

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

**Bestimmung der Refraktion von normophaken Hunden und Katzen  
und pseudophaken Hunden  
mit der Methode der Skiaskopie**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der  
Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Beatrice Pfefferkorn  
Tierärztin aus Flensburg

Berlin 2000

Journal-Nr:

Gedruckt mit Genehmigung  
des Fachbereiches Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Amtierender Dekan: Univ.-Prof. Dr. G. Hildebrandt

Erster Gutachter: Univ.-Prof. Dr. L. Brunnberg

Zweiter Gutachter: Univ.-Prof. Dr. U. Kellner

Tag der Promotion: 30.10.2000

<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>2. LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 KURZE DARSTELLUNG DER PHYSIKALISCHEN GRUNDLAGEN</b>	<b>10</b>
2.1.1 Brechung	10
2.1.2 Abbildung durch einfache Brechung	10
<b>2.2 DAS AUGE ALS OPTISCHES SYSTEM</b>	<b>11</b>
2.2.1 Umriß des optischen Aufbaus des Auges	11
2.2.2 Die optischen Medien des Auges im Detail	11
2.2.2.1 Hornhaut	14
2.2.2.2 Vordere Augenkammer und Kammerwasser	15
2.2.2.3 Linse	15
2.2.2.4 Glaskörper	16
2.2.3 Axiale Bulbuslänge	16
2.2.4 Bilderzeugung des Auges	17
<b>2.3 AKKOMMODATION</b>	<b>17</b>
<b>2.4 EMMETROPIE (NORMALSICHTIGKEIT)</b>	<b>18</b>
<b>2.5 AMETROPIE (FEHLSICHTIGKEIT)</b>	<b>19</b>
2.5.1 Sphärische Brechungsfehler	19
2.5.1.1 Myopie	19
2.5.1.2 Hyperopie	21
2.5.2 Asphärische Brechungsfehler (Astigmatismus)	21
<b>2.6 SKIASKOPIE</b>	<b>23</b>
2.6.1 Das Prinzip der Skiaskopie	23
2.6.2 Aufbau des Strichskiaskops	26
2.6.3 Linsen	27
2.6.4 Durchführung der Skiaskopie	28
2.6.4.1 Aufsuchen des Neutralpunktes bei einem sphärischen Auge	29
2.6.4.2 Aufsuchen des Neutralpunktes bei einem asphärischen Auge	31
<b>2.7 BRECHUNGSZUSTAND DES NORMOPHAKEN HUNDES</b>	<b>32</b>
2.7.1 Vorkommen von Emmetropie	32
2.7.2 Vorkommen von Myopie	32
2.7.2.1 Theorien zur Ursache der Myopie beim Hund	32
2.7.2.2 Theorien zur Entstehung der axialen Myopie des Menschen	33
2.7.2.2.1 Die Bedeutung der Vererbung in der Entstehung von Myopie	33
2.7.2.2.2 Der Einfluß von Umgebungsfaktoren auf die Entstehung von Myopie	33
2.7.2.2.3 Die Rolle der Akkommodation in der Entstehung von Myopie	34
2.7.3 Vorkommen von Hyperopie	34
2.7.3.1 Theorien zur Entstehung der axialen Hyperopie beim Menschen	34
2.7.4 Brechungszustand in Abhängigkeit der Rasse	36
2.7.5 Brechungszustand in Abhängigkeit des Geschlechts	39
2.7.6 Brechungszustand in Abhängigkeit des Alters	39

2.7.7	Brechungszustand in Abhängigkeit der Körpergröße	40
2.7.8	Brechungszustand in Abhängigkeit der Kopfform	41
2.7.9	Brechungszustand in Abhängigkeit der Gebrauchs- und Haltungsform	41
2.7.10	Brechungszustand mit und ohne Zykloplegie	43
2.7.11	Der kalkulierte Brechungszustand des Hundes	43
<b>2.8</b>	<b>BRECHUNGSZUSTAND DER NORMOPHAKEN KATZE</b>	<b>44</b>
2.8.1	Vorkommen von Emmetropie	44
2.8.2	Vorkommen von Myopie	45
2.8.3	Vorkommen von Hyperopie	45
2.8.4	Der kalkulierte Brechungszustand der Katze	48
<b>2.9</b>	<b>BRECHUNGSZUSTAND DES PSEUDOPHAKEN HUNDES</b>	<b>48</b>
2.9.1	Intraokularlinsen beim Hund und Menschen	48
2.9.2	Bestimmungen des Brechungszustandes pseudophaker Hunde	50
<b>2.10</b>	<b>BRECHUNGSZUSTAND DER PSEUDOPHAKEN KATZE</b>	<b>52</b>
2.10.1	Intraokularlinsen bei der Katze	52
2.10.2	Bestimmungen des Brechungszustandes pseudophaker Katzen	52
<b>2.11</b>	<b>BRECHUNGSZUSTAND DES APHAKEN HUNDES</b>	<b>53</b>
<b>2.12</b>	<b>BRECHUNGSZUSTAND ANDERER TIERARTEN</b>	<b>53</b>
2.12.1	Brechungszustand des Pferdes	53
2.12.2	Brechungszustand des Wiederkäuers	53
2.12.3	Brechungszustand kleiner Säugetiere	54
<b>2.13</b>	<b>ASTIGMATISMUS BEI NORMOPHAKEN HUNDEN</b>	<b>54</b>
2.13.1	Häufigkeit und Höhe des Astigmatismus bei normophaken Hunden	54
2.13.2:	Auftreten von Astigmatismus nach der Regel und gegen die Regel bei normophaken Hunden	56
2.13.3:	Einteilung des Astigmatismus nach dem Brechungszustand der Hauptmeridiane bei normophaken Hunden	56
<b>2.14</b>	<b>ASTIGMATISMUS BEI HUNDEN NACH EINEM INTRAOKULAREN EINGRIFF</b>	<b>56</b>
<b>2.15</b>	<b>ASTIGMATISMUS BEI NORMOPHAKEN KATZEN</b>	<b>57</b>
2.15.1	Häufigkeit und Höhe des Astigmatismus bei normophaken Katzen	57
2.15.2	Einteilung des Astigmatismus nach dem Brechungszustand der Hauptmeridiane bei normophaken Katzen	58
<b>2.16</b>	<b>ASTIGMATISMUS BEI KATZEN NACH EINEM INTRAOKULAREN EINGRIFF</b>	<b>58</b>
<b>2.17</b>	<b>ANISOMETROPIE</b>	<b>59</b>
2.17.1	Anisometropie bei normophaken Hunden	59
2.17.2	Anisometropie bei normophaken Katzen	59
<b>2.18</b>	<b>SEHSCHÄRFE</b>	<b>59</b>
2.18.1	Retinale Faktoren bei der Sehschärfe	59
2.18.1.1	Photorezeptoren der Netzhaut	60
2.18.1.2	Ganglienzellen der Netzhaut	60
2.18.2	Messungen der Sehschärfe bei Hunden und Katzen	61
<b>3.</b>	<b>EIGENE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>63</b>
<b>3.1.</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>63</b>
3.1.1	Normophake Hunde	63

3.1.1.1	Rasse- und Geschlechtsverteilung	63
3.1.1.2:	Altersverteilung	64
3.1.1.3	Nutzform	65
3.1.1.4	Kopfform	65
3.1.1.5	Nukleussklerose	66
3.1.2	Normophake Katzen	66
3.1.2.1	Rasse- und Geschlechtsverteilung	66
3.1.2.2	Altersverteilung	66
3.1.2.3	Nukleussklerose	67
3.1.3	Pseudophake Hunde	67
3.1.3.1	Rasse- und Geschlechtsverteilung	67
3.1.3.2	Altersverteilung	68
3.1.3.3	Körpergröße	68
3.1.3.4	Zeitabstand zwischen Implantation der Kunstlinse und Bestimmung des Brechungszustandes des Auges.	68
<b>3.2</b>	<b>METHODE</b>	<b>69</b>
3.2.1	Signalement	69
3.2.2	Anamnese	69
3.2.3	Ophthalmologische Untersuchung	69
3.2.4	Mydriasis und Zykloplegie	69
3.2.5	Untersuchung mit einer fokalen Lichtquelle	69
3.2.6	Biomikroskopie	69
3.2.7	Direkte Ophthalmoskopie	70
3.2.8	Indirekte Ophthalmoskopie	70
3.2.9	Skioskopie	70
3.2.10	Statistische Methoden	70
3.2.10.1	Graphische Darstellung	70
3.2.10.2	Statistische Auswertung	71
3.2.10.3	Hilfsmittel	72
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>73</b>
<b>4.1</b>	<b>NORMOPHAKE HUNDE</b>	<b>73</b>
4.1.1	Ergebnisse der Brechkraftbestimmung	73
4.1.1.1	Refraktionszustand der Gesamtgruppe der normophaken Hunde	73
4.1.1.2	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken männlichen und weiblichen Tieren	73
4.1.1.3	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Hunden unterschiedlicher Altersklassen	74
4.1.1.4	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Haus- und Gebrauchshunden	76
4.1.1.5	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Haus- und Gebrauchshunden der unterschiedlichen Altersklassen.	77
4.1.1.6	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Haus-, Polizei-, Jagd- und Schlittenhunden	78

4.1.1.7	Vergleich des Refraktionszustandes von Haus-, Polizei-, Jagd- und Schlittenhunden der unterschiedlichen Altersklassen	79
4.1.1.8	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken dolicho-, meso- und brachyzephalen Hunden	81
4.1.1.9	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken dolicho-, meso- und brachyzephalen Hunden unterschiedlicher Altersklassen	82
4.1.1.10	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken männlichen und weiblichen Hunden unterschiedlicher Altersklassen	84
4.1.1.11	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Hunden mit und ohne Nukleussklerose	85
4.1.1.12	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken männlichen und weiblichen Hunden mit und ohne Nukleussklerose	86
4.1.1.13	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Haus- und Gebrauchshunden mit und ohne Nukleussklerose	88
4.1.1.14	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Haus-, Polizei-, Jagd- und Schlittenhunden mit und ohne Nukleussklerose	89
4.1.1.15	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken dolicho-, meso- und brachyzephalen Hunden mit und ohne Nukleussklerose	90
4.1.2	Astigmatismus bei normophaken Hunden	92
4.1.2.1	Häufigkeit und Höhe des Astigmatismus in der Gesamtgruppe der normophaken Hunde	92
4.1.2.2	Klassifizierung des Astigmatismus bei normophaken Augen	93
4.1.2.3	Einteilung des Astigmatismus nach der Lage der Hauptmeridiane zueinander bei normophaken Augen	93
4.1.2.4	Einteilung des Astigmatismus nach der Höhe des vertikalen und horizontalen Meridians bei normophaken Augen	94
4.1.2.5	Astigmatismus in Korrelation zum Geschlecht bei normophaken Hunden	94
4.1.2.6	Astigmatismus in Korrelation zum Alter bei normophaken Hunden	95
4.1.2.7	Astigmatismus in Korrelation zur Nutzform bei normophaken Hunden	95
4.1.2.8	Häufigkeit von Astigmatismus bei normophaken Haus-, Polizei-, Jagd- und Schlittenhunden	96
4.1.2.9	Astigmatismus in Korrelation zur Kopfform bei normophaken Hunden	96
4.1.2.10	Astigmatismus in Korrelation zur Nukleussklerose bei normophaken Hunden	96
4.1.3	Anisometropie bei normophaken Hunden	97
4.1.3.1	Häufigkeit von Anisometropie in der Gesamtgruppe der Hunde	97
4.1.3.2	Anisometropie in Korrelation zum Geschlecht bei normophaken Hunden	97
4.1.3.3	Anisometropie in Korrelation zum Alter bei normophaken Hunden	98
4.1.3.4	Anisometropie in Korrelation zur Nutzform bei normophaken Hunden	98
4.1.3.5	Häufigkeit von Anisometropie bei normophaken Haus-, Polizei-, Jagd- und Schlittenhunden	98
4.1.3.6	Anisometropie in Korrelation zur Kopfform bei normophaken Hunden	99
4.1.3.7	Anisometropie in Korrelation zur Nukleussklerose bei normophaken Hunden	99
<b>4.2</b>	<b>NORMOPHAKE KATZEN</b>	<b>99</b>
4.2.1	Ergebnisse der Brechkraftbestimmung	99

4.2.1.1	Refraktionszustand der Gesamtgruppe der normophaken Katzen	99
4.2.1.2	Vergleich des Refraktionszustandes von männlichen und weiblichen normophaken Katzen	100
4.2.1.3	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Katzen der unterschiedlichen Altersklassen	101
4.2.1.4	Vergleich des Refraktionszustandes von männlichen und weiblichen normophaken Katzen der unterschiedlichen Altersklassen	102
4.2.1.5	Vergleich des Refraktionszustandes von normophaken Katzen mit und ohne Nukleussklerose	104
4.2.1.6	Vergleich des Refraktionszustandes von männlichen und weiblichen normophaken Katzen mit und ohne Nukleussklerose	105
4.2.2	Astigmatismus bei normophaken Katzen	106
4.2.2.1	Häufigkeit von Astigmatismus in der Gesamtgruppe der normophaken Katzen	106
4.2.2.2	Klassifizierung des Astigmatismus bei normophaken Augen	107
4.2.2.3	Einteilung des Astigmatismus nach der Lage der Hauptmeridiane zueinander bei normophaken Augen	107
4.2.2.4	Einteilung des Astigmatismus nach der Höhe des vertikalen und horizontalen Meridians bei normophaken Augen	107
4.2.2.5	Astigmatismus in Korrelation zum Geschlecht bei normophaken Katzen	108
4.2.2.6	Astigmatismus in Korrelation zum Alter bei normophaken Katzen	108
4.2.2.7	Astigmatismus in Korrelation zur Nukleussklerose bei normophaken Katzen	108
4.2.3	Anisometropie bei normophaken Katzen	109
4.2.3.1	Häufigkeit von Anisometropie in der Gesamtgruppe der normophaken Katzen	109
4.2.3.2	Anisometropie in Korrelation zum Geschlecht bei normophaken Katzen	109
4.2.3.3	Anisometropie in Korrelation zum Alter bei normophaken Katzen	110
4.2.3.4	Anisometropie in Korrelation zur Nukleussklerose bei normophaken Katzen	110
<b>4.3</b>	<b>PSEUDOPHAKE HUNDE</b>	<b>110</b>
4.3.1	Ergebnisse der Brechkraftbestimmung	110
4.3.1.1	Refraktionszustand der Gesamtzahl pseudophaker Augen und minimale und maximale Brechkraftwerte eines Auges.	111
4.3.1.2	Vergleich des Refraktionszustandes von pseudophaken männlichen und weiblichen Hunden	111
4.3.1.3	Vergleich des Refraktionszustandes von pseudophaken Hunden der unterschiedlichen Altersklassen	111
4.3.1.4	Vergleich des Refraktionszustandes von pseudophaken Hunden unterschiedlicher Körpergröße	112
4.3.1.5	Vergleich des Refraktionszustandes von pseudophaken Hunden in Abhängigkeit zum Zeitpunkt der zurückliegenden Linsenimplantation	112
4.3.2	Astigmatismus bei pseudophaken Hunden	113
4.3.2.1	Häufigkeit von Astigmatismus bei der Gesamtzahl pseudophaker Augen	113
4.3.2.2	Klassifizierung des Astigmatismus bei pseudophaken Augen	113
4.3.2.3	Einteilung des Astigmatismus nach der Lage der Hauptmeridiane zueinander bei pseudophaken Augen	114

4.3.2.4	Einteilung des Astigmatismus nach der Höhe des vertikalen und horizontalen Meridians bei pseudophaken Augen	114
4.3.2.5	Häufigkeit von Astigmatismus bei pseudophaken Hunden in Abhängigkeit zum Zeitpunkt der zurückliegenden Linsenimplantation	114
<b>5.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>116</b>
<b>5.1.</b>	<b>REFRAKTION NORMOPHAKER HUNDE</b>	<b>116</b>
5.1.1	Refraktionszustand der Gesamtpopulation der normophaken Hunde	116
5.1.2	Refraktionszustand von normophaken Hunden mit und ohne Nukleus-sklerose	117
5.1.3	Refraktionszustand von normophaken Hunden der unterschiedlichen Altersklassen.	117
5.1.4	Refraktionszustand von normophaken männlichen und weiblichen Hunden	118
5.1.5	Refraktionszustand von normophaken Haus- und Gebrauchshunden	119
5.1.6	Refraktionszustand von normophaken dolicho-, meso- und brachy-zephalen Hunden	121
5.1.7	Astigmatismus bei normophaken Hunden	123
5.1.8	Anisometropie bei normophaken Hunden	124
<b>5.2</b>	<b>REFRAKTION NORMOPHAKER KATZEN</b>	<b>124</b>
5.2.1	Refraktionszustand der Gesamtpopulation der normophaken Katzen	124
5.2.2	Refraktionszustand von normophaken Katzen mit und ohne Nukleus-sklerose	126
5.2.3	Refraktionszustand von normophaken Katzen der unterschiedlichen Altersklassen	126
5.2.4	Refraktionszustand von männlichen und weiblichen normophaken Katzen	126
5.2.5	Astigmatismus bei normophaken Katzen	126
5.2.6	Anisometropie bei normophaken Katzen	127
<b>5.3</b>	<b>REFRAKTION PSEUDOPHAKER HUNDE</b>	<b>127</b>
5.3.1	Astigmatismus bei pseudophaken Hunden	128
<b>5.4</b>	<b>SCHLUßFOLGERUNGEN</b>	<b>129</b>
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>132</b>
<b>7.</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>133</b>
<b>8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>134</b>
<b>A.</b>	<b>TABELLENANHANG</b>	<b>151</b>

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
al.	aliae
cm	Zentimeter
cm <sup>3</sup>	Kubikzentimeter
D	Brechkraft
d.h.	das heißt
dpt	Dioptrie
J	Jahr
kg	Kilogramm
li	links
m	Meter
mm	Millimeter
mm <sup>2</sup>	Quadratmillimeter
Mo	Monat
n.	nach
n	Anzahl Tiere oder Augen mit entsprechenden Veränderungen
N	Gesamtzahl der Tiere oder Augen in der Gruppe
re	rechts
Standardabw.	Standardabweichung
T	Tage
Tab.	Tabelle
Wo	Woche

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. L. Brunberg danke ich für die Überlassung des Themas und für die mir entgegengebrachte Unterstützung in fachlichen Fragen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. I. Allgoewer für die wissenschaftliche Anleitung und Betreuung bei der Anfertigung der Arbeit und für die schnelle und gründliche Korrektur des Manuskriptes.

Ich danke Frau Dr. C. Jandek für die kompetente und sachkundige Unterstützung in Fragen der Skiaskopie und für die Durchsicht des Manuskriptes.

Weiterhin danke ich Frau Dr. S. Dahms für die fachliche Beratung in statistischen Fragen.

Ich danke meiner Mutter für ihre Unterstützung.

## **Lebenslauf**

**Name:** Beatrice Pfefferkorn  
**geboren:** am 04.06.1970 in Flensburg  
**Eltern:** Karl-Heinz Pfefferkorn  
Ursula Pfefferkorn geb. Schacht

### **Schullaufbahn:**

1976-1980 Grundschole FlughafenstraÙe in Hamburg  
1980-1989 Gymnasium Hummelsbüttel in Hamburg  
1989 Abitur

### **weitere Ausbildung:**

WS 89/90-WS 95/96 Studium der Veterinärmedizin an der Freien Universität Berlin  
seit September 1996 Doktorandin in der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere an der Freien Universität Berlin bei Prof. Dr. L. Brunnberg.

Hiermit bestätige ich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Zuhilfenahme der angegebenen Literatur erstellt habe.

Berlin, den 04.06.2000