- und mesozepale Hunde dieser Altersklasse. Der Umstand, daß sich die Brechkraftunterschiede zwischen den Hunden der drei Kopfformen lediglich in der Altersklasse eins als auffällig erwiesen haben, hängt sicherlich damit zusammen, daß nur in dieser Altersklasse ausschließlich Hunde ohne sklerotische Linsenkernveränderungen auftreten. In allen anderen Altersklassen erfährt die durchschnittliche Refraktion der Hunde eine Verschiebung in Richtung Myopie, da zunehmend Tiere mit einer Nukleussklerose auftreten.

In den Untersuchungen von GAIDDON et al. (1996) waren ebenfalls brachycephale Hunde durchschnittlich weitsichtiger als dolicho- und mesozepale Hunde. Dieser Unterschied in der mittleren Refraktion erwies sich jedoch nicht als signifikant. Neumann et al. (1998) konnten keine Unterschiede in der Refraktion von Hunden unterschiedlicher Kopfformen nachweisen.

Die durchschnittliche Hyperopie der brachycephalen Hunde war bei GAIDDON et al. (1996) geringer als in den vorliegenden Untersuchungen. Die meso- und dolichocephalen Hunde wiesen bei GAIDDON et al. (1996) im Gegensatz zu den in dieser Studie untersuchten Hunden eine durchschnittlich myope Refraktion auf, wobei die mesozepalen Hunde sogar stärker kurzsichtig waren als die dolichocephalen Hunde. In der für die vorliegende Studie untersuchten Population weisen dagegen die dolichocephalen Hunde durchschnittlich die höchste Brechkraft auf. Da GAIDDON et al. (1996) sowohl sehr junge als auch alte Hunde untersuchten, ist es wiederum möglich, daß die Abweichung der Ergebnisse auf der mangelnden Differenzierung der Hunde nach sklerotischen Linsenkernveränderungen beruht. Weiterhin führten GAIDDON et al. (1996) die Skiaskopie ohne vorherige Ausschaltung der Akkommodation der Hunde durch, wodurch eventuell eine allgemein höhere Refraktion der Hunde festgestellt wurde. WEBER (1961) ermittelte Brechkraftunterschiede von -0,5 bis +2 dpt zwischen Augen mit und ohne Zykloplegie, die er auf eine vorhandene Akkommodation zurückführt. Widersprüchlich ist, daß er bei atropinisierten Hunden durchschnittlich eine höhere Brechkraft (-0,702 dpt) nachwies als bei nicht atropinisierten Hunden (-0,44 dpt). Bei einem akkommodierten Auge sollte jedoch die Refraktion höher sein als bei einem nicht akkommodierten Auge. Andere Untersuchungen ließen keine akkommodationsbedingten Refraktionsunterschiede erkennen (BODEN 1909, DERKSEN 1920, KLEBERGER 1967, NOWAK und NEUMANN 1987 MURPHY et al. 1992). Bei Kleinkindern löst der Lichtkegel des Skiaskopes ebenfalls keine nennenswerte Akkommodation aus (MOHINDRA 1975, MOHINDRA 1977, OWENS et al. 1980, SAUNDERS und WESTALL 1992).

Ein Vergleich der okularen Dimensionen ist bisher nur zwischen dolicho- und mesozepalen Hunden vorgenommen worden. Ultraschallmessungen haben hier gezeigt, daß dolichocephale Hunde gegenüber mesozepalen Hunden eine größere axiale Bulbuslänge aufweisen (COTTRILL et al. 1989). Ob diese durch eine entsprechend verstärkte Brechkraft der Hornhaut oder Linse wieder ausgeglichen wird, wurde nicht untersucht. Auch Menschen verschiedener Kopfformen weisen unterschiedlich lange Augäpfel auf (LARSEN 1979). Verschieden lange Augäpfel, bedingt durch unterschiedliche anatomische Verhältnisse, sind eine denkbare Ursache für die Refraktionsunterschiede zwischen den Hunden der drei Kopfformen. Brachycephale Hunde besitzen besonders flache Augenhöhlen, die eventuell

mit kürzeren Bulbi verbunden sind, wodurch die höhere Weitsichtigkeit dieser Hunde erklärt werden könnte.

### **5.1.7 Astigmatismus bei normophaken Hunden**

Astigmatismus tritt in der vorliegenden Studie bei 20,60% (n = 82) der skioskopierten normophaken Hunde bzw. 14,14% (n = 112) aller normophaken Augen auf. Es treten keine Unterschiede in der Häufigkeit von Astigmatismus zwischen Hunden unterschiedlichen Alters und Geschlechts und unterschiedlicher Gebrauchs- und Kopfformen auf. Die von DUBAR und THIEULIN (1927) und POLLET (1982) ermittelten Prozentzahlen von Hunden bzw. Augen mit astigmatischem Brechungsfehler stimmen im wesentlichen mit den vorliegenden überein. MURPHY et al. (1992) stellten dagegen deutlich seltener Astigmatismus bei Hunden fest (4,14%), während bei NOWAK und NEUMANN (1987), GAIDDON et al. (1991) und NEUMANN et al. (1998) ein wesentlich höherer Anteil von Hunden bzw. Augen mit Astigmatismus auftrat (46% bis 66,9%). GAIDDON et al. (1991) bestimmten den Astigmatismus durch Keratometrie. Dieses Verfahren, bei dem die Krümmungsradien der Hornhaut gemessen werden, ist zur Bestimmung astigmatischer Brechungsfehler vermutlich genauer als die Skiaskopie und weist schon geringere Brechkraftunterschiede zwischen den Hornhautmeridianen nach. Die unterschiedliche Methode ist somit eine mögliche Erklärung für das häufigere Auftreten von Astigmatismus bei GAIDDON et al. (1991), verglichen mit den Untersuchungsergebnissen dieser Studie.

Der durchschnittliche Brechkraftunterschied zwischen den Hauptmeridianen liegt in der vorliegenden Studie bei 0,62 dpt. Die Spannweite beträgt 0,25 bis 2,5 dpt. In den meisten anderen Untersuchungen trat ebenfalls eine durchschnittliche Brechkraftdifferenz von unter einer Dioptrie auf (NOWAK und NEUMANN 1987, NELMS et al. 1994, NEUMANN et al. 1998, MUTTI et al. 1999). MUTTI et al. (1999) wiesen mittels Keratometrie einen verschwindend geringen mittleren Astigmatismus bei Hunden nach. Bei GAIDDON et al. (1991) betrug der im Durchschnitt ermittelte Astigmatismus dagegen etwas mehr als eine Dioptrie. Bei den von POLLET (1982) untersuchten Hunden trat ebenfalls häufiger höherer Astigmatismus auf als in der Untersuchungspopulation dieser Studie, da bei ihm allein 14% aller untersuchten Augen Astigmatismus von über einer Dioptrie aufwiesen. Die maximale Brechkraftdifferenz war bei MURPHY et al. (1992) (3 dpt) ähnlich hoch wie in der vorliegenden Untersuchungspopulation, während GAIDDON et al. (1991) Astigmatismus bis zu 5 dpt nachwiesen. NOWAK und NEUMANN (1987) dagegen fanden bei keinem Hund Astigmatismus von über einer Dioptrie.

Der Astigmatismus ist bei 13,07% der hier untersuchten Hunde einseitig und bei 7,54% beidseitig. Bei MURPHY et al. (1992) trat Astigmatismus bei Hunden ebenfalls häufiger einseitig als beidseitig auf. GAIDDON et al. (1991) wiesen ein- und beidseitigen Astigmatismus etwa gleich häufig nach.

In der Untersuchungspopulation der vorliegenden Studie treten der kombiniert hyperope Astigmatismus und der kombiniert myope Astigmatismus bei 45,54% bzw. 40,18% der astigmatischen Augen und damit am häufigsten auf. Der einfach hyperope und einfach myope Astigmatismus sind nur ausnahmsweise zu sehen. Etwas häufiger tritt noch der gemischte Astigmatismus auf, der bei 10,71% der untersuchten normophaken Hunde beobachtet wird. Eine Erklärung für das gehäufte Auftreten des kombiniert myopen Astigmatismus trotz hyperoper Refraktion bei der Mehrzahl der Hunde ist, daß Hunde mit



Nukleussklerose besonders häufig von astigmatischen Brechungsfehlern betroffen sind und diese durchschnittlich kurzsichtig sind.

Bei POLLET (1982) traten der einfach myope und kombiniert myope Astigmatismus und bei DUBAR und THIEULIN (1927) der kombiniert myope Astigmatismus am häufigsten auf. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß in beiden Untersuchungen Myopie bei Hunden häufiger vorkam als Hyperopie und damit auch myoper Astigmatismus häufiger zu sehen ist als hyperoper Astigmatismus.

Der Astigmatismus ist bei den normophaken Hunden der vorliegenden Studie überwiegend regelmäßig (91,07%). Schiefer Astigmatismus tritt nur bei 8,93% der astigmatischen Augen auf. In der Literatur wird von dem Auftreten eines schiefen Astigmatismus bei normophaken Hunden nicht berichtet.

Astigmatismus nach der Regel und gegen die Regel treten zu 46,43% bzw. 44,64% und damit etwa gleich häufig auf. Nach KOSCHEL (1893), MEYER (1897), KISTLER (1927) und GÖRIG et al. (1998) ist der vertikale Krümmungsradius der Hornhaut des Hundes stärker gekrümmt als der horizontale. GAIDDON et al. (1991) ermittelten dagegen bei der Mehrzahl der astigmatischen Augen eine stärkere Krümmung des horizontalen Meridians und somit einen Astigmatismus gegen die Regel. Astigmatismus nach der Regel fanden sie bei 38,67% der astigmatischen Augen und damit ebenfalls relativ häufig.

### **5.1.8 Anisometropie bei normophaken Hunden**

Anisometropie tritt bei 30,96% der untersuchten normophaken Hunde auf, wobei männliche Hunde zu 36,63% und damit deutlich häufiger betroffen sind als weibliche Hunde (21,85%). Der Brechkraftunterschied zwischen beiden Augen beträgt durchschnittlich 0,61 dpt mit einer Spannweite von 0,25 dpt bis 2,25 dpt. Bei DERKSEN (1920), WEBER (1961) und POLLET (1982) trat Anisometropie bei normophaken Hunden ebenfalls häufig auf, während MURPHY et al. (1992) nur bei 16,25% der untersuchten Hunde eine unterschiedliche Brechkraft beider Augen fanden und bei den von BODEN (1909) und MUTTI et al (1999) untersuchten Hunden beide Augen im wesentlichen die gleiche Brechkraft aufwiesen.

## **5.2 Refraktion normophaker Katzen**

### **5.2.1 Refraktionszustand der Gesamtpopulation der normophaken Katzen**

Die Mehrzahl der normophaken Katzen der Untersuchungspopulation dieser Studie ist durchschnittlich hyperop (58,82%). 28,24% der Katzen weisen im Mittel einen myopen Brechungszustand auf, und 12,94% sind durchschnittlich emmetrop. Die durchschnittliche Refraktion aller Katzen ist mit  $+0,28 \pm 0,82$  dpt hyperop. In der Literatur wird der mittlere Refraktionszustand normaler Katzen, deren Sehen keinen Einschränkungen unterworfen war, ebenfalls als hyperop angegeben (HESS und HEINE 1898, KAHMANN 1930, ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON et al. 1984, YINON und KOSLOWE 1984, NI und SMITH 1989, GILGER et al. 1998a). Bei ROSE et al. (1974) und BELKIN et al. (1977) trat Hyperopie sogar zu 87,5% auf. YINON und KOSLOWE (1984) und YINON et al. (1984) bestimmten sowohl bei Katzen, die im Freien aufgewachsen sind, als auch bei Katzen, die in Räumen gehalten wurden, einen durchschnittlich hyperopen Brechungszustand, wobei die

erste Gruppe im Mittel weitsichtiger war. Die von VAKKUR und BISHOP (1963) und COILE und O'KEEFE (1988) erstellten schematischen Katzenaugen weisen ebenfalls einen hyperopen Brechungszustand auf, wobei die von COILE und O'KEEFE (1988) berechnete Ametropie so gering ist, daß die Refraktion ihres Katzenauges nahezu emmetrop ist.

Die normalen Katzen waren mit einer Refraktion von etwas über oder unter einer Dioptrie in anderen Untersuchungen (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON et al. 1984, YINON und KOSLOWE 1984) durchschnittlich weitsichtiger als die hier untersuchten Katzen. GILGER et al. (1998a) ermittelten jedoch ebenfalls eine geringe durchschnittliche Hyperopie bei Katzen.

Außerdem bildeten normale Katzen in anderen Untersuchungen etwas höhere Grade an Weitsichtigkeit aus (+3 bis +4 dpt) (KAHMANN 1930, ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977) als die hier untersuchten Katzen, bei denen einzelne Augen maximal +2,5 dpt hyperop sind und die mittlere maximale Weitsichtigkeit sogar nur +2,13 dpt beträgt. HESS und HEINE (1898) und DUBAR und THIEULIN (1927) ermittelten bei Katzen maximale Hyperopiewerte (+0,5 bis +2,5 dpt), die denen der vorliegenden Studie in etwa entsprechen.

Myopie tritt bei etwa einem Drittel der hier untersuchten Katzen auf. Andere Untersucher wiesen nur bei 4,2% aller Katzen mit unbeeinträchtigtem Sehen Kurzsichtigkeit nach (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977). Bei Katzen, die in Käfigen oder in engen Räumen aufgewachsen waren, trat dagegen deutlich häufiger Myopie auf (68,2% - 75,8%) (BELKIN et al. 1974, ROSE et al. 1974). Sie wiesen in den meisten Untersuchungen einen durchschnittlich myopen Brechungszustand von unter einer Dioptrie auf (BELKIN et al. 1974, ROSE et al. 1974, CREMIEUX et al. 1989). Myopie tritt bei der Mehrzahl der hier untersuchten kurzsichtigen Katzen ebenfalls nur bis zu -0,75 dpt auf. Die maximale Kurzsichtigkeit bei Katzen mit beschränktem Blickfeld betrug -2,5 dpt bis -3,35 dpt (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON et al. 1984, CREMIEUX et al. 1989), während Katzen mit uneingeschränktem Sehen Myopie von maximal nur -1 dpt bis -1,5 dpt ausbildeten (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON et al. 1984). Auch in der Untersuchungspopulation dieser Studie tritt Myopie von nur maximal -2,0 dpt bei einzelnen Augen und von nur -1,88 dpt als durchschnittliche maximale myope Refraktion auf. Ebenso wiesen die von HESS und HEINE (1898) und DUBAR und THIEULIN (1927) untersuchten Katzen keine hohe Kurzsichtigkeit auf.

12,94% der hier untersuchten Katzen sind emmetrop. Emmetropie trat auch in anderen Untersuchungen sowohl bei Katzen mit als auch bei Katzen ohne eingeschränktem Blickfeld relativ selten auf (6% bis 9,1%) (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977). Lediglich DUBAR und THIEULIN (1927) stellten fest, daß Katzen im allgemeinen normalsichtig sind.

Bei den Katzen dieser Studie handelt es sich ausschließlich um Hauskatzen mit einem normalen Blickfeld. Die dargestellten Untersuchungsergebnisse stimmen im wesentlichen mit den von anderen Untersuchern bei normalen Katzen ermittelten Ergebnissen überein. Die durchschnittlich höhere Hyperopie und der größere Anteil weitsichtiger Katzen bzw. der geringere Anteil kurzsichtiger Katzen in anderen Untersuchungen über den Refraktionszustand normaler Katzen ist vermutlich auf einen geringeren Anteil alter Katzen mit Nukleusklerose in diesen Populationen zurückzuführen. In den Untersuchungen wird das Alter der Katzen entweder überhaupt nicht angegeben (HESS und HEINE 1898, DUBAR und THIEULIN 1927, KAHMANN 1930, GILGER et al. 1998a) oder nur das junger Tiere (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON und KOSLOWE 1984, NI und SMITH 1989).

### **5.2.2 Refraktionszustand von normophaken Katzen mit und ohne Nukleusklerose**

Katzen mit Nukleusklerose ( $-0,56 \pm 0,59$  dpt) sind durchschnittlich deutlich kurzsichtiger als Katzen ohne Nukleusklerose ( $0,58 \pm 0,67$  dpt). Während Katzen ohne Nukleusklerose nur vereinzelt myop sind, sind Katzen mit Nukleusklerose fast ausschließlich kurzsichtig. Diese Verschiebung der Refraktion in Richtung Myopie beruht wiederum auf dem höheren Brechungsindex von Linsen mit sklerotischen Veränderungen. Die durchschnittliche Refraktion von Katzen ohne Nukleusklerose kann als eigentlicher Brechungszustand von Katzen angenommen werden. Über vermehrte Kurzsichtigkeit von Katzen mit sklerotischen Linsenkernveränderungen wird in der Literatur nicht berichtet.

### **5.2.3 Refraktionszustand von normophaken Katzen der unterschiedlichen Altersklassen**

Die hier untersuchten Katzen sind bis zu einem Alter von neun Jahren durchschnittlich hyperop. Sie unterscheiden sich in ihrer Refraktion auffällig von älteren Katzen, die im Mittel kurzsichtig sind. Die myope Refraktion von Katzen ab dem zehnten Lebensjahr ist auf die ab diesem Alter auftretenden sklerotischen Linsenkernveränderungen zurückzuführen. In anderen Untersuchungen wurde zum Teil zwischen jungen und adulten Katzen unterschieden (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, YINON und KOSLOWE 1984, CREMIEUX et al. 1989, NI und SMITH 1989). Bei diesen Vergleichen der Refraktion erwiesen sich adulte Katzen nicht als kurzsichtiger als junge Katzen. Es ist jedoch zu beachten, daß das Alter adulter Katzen nicht angegeben wurde und damit auch nicht entschieden werden kann, ob Katzen mit sklerotischen Linsenkernveränderungen in die Untersuchungen mit einbezogen wurden.

### **5.2.4 Refraktionszustand von männlichen und weiblichen normophaken Katzen**

Sowohl die männlichen ( $+0,22 \pm 0,9154$  dpt) als auch die weiblichen Katzen ( $+0,36 \pm 0,69$  dpt) sind durchschnittlich leicht weitsichtig. Unterschiede in der mittleren Refraktion treten nur zwischen männlichen und weiblichen Katzen mit Nukleusklerose auf. Männliche Katzen mit sklerotischen Linsenkernveränderungen sind durchschnittlich kurzsichtiger ( $-0,77 \pm 0,58$  dpt) als die entsprechenden weiblichen Katzen ( $-0,30 \pm 0,52$  dpt). Eine denkbare Ursache hierfür ist wie beim Hund, daß männliche Katzen stärkere Ausprägungsgrade sklerotischer Linsenkernveränderungen aufweisen als weibliche Katzen und damit eine stärkere Kurzsichtigkeit ausbilden. Untersuchungen über die geschlechtsspezifische Sklerosierung des Linsenkerns fehlen jedoch auch bei Katzen.

### **5.2.5 Astigmatismus bei normophaken Katzen**

Astigmatismus von durchschnittlich 0,5 dpt tritt bei 7,06% der untersuchten Katzen bzw. 5,88% der untersuchten Augen auf. Er ist häufiger beidseitig als einseitig und immer regulär. Die maximale Brechkraftdifferenz der Hauptmeridiane beträgt 1 dpt. Astigmatismus nach der Regel und gegen die Regel tritt mit gleicher Häufigkeit auf. Bei den von DUBAR und THIEULIN (1927) und GILGER et al. (1998b) untersuchten Katzenaugen trat Astigmatismus

mit etwa gleicher Häufigkeit auf (4% bis 5%). YINON et al. (1984) wiesen dagegen bei 20,2% der Katzenaugen Astigmatismus nach. Sie wandten das Verfahren der Ophthalmometrie an, durch das eventuell astigmatische Brechungsfehler mit einer größeren Genauigkeit nachgewiesen werden können als durch die Skiaskopie. Der Astigmatismus beträgt auch in anderen Untersuchungen durchschnittlich weniger als eine Dioptrie (YINON et al. 1984, GILGER et al. 1998b) und maximal nicht wesentlich mehr als eine Dioptrie (1,2 dpt) (FREEMAN 1980, GILGER et al. 1998b).

Der kombiniert myope Astigmatismus tritt bei den hier untersuchten Katzen am häufigsten auf. DUBAR und THIEULIN (1927) ermittelten dagegen ausschließlich einen kombiniert hyperopen Astigmatismus bei der Katze. Eine Erklärung für das häufige Auftreten von Astigmatismus mit myopen Hauptmeridianen bei den Katzen der Untersuchungspopulation dieser Studie ist, daß ein relativ hoher Anteil der astigmatischen Augen (40%) eine Nukleusklerose und damit einen in Richtung Myopie verschobenen Brechungszustand aufweist.

### **5.2.6 Anisometropie bei normophaken Katzen**

17,65% der untersuchten Katzen weisen eine Anisometropie von durchschnittlich 0,63 dpt auf. Die Spannweite der Brechkraftdifferenz beider Augen beträgt 0,25 dpt bis 1,5 dpt. NI und SMITH (1989) stellten dagegen häufiger (36,36 %) Anisometropie bei Katzen fest, während ROSE et al. (1974) keine Unterschiede in der durchschnittlichen Refraktion des linken und rechten Auges bei Katzen nachgewiesen haben. Der maximale von NI und SMITH (1989) ermittelte Refraktionsunterschied zwischen beiden Augen war mit 0,75 dpt geringer als in der vorliegenden Untersuchungspopulation.

### **5.3 Refraktion pseudophaker Hunde**

Die in dieser Studie untersuchten Augen mit implantierter Linse einer Brechkraft von 41,5 dpt sind durchschnittlich hyperop (+1,24 ± 2,67 dpt). Die Spannweite der ermittelten Refraktion beträgt -3 dpt bis +8 dpt. 65,22% der pseudophaken Augen sind hyperop, 30,43% myop und 4,3% emmetrop. Etwa die Hälfte der Augen (56,52%) weist einen Brechungszustand von -1 dpt bis +1 dpt auf.

GAIDDON et al. (1996) bestimmten dagegen bei Hunden, denen eine Intraokularlinse vergleichbarer Stärke implantiert wurde (41 dpt), einen durchschnittlich leicht myopen Brechungszustand. Die maximale Myopie betrug in seinen Untersuchungen -2 dpt und ist damit geringer als der in der vorliegenden Studie ermittelte Wert maximaler Kurzsichtigkeit bei pseudophaken Augen. Hyperopie trat bei den von GAIDDON et al. (1996) untersuchten Hunden nur bis +0,5 dpt auf, während pseudophake Hunde in dieser Studie bis +8 dpt weitsichtig sind.

Während die hier untersuchten pseudophaken Hunde also im Mittel unterkorrigiert sind, ist bei den von GAIDDON et al. (1996) untersuchten Augen die Stärke der implantierten Linse durchschnittlich zu hoch.

Beim Menschen wird die große Spannweite der Brechkraft der Linse als hauptsächliche Ursache für unzureichende Ergebnisse bei dem Einsatz von Standardintraokularlinsen gesehen (BINKHORST 1975, STROBEL 1985). Unterschiede in der Brechkraft der Linse wurden für Hunde unterschiedlicher Größe festgestellt (GAIDDON et al. 1989). Große Hunde benötigen nach GAIDDON et al. (1989) eine Intraokularlinse geringerer Stärke als kleine und

mittelgroße Hunde, da sie im Vergleich zu diesen eine signifikant flachere Hornhaut und größere axiale Bulbuslänge aufweisen. In der vorliegenden Studie sind große Hunde jedoch am deutlichsten unterkorrigiert ( $+2,92 \pm 4,49$ ), so daß sie eine Intraokularlinse höherer Brechkraft bräuchten als kleine und mittelgroße Hunde, was den Ergebnissen von GAIDDON et al. (1989) widerspricht. Bei der Bewertung der Ergebnisse dieser Studie muß jedoch einschränkend berücksichtigt werden, daß nur eine kleine Zahl pseudophaker Augen großer Hunde untersucht wurde.

SCHIFFER et al. (1982) stellten bei männlichen Hunden durchschnittlich längere Augäpfel fest als bei weiblichen. Unterschiede in der Hornhautbrechkraft zwischen männlichen und weiblichen Hunden konnten von GAIDDON et al. (1991) nicht nachgewiesen werden. Dies läßt vermuten, daß bei weiblichen Hunden die Linse eine höhere Brechkraft aufweist als bei männlichen Hunden und aphake weibliche Hunde eine stärkere Intraokularlinse bräuchten als männliche aphake Hunde, um annähernd emmetrop zu werden. Dies können die Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht bestätigen, da hier die männlichen pseudophaken Hunde ( $+1,79 \pm 3,56$ ) durchschnittlich stärker weitsichtig sind als die weiblichen Hunde ( $+0,64 \pm 0,95$ ). Auch der Median der Brechkraft, der von einzelnen Extremwerten weniger beeinflusst ist als der Mittelwert, ist bei den männlichen Hunden ( $+0,75$  dpt) stärker hyperop als bei den weiblichen Hunden ( $+0,5$  dpt). Weitere Untersuchungen von größerem Umfang sind jedoch nötig, um eindeutige Aussagen treffen zu können.

Der Zeitpunkt der zurückliegenden Linsenimplantation hat bei den hier untersuchten Hunden keinen Einfluß auf den Brechungszustand. Hierbei muß jedoch berücksichtigt werden, daß keine Verlaufsuntersuchungen vorgenommen wurden, sondern nur die Erstbestimmung der Refraktion in unterschiedlichen Zeitabständen zur zurückliegenden Operation vorgenommen wurde. Verlaufsuntersuchungen würden den möglichen Einfluß des postoperativen Zeitintervalls auf die Refraktion pseudophaker Augen genauer wiedergeben.

### **5.3.1 Astigmatismus bei pseudophaken Hunden**

Astigmatismus von durchschnittlich 1,07 dpt tritt bei 60,87% der hier untersuchten pseudophaken Augen auf. Die minimale Brechkraftdifferenz beträgt 0,5 dpt und die maximale Brechkraftdifferenz 2,0 dpt. Damit stimmen die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit denen anderer Untersucher (POLLET 1982, NELMS et al 1994, NEUMANN et al. 1998) in der Hinsicht überein, daß Astigmatismus bei Hunden nach einem intraokularen Eingriff häufiger vorkommt als bei nicht operierten Hunden.

Die durchschnittliche Brechkraftdifferenz zwischen den Hauptmeridianen ist bei den hier untersuchten pseudophaken Hunden höher als bei den normophaken Hunden, bei denen sie unter einer Dioptrie liegt. Die maximal bei den pseudophaken Hunden auftretende Brechkraftdifferenz der Hauptmeridiane ist dagegen etwas geringer als bei den normophaken Hunden und entspricht etwa der von POLLET (1982) ermittelten Spannweite des Astigmatismus bei Hunden nach einem intraokularen Eingriff. NELMS et al. (1994) wiesen dagegen höheren Astigmatismus bei pseudophaken Augen nach (bis 10,8 dpt). Die Höhe des Astigmatismus nahm in ihren Untersuchungen mit der Länge der postoperativen Zeitspanne wieder ab, so daß ein Monat nach der Operation nur noch Astigmatismus bis ungefähr 4 dpt auftrat. Diese Unterschiede in der Höhe des Astigmatismus sind eventuell auf unterschiedliche Nahttechniken und unterschiedliche chirurgische Erfahrung der Operateure zurückzuführen. Auch andere Untersucher stellten fest, daß der induzierte Astigmatismus mit der

Länge des postoperativen Zeitintervalls geringer und seltener wird (POLLET 1982, NEUMANN et al. 1998). Astigmatismus tritt in den vorliegenden Untersuchungen dagegen bei Hunden, denen vor weniger als drei Monaten eine Linse in den Kapselsack implantiert wurde, etwa genauso häufig auf wie bei Hunden, deren Operation schon länger zurückliegt. Hierbei muß wiederum berücksichtigt werden, daß es sich nicht um Verlaufsuntersuchungen handelt.

Der Astigmatismus der pseudophaken Hunde dieser Studie ist ausschließlich regelmäßig, was mit den Ergebnissen von NELMS et al. (1994) übereinstimmt. Ebenfalls Übereinstimmung mit den Untersuchungen anderer (NELMS et al. 1994, NEUMANN et al. 1998) besteht darin, daß durch einen intraokularen Eingriff überwiegend ein Astigmatismus gegen die Regel induziert wird.

#### **5.4 Schlußfolgerungen**

Normophake Hunde und Katzen dieser Studie sind im Durchschnitt leicht weitsichtig. Myopie tritt im wesentlichen nur bei Tieren mit sklerotischen Linsenkernveränderungen, also als Brechungsmyopie, auf. Hohe Fehlsichtigkeitsgrade sind weder bei den untersuchten Hunden noch bei den Katzen dieser Studie festzustellen.

Der Mensch ist bis zum sechsten bis siebten Lebensjahr ebenfalls durchschnittlich leicht weitsichtig. Die durchschnittlich myope Refraktion Erwachsener wird darauf zurückgeführt, daß im Emmetropisierungsprozeß das axiale Längenwachstum des Bulbus bis ins Erwachsenenalter reicht, während die Linse und Hornhaut ab dem Kindesalter keine Brechkraftveränderungen mehr zeigen, wodurch der Augapfel durchschnittlich zu lang für die Brechkraft des Auges wird (GORDON und DONZIS 1985). Unterschiede im Emmetropisierungsprozeß zwischen Hunden und Katzen und dem Menschen, insbesondere was die zeitliche Dauer des Längenwachstums des Augapfels anbelangt, können eine Erklärung für die hier festgestellte durchschnittlich hyperope Refraktion von Hunden und Katzen sein. Untersuchungen über das koordinierte Wachstum der okularen Komponenten im Emmetropisierungsvorgang von Hunden und Katzen liegen jedoch nicht vor.

Tierstudien führten zu der Hypothese, daß eine verminderte Sehschärfe, die aber ein gewisses räumliches Sehen und Kontrastsehen noch ermöglicht, zur Ausbildung eines hyperopen Brechungszustandes führt (KIORPES und WALLMAN 1995).

Untersuchungen bei Hunden und Katzen haben eine im Vergleich zum Menschen reduzierte Sehschärfe festgestellt (ENROTH – CUGELL und ROBSON 1966, NEUHAUS und REGENFUSS 1967, BERKELEY und WATKINS 1973, HARRIS 1978, FREEMAN 1981, PASTERNAK und MERIGAN 1981, ODOM et al. 1983, EZEH et al. 1990, OFRI et al. 1993, MURPHY et al. 1997). Eventuell ist die verminderte Sehschärfe von Hunden und Katzen an der Entstehung ihres hyperopen Brechungszustandes beteiligt.

Axiale Myopie wird bei normalen Hunden und Katzen in der Regel nicht gesehen (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977, MURPHY et al. 1992, MUTTI et al. 1999). Nur NOWAK und NEUMANN (1987) bringen Myopie beim gesunden Hund mit einer überdurchschnittlichen Bulbuslänge in Zusammenhang. Eine erhöhte Beanspruchung der Akkommodation wird als ein wichtiger Faktor in der Entstehung der axialen Myopie des Menschen gesehen (GOLDSCHMIDT 1968, YOUNG et al. 1969, RICHLER und BEAR 1980). Die geringe Akkommodationsfähigkeit von Hunden und Katzen ist eine mögliche Erklärung für das fehlende Auftreten axialer Myopie bei diesen Tierarten. Bei Katzen wurde von LOVASIK und

BEAUCHAMP (1982a) und LOVASIK und BEAUCHAMP (1982b) eine Akkommodation von 9 bis 13 dpt ermittelt, während sonst eine deutlich geringere Akkommodationsbreite für die Katze angegeben wird (HESS und HEINE 1898, KAHMANN 1930, MARG et al. 1954, MARG und REEVES 1955, VAKKUR et al. 1963, O'NEILL und BRODKEY 1969, BLOOM und BERKLEY 1977, EZEH et al. 1990). Normale Hunde und Katzen beanspruchen ihre Akkommodation im Vergleich zum Menschen wesentlich geringer, so daß selbst bei höherer Akkommodationsfähigkeit als allgemein angenommen verstärktes Nahsehen bei diesen Tieren und damit auch die Prädisposition zur Ausbildung einer axialen Myopie entfällt. Eine höhere Akkommodationsfähigkeit der Katze kann jedoch die Erklärung dafür sein, daß eine künstliche Akkommodationsstimulierung bei ihr zu einer Bulbusverlängerung führt (HENDRICKSON und ROSENBLUM 1985). Bei Katzen, deren Sehen über lange Zeit auf die Nähe beschränkt wurde, tritt ebenfalls vermehrt Myopie auf (BELKIN et al. 1974, ROSE et al. 1974, CREMIEUX et al. 1989). Diese geht jedoch nicht mit einer Verlängerung des Augapfels einher, weshalb vermutet wird, daß es sich um eine Brechungsmyopie lentikulären Ursprungs handelt (ROSE et al. 1974, BELKIN et al. 1977).

Astigmatismus tritt bei den hier untersuchten Hunden häufiger auf als bei den untersuchten Katzen. Auch in der Literatur sind die für Hunde mit Astigmatismus angegebenen Prozentzahlen in der Regel höher als für Katzen (DUBAR und THIEULIN 1927, POLLET 1982, NOWAK und NEUMANN 1987, GAIDDON et al. 1991, GILGER et al. 1998b, NEUMANN et al. 1998). Astigmatismus wird demnach bei Hunden und Katzen etwa gleich häufig gesehen wie bei Kindern (10 bis 20%) (ATKINSON et al. 1980, FULTON et al. 1980, GWIADZA et al. 1984). Beim Menschen tritt ein Verlust an Sehschärfe erst bei einem Astigmatismus von 4 dpt bis 4,5 dpt auf (MITCHELL und WILKINSON 1974). Bei den untersuchten Hunden und Katzen ist der Astigmatismus in der Regel so gering, daß durch ihn keine wesentliche Beeinträchtigung der Sehschärfe zu erwarten ist.

Anisometropie von 0,25 bis 1,0 dpt tritt bei den Hunden (27,66%) und Katzen (15,29%) dieser Studie relativ häufig auf. Auch von anderen Untersuchern wurde häufig eine unterschiedliche Brechkraft beider Augen bei Hunden und Katzen festgestellt (DERKSEN 1920, WEBER 1961, POLLET 1982, NI und SMITH 1989). Höhere Anisometropie von über 1,0 dpt wird bei den untersuchten Hunden (3,30%) und Katzen (2,35%) seltener gesehen. Beim Menschen tritt Anisometropie von über 1,0 dpt je nach Alter, Rasse und Geschlecht mit einer Häufigkeit von 2,8 bis 8,1% auf (Katz et al. 1997). Die Brechkraftdifferenz zwischen den Augen ist bei der Mehrzahl der untersuchten Hunde und Katzen wiederum so gering, daß keine Beeinträchtigung des Sehens durch sie zu erwarten ist. Beim Menschen führt ein Refraktionsunterschied von mehr als 4 dpt zu einem Bildgrößenunterschied und zu einem Doppelsehen von Gegenständen (LEYDHECKER und GREHN 1993). Höhere Anisometropie (3 dpt) hat ihren Ursprung beim Menschen gewöhnlich in einer ungleichen axialen Bulbuslänge (ABRAHAMSSON et al. 1990). Inwieweit eine unterschiedliche axiale Bulbuslänge bei Hunden und Katzen für die unterschiedliche Brechkraft beider Augen verantwortlich ist, ist bisher nicht untersucht worden.

Mit einer Intraokularlinse, die eine Brechkraft von +41,5 dpt aufweist, wird bei ungefähr der Hälfte der pseudophaken Hunde dieser Studie ein nahezu emmetroper Brechungszustand erreicht. Durchschnittlich wird die durch die Entfernung der Linse induzierte Weitsichtigkeit durch eine Intraokularlinse dieser Stärke unterkorrigiert. Deswegen kann der von anderen Autoren empfohlene Einsatz von Intraokularlinsen geringerer Stärken bei Hunden

(GAIDDON et al. 1989, PEIFFER und GAIDDON 1991, NEUMANN et al. 1998) auf der Basis der Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie nicht befürwortet werden.