

Aus der Klinik für Kleintiere  
-Chirurgie-  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Betreuer: Prof. Dr. E. Schimke

**Auswirkungen des Muskelrelaxans Atracurium  
auf die Operationsbedingungen  
bei intraokularen Operationen am Hund**

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades  
bei der Veterinär-Medizinischen Fakultät  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von  
CAROLA NOACK  
Tierärztin aus Hamburg

Gießen 2006

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

Dekan: Prof. Dr. M. Reinacher

---

1. Berichterstatter: Prof. Dr. E. Schimke

2. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Gerstberger

Tag der letzten mündlichen Prüfung: 23.01.2006

**Meinen Großeltern gewidmet**



## Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die Katarakt</b>	<b>3</b>
2.1	Physiologie der Linse.....	3
2.2	Entstehung der Katarakt .....	5
2.3	Zur Herkunft der Begriffe „Star“ und „Katarakt“ .....	8
2.4	Zur Behandlung der Katarakt beim Menschen .....	9
2.4.1	Zur Geschichte der chirurgischen Kataraktbehandlung beim Menschen .....	9
2.4.2	Moderne Operationsverfahren der Katarakt beim Menschen .....	12
2.4.3	Zur Entwicklung der Kunstlinsenimplantation beim Menschen.....	13
2.5	Zur Behandlung der Katarakt beim Hund .....	15
2.5.1	Zur Geschichte der chirurgischen Behandlung der Katarakt des Hundes .....	15
2.5.2	Chirurgische Kataraktbehandlung beim Hund .....	16
2.5.3	Kunstlinsenimplantation beim Hund .....	19
<b>3</b>	<b>Narkoseverfahren bei ophthalmologischen Eingriffen</b>	<b>23</b>
3.1	Zur Geschichte der Narkose in der Augenheilkunde .....	23
3.2	Grundlagen der Narkose in der Augenheilkunde.....	24
3.3	Bedeutung der Prämedikation bei Augenoperationen .....	31
3.4	Unterschiedliche Narkoseverfahren bei Augenoperationen .....	32
3.5	Patientenüberwachung bei Augenoperationen.....	35
3.6	Verschiedene Injektionsnarkotika in der Literatur.....	37
3.7	Verschiedene Inhalationsnarkotika in der Literatur.....	41
3.8	Muskelrelaxanzien .....	44
3.8.1	Anwendung von Muskelrelaxanzien bei Augenoperationen .....	44
3.8.2	Neuromuskuläre Blockade durch Muskelrelaxanzien .....	47
3.8.3	Klinische Pharmakologie nichtdepolarisierender Muskelrelaxanzien .....	52
3.8.4	Geschichtlicher Hintergrund des Muskelrelaxans Atracuriumbesilat.....	53
3.8.5	Eigenschaften von Atracuriumbesilat .....	56

---

<b>4</b>	<b>Messungen</b>	<b>59</b>
4.1	Entstehung und Regulation des Augeninnendrucks .....	59
4.1.1	Den Augeninnendruck beeinflussende Parameter .....	62
4.2	Messung des Augeninnendrucks (Tonometrie) .....	65
4.2.1	Zur Geschichte der Tonometrie .....	65
4.2.2	Indirekte Messversuche zur Augeninnendruckbestimmung .....	67
4.2.3	Impressions- und Applanationstonometrie .....	68
4.2.4	Entwicklung der Tonometer .....	71
4.3	Grundlagen der nichtinvasiven Blutdruckmessung (NIBD).....	74
4.3.1	Blutdruck des Hundes.....	77
<b>5</b>	<b>Eigene Untersuchungen - Material und Methode</b>	<b>79</b>
5.1	Themenstellung .....	79
5.2	Untersuchte Hunde.....	80
5.3	Verwendete Geräte.....	83
5.3.1	Narkosegerät .....	83
5.3.2	Beatmungsgerät .....	84
5.3.3	Narkoseüberwachungsgerät.....	85
5.3.3.1	Funktionsweise des Cardiacap™ .....	85
5.3.3.2	Elektrokardiogramm (EKG).....	88
5.3.3.3	Plethysmographischer Puls (Fingerpuls) .....	89
5.3.3.4	Noninvasive Blutdruckmessung.....	90
5.3.3.5	Messung von CO <sub>2</sub> und N <sub>2</sub> O .....	96
5.3.3.6	Messung von O <sub>2</sub> .....	98
5.3.4	Tonopen™ II.....	99
5.4	Durchführung der Untersuchungen .....	102
5.4.1	Patientendaten.....	102
5.4.2	Operationsablauf .....	104
5.4.3	Aufgezeichnete Messparameter .....	112
5.5	Datenerfassung und statistische Auswertung.....	114

---

<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>123</b>
6.1	Augeninnendruck.....	124
6.1.1	Augeninnendruck der Tiere aus den Gruppen I und II.....	124
6.1.2	Augeninnendruck der Tiere aus den Gruppen III und IV .....	129
6.2	Herzfrequenz .....	136
6.2.1	Herzfrequenz der Tiere aus den Gruppen I und II .....	137
6.2.2	Herzfrequenz der Tiere aus den Gruppen III und IV.....	142
6.3	Blutdruck.....	149
6.3.1	Systolischer Blutdruck .....	150
6.3.1.1	Systolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen I und II .....	150
6.3.1.2	Systolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen III und IV.....	155
6.3.2	Diastolischer Blutdruck .....	162
6.3.2.1	Diastolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen I und II .....	162
6.3.2.2	Diastolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen III und IV.....	167
6.4	Subjektive Befunde (Parameter) der Gruppen I und II .....	174
6.5	Zeitliche Parameter der Operationen.....	183
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>185</b>
7.1	Diskussion der Methode .....	185
7.2	Diskussion der Ergebnisse .....	191
7.2.1	Augeninnendruck.....	191
7.2.2	Herzfrequenz .....	198
7.2.3	Blutdruck.....	204
7.2.3.1	Systolischer Blutdruck .....	204
7.2.3.2	Diastolischer Blutdruck .....	209
7.2.4	Subjektive Befunde.....	214
7.2.5	Zeitliche Parameter der Operationen.....	220

<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>221</b>
<b>9</b>	<b>Summary</b>	<b>225</b>
<b>10</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>227</b>
<b>11</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>229</b>
<b>12</b>	<b>Diagrammverzeichnis</b>	<b>233</b>
<b>13</b>	<b>Verwendete Medikamente</b>	<b>235</b>
<b>14</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>237</b>

---

## I Abkürzungsverzeichnis

%	=	Prozent
µm	=	Mikrometer
ca.	=	circa
cm	=	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	=	Kohlendioxid
d.h.	=	das heißt
dB	=	Dezibel
EKG	=	Elektrokardiogramm
entspr.	=	entsprechend
ERG	=	Elektroretinographie
et al.	=	et alia (und andere)
etc.	=	et cetera
Fa.	=	Firma
g	=	Gramm
Gr.	=	Gruppe
hs	=	hoch signifikant
Hz	=	Hertz
I.S.V.O	=	International Society of Veterinary Ophthalmology
i.v.	=	intravenös
IOL	=	intraokulare Kunstlinse
IOP	=	intra ocular pressure
Kap.	=	Kapitel

kg	=	Kilogramm
kHz	=	Kilohertz
KM	=	Körpermasse
LAN	=	Local Area Network
LCD	=	Liquid Cristal Display
m	=	männlich
MΩ	=	Megaohm
mΩ	=	Milliohm
max.	=	maximal
min	=	Minute
min.	=	minimal
ml	=	Milliliter
mm	=	Millimeter
mm <sup>3</sup>	=	Kubikmillimeter
mmHG	=	Millimeter Quecksilbersäule
MPP	=	Membrana pupillaris persistens
mV	=	Millivolt
N <sub>2</sub> O	=	Distickstoffmonoxid
NIBD	=	nichtinvasiver Blutdruck
Nr.	=	Nummer
ns	=	nicht signifikant
o.ä.	=	oder ähnlich
O <sub>2</sub>	=	Sauerstoff
o.g.	=	oben genannt

---

OP	=	Operation / Operationssaal
OP-Tuch	=	Operationstuch
PHPV	=	Persistierendes Hyperplastisches Primäres Vitreum
PHTVL	=	Persistierende Hypertrophische Tunica Vaskulosa Lentis
ph-Wert	=	Messgröße für Säurestärke
PMMA	=	Polymethylmetacrylat
PRA	=	Progressive Retina Atrophie
s	=	signifikant
s.o.	=	siehe oben
sog.	=	sogenannt
ss	=	schwach signifikant
u.	=	und
u.a.	=	unter anderem
USA	=	United States of America
v.Chr.	=	vor Christi Geburt
VA	=	Varianzanalyse
vgl.	=	vergleiche
Vol.	=	Volumen
vs.	=	versus
w	=	weiblich
z.B.	=	zum Beispiel
zeitl.	=	zeitlich
zit.	=	Zitiert



## 1 Einleitung

Die Ophthalmologie war lange Zeit ein Stiefkind der Veterinärmedizin. In den vergangenen 30 Jahren hat sie jedoch insbesondere auch in der Kleintierpraxis immer mehr an Bedeutung gewonnen. Verfeinerte Untersuchungsmethoden und speziell auf die Bedürfnisse beim Kleintier abgestimmte Behandlungsverfahren ermöglichen eine umfassende Versorgung der Patienten in der Klinik wie in der ambulanten Praxis.

Daher werden Operationen am Auge bei Hund und Katze immer häufiger in die Behandlung einbezogen. Inzwischen werden solche Eingriffe in Spezialkliniken routinemäßig bei bestimmten Indikationen eingesetzt – etwa bei der Kataraktbehandlung.

Die besonderen anatomischen und physiologischen Gegebenheiten stellen den Chirurgen vor allem bei Operationen am inneren Auge immer noch vor Probleme. Dies gilt besonders für den Augeninnendruck und die Bulbusrotation während der Narkose.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit steht insbesondere die Frage, wie sich die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium auf die Operationsbedingungen bei intraokularen Operationen am Hundeauge auswirkt, vor allem ob es durch den Einsatz von Atracurium möglich ist, dem Operateur die Arbeit zu erleichtern, ohne andere Einschränkungen in Kauf nehmen zu müssen.

Als Muskelrelaxans wurde Atracurium gewählt, weil Erfahrungen auf anderen Gebieten der Veterinärmedizin mit diesem Wirkstoff vorlagen und somit die generelle Verträglichkeit bekannt war. Besonderes Augenmerk wurde auf die Frage gerichtet, ob dieses Muskelrelaxans die Operationsbedingungen bei Kataraktoperationen mit anschließender Implantation einer Kunstlinse für den Operateur verbessern kann, ohne dass Nachteile bei anderen Parametern in Kauf genommen werden müssen.

In die Untersuchung einbezogen wurden die objektiv messbaren Parameter Augeninnendruck, Herzfrequenz sowie systolischer und diastolischer Blutdruck als auch die subjektiven Wahrnehmungen des Operateurs. Durch Einteilung dieser nicht messbaren Befunde in ein Schema waren bessere Vergleiche möglich.

Entsprechend der vorgenannten Aufgabenstellung war es nötig, zunächst eine Literaturrecherche durchzuführen, um hier den aktuellen Stand des Wissens zu ermitteln. Diese erstreckte sich über die Themengebiete: „Katarakt“, „Narkoseverfahren bei ophthalmologischen Eingriffen“ und „Methoden zum Messen der vorgenannten objektiven Parameter“. Anzumerken ist, dass es zu diesen Themen bisher nur wenige Fundstellen in der veterinärmedizinischen Literatur gibt und es daher immer wieder nötig war, die humanmedizinische Literatur heranzuziehen.

---

## 2 Die Katarakt

### 2.1 Physiologie der Linse

Die Augenlinse ist das erste in der Ontogenese ausgebildete Organ des Säugetierorganismus (Quinn 1986). Bereits am 25. Entwicklungstag hat sich beim Hund das ektodermale Linsenbläschen abgeschnürt. Während der weiteren Entwicklung wird die isolierte Linse von der Tunica lentis ernährt. Dieses gefäßreiche Gewebe stellt den primären Glaskörper dar. Es wird etwa in der zweiten Woche nach der Geburt wieder resorbiert. Eine schwerwiegende, auch in der Veterinärophthalmologie bekannte Rückbildungsstörung führt im Kontaktbereich von Glaskörper und Linse zum sogenannten hinteren Polstar (Draeger et al. 1982). Die reife Linse des Hundes hat einen Durchmesser von 9 bis 12 mm und ist etwa 7 mm tief (Clerc und Krähenmann 1990). Sie besteht zu 35% aus Proteinen und zu 65% aus Wasser und enthält nur geringe Mengen an Mineralstoffen (Slatter 1990).

Im Vergleich mit dem Menschen gelten für den Hund folgende Besonderheiten:

1. Die Zonulafasern sind trotz des gering entwickelten Ziliarmuskels sehr kräftig ausgebildet.
2. Die Verbindungen zwischen dem sekundären Glaskörper und der Linsenrückfläche sind besonders intensiv entwickelt.
3. Etwa im sechsten Lebensjahr des Hundes beginnt sich das Zentrum der Linse zu verdichten und verursacht eine physiologische Sklerose – die Linse wird härter und unnachgiebiger (Stades 1987). Während der gesamten Lebenszeit werden Linsenfasern neugebildet und die alten Linsenfasern zentral zusammengedrückt. Gleichzeitig wird ihnen Wasser entzogen, wodurch es zu einer bläulichen Verfärbung der Linse kommt. Dies wird fälschlicherweise als „Altersstar“ bezeichnet. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine echte Eintrübung der Linse im Sinne einer Katarakt (Faulborn und Berg 1981, Gelatt 1981, Slatter 1990).

Die bei der Extraktion der gesamten Linse notwendig werdende scharfe Trennung dieser Strukturen wird von vielen Operateuren zugunsten einer optisch weniger befriedigenden sogenannten extrakapsulären Linsenextraktion vermieden (Magrane 1969, Draeger et al. 1982, Dziezyc 1990).

## 2.2 Entstehung der Katarakt

Jede pathologische Trübung der Linse wird als Grauer Star (die Katarakt, *Cataracta lentis*) bezeichnet (Kómár 1968, zit. nach Neumann 1991). Verursacht wird eine Trübung der Linse mit zunehmendem Alter oder bei Stoffwechselstörungen durch Veränderungen der lamellären Anordnung der Linsenfasern oder Strukturveränderungen der Linsenkapsel und den dadurch ausgelösten Transparenzverlust. Damit ist eine verschieden starke Beeinträchtigung der Sehkraft des betroffenen Auges verbunden, die bis zum vollständigen Verlust des Sehvermögens führen kann (Gelatt 1981, Neumann 1991).

Magrane (1969) nimmt an, dass bei Hunden das Versagen der Nebenschilddrüse an der Ausbildung des Grauen Stars beteiligt ist. Andererseits kann die Fehlernährung der Mutter (z.B. Kartoffelflocken und eiweißarme Kost) Grauen Star bei Welpen auslösen. Ebenso kann der Mangel an bestimmten Aminosäuren, etwa Arginin und Lysin (Bedford 1994) und Vitaminen, speziell des B-Komplexes im Futter, für die Entstehung des Grauen Stars beim Hund verantwortlich sein (Gelatt 1981, Faulborn und Berg 1981, Bohn 1982, Dziezyc 1990).

Bei Hunden tritt die Katarakt häufiger auf als bei Katzen (Barnett 1992). Bei Hunden können Katarakte auch kongenital angelegt sein, d.h. die Katarakt entwickelt sich entweder im Mutterleib oder bildet sich in den ersten fünf Tagen nach der Geburt aus. Mitunter kann die Katarakt ein echter Erbdefekt sein. Bei angeborenem oder früh erworbenem Grauen Star wurden vereinzelt Fälle beobachtet, bei denen sich die Linse später wieder klärte. Meist tritt die Katarakt zwischen dem ersten und dritten (aber auch bis zum achten) Lebensjahr auf. In diesen Fällen wird von der juvenilen Katarakt gesprochen.

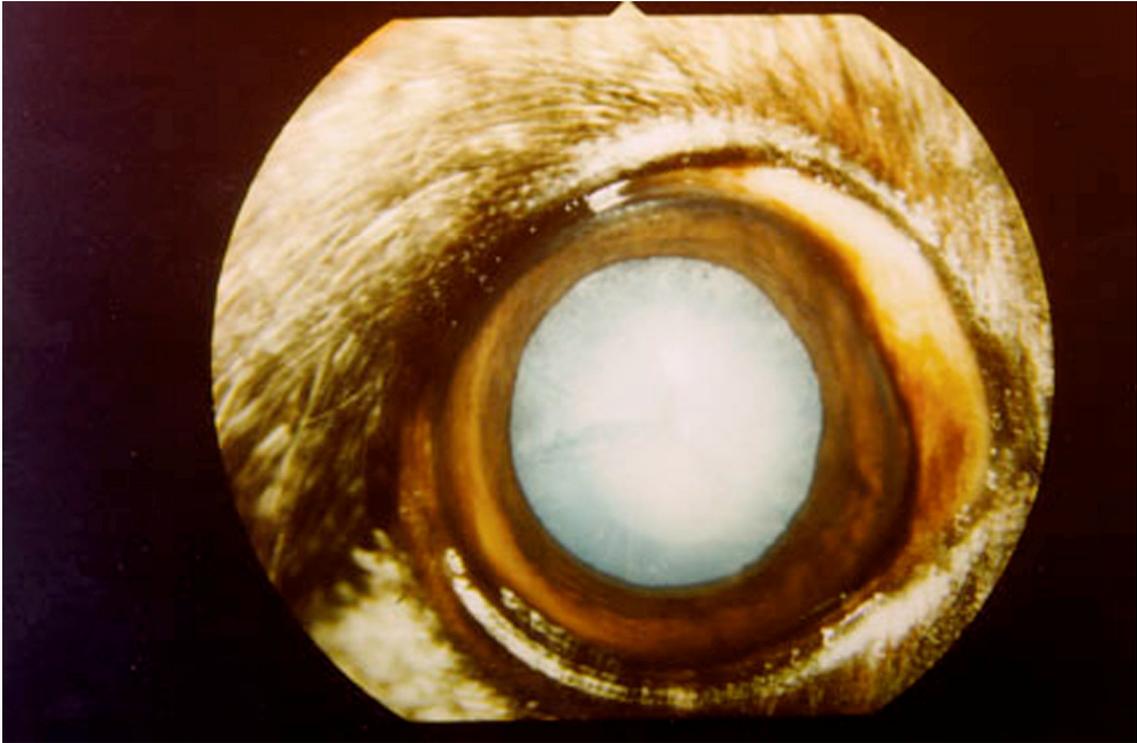
Auch die juvenile Katarakt steht im Verdacht, vererbbar zu sein, u.a. beim Afghanen und Amerikanischen Cockerspaniel. Sie tritt häufig bilateral auf und entwickelt sich im hinteren Kortex. Der Erbgang ist meist autosomal rezessiv. Katarakte werden auch bei Pudeln, Labrador-Retrievern und Settern gefunden, aber hier sind sie meist sekundär bedingt durch Progressive Retinaatrophie (PRA) (Gelatt 1981, Stades 1987, Slatter 1990, Clerc und Krähenmann 1990).

Senile Katarakte sind häufig lokale Trübungen ohne Sehverlust (Faulborn und Berg 1981, Stades 1987). Die kongenitale Katarakt ist meist sehr dicht (wie Sklera) und langsam progressiv. Oft wird sie in Kombination mit anderen kongenitalen Anomalien, wie Mikrophthalmus, Persistierende Hypertrophische Tunica Vaskulosa Lentis (PHTVL) / Persistierendes Hyperplastisches Primäres Vitreum (PHPV) (Dobermann, Staffordshire Bull Terrier) oder Membrana Pupillaris Persistens (MPP) angetroffen. Es wird angenommen, dass die angeborene Katarakt erblich ist, u.a. beim Bouvier, Deutschen Schäferhund, Golden Retriever und Bobtail (Gelatt 1981, Stades 1987, Slatter 1990, Clerc und Krähenmann 1990).

Die Katarakt kann bilateral oder unilateral auftreten. Im bilateralen Fall kann sie, muss aber nicht, symmetrische Form annehmen. Für die Prognose ist die Tendenz der Progressivität entscheidend. Die Katarakt kann aber auch nicht progressiv sein (Barnett 1971, Dziezyc 1990).

Viele Ursachen kommen für die Eintrübung der Linse in Frage, etwa Krankheiten wie Diabetes, Hypokalzämie oder Vergiftungen. Oft ist die Katarakt auch Folge einer retinalen Erkrankung, einer Linsenluxation, eines Traumas oder eines Glaukoms (Faulborn und Berg 1981, Gelatt 1981, Slatter 1990, Clerc und Krähenmann 1990). Es handelt sich hierbei um die sogenannten Sekundärkatarakte, die auch aufgrund einer Uveitis oder durch Röntgenstrahlen entstehen können (Dziezyc 1990, Bedford 1994).

Die Klassifikation der Kataraktformen ist nach vielfältigen morphologischen, ätiologischen und funktionellen Kriterien möglich und sinnvoll (Gelatt 1981). Eine Möglichkeit der Klassifikation ist der Reifegrad einer Katarakt: es wird unterteilt in inzipiens (beginnend), immatur (unreif), matur (reif) und hypermatur (überreif).



**Abbildung 1:** Reife (mature) Katarakt (Foto Dr. B. Lohmann)

### **2.3 Zur Herkunft der Begriffe „Star“ und „Katarakt“**

Die antike Bezeichnung für Eintrübung und Austrocknung des Bereichs hinter der Pupille war glaukoma (d. h. bläuliche Haut im Auge). Heute ist dieser Begriff für den „Grünen Star“ reserviert, für Erkrankungen infolge eines erhöhten Augeninnendrucks, bei denen sich im Auge allerdings nichts grünlich verfärbt.

Die medizinische Bezeichnung „Katarakt“ für den Grauen Star wurde erstmals im 11. Jahrhundert gebraucht und fußt auf antiken Theorien. Somit erklärt sich auch die Namensgebung, dieser Anblick der getrübbten Linse erinnert an herabfließendes Wasser. Es wurde vermutet, dass sich ein verdorbener Schleim in das Auge ergieße, dort erstarre und so das Sehvermögen beeinträchtige. Im Sinne von herabfließendem Wasser oder Stromschnellen ist dieser Begriff heute noch gebräuchlich im Zusammenhang mit den sog. Katarakten des Nils (Gelatt 1981, Wenzel 1992).

Der im deutschen Sprachraum verbreitete Name „Grauer Star“ stammt aus dem 19. Jahrhundert. Er leitet sich aus dem älteren Begriff „Staar“ ab, vom „starren Blick“ bei Blindheit. Es wird zwischen „Grauem“ und „Schwarzem“ Star (Glaucom) unterschieden – bei ersterem wirkt die Pupille auffällig grauweiß hinterlegt, bei letzterem weiterhin normal schwarz, so dass es für diese Art des Erblindens zunächst keine Erklärung zu geben schien (dunkel erscheint auch die gesunde Pupille, weil das Licht ungehindert durch die Linse tritt und vom Augenhintergrund geschluckt wird), (Gelatt 1981, Wenzel 1992).

---

## **2.4 Zur Behandlung der Katarakt beim Menschen**

Weder in der Human- noch in der Veterinärophthalmologie ist es den Untersuchenden bisher überzeugend gelungen, eine erfolgreiche konservative Therapie zu entwickeln (Neumann 1991). In einigen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Aspirin® einen schützenden Effekt gegen die Entstehung einer Katarakt in vitro und bei diabetischen Ratten hat. Aber in vivo konnte es nicht überzeugen (Harding und Blakytny 1994).

### **2.4.1 Zur Geschichte der chirurgischen Kataraktbehandlung beim Menschen**

Erste Hinweise auf den Starstich finden sich in den Gesetzbüchern des Hamurabi (1800 v. Chr.). Dort sind Strafen für erfolglose Staroperationen festgelegt. Die erste Beschreibung der Reklination, der gezielten Luxation der Linse in den Glaskörperraum, lieferte der indische Chirurg Susruta um 1000 v. Chr.. Diese Technik wurde von den Alexandrinischen Medizinschulen (300-200 v. Chr.) überliefert und auch von Celsus und Galen erwähnt (Draeger und Guthoff 1981). Doch auch das Ausaugen des Stars mit Hilfe einer Hohnadel muss schon in der Antike bekannt gewesen sein. Ein aus der Saone bei Montbellet geborgenes römisches Besteck von Starnadeln enthält auch zwei Hohnadeln. Islamische Ärzte des Mittelalters praktizierten das Ausaugen ebenfalls, wie eine Augenheilkunde aus Mosul (Irak) um die Jahrtausendwende belegt. Dies geriet aber auch im islamischen Kulturkreis wieder in Vergessenheit.

Bis Mitte des 18. Jahrhunderts wurde der Graue Star operiert, indem man eine Lanzette in das Auge einstach und die trübe Linse in den Glaskörperraum schob (Sommer und Schmitt 1985). Dabei wurde die Linse nieder- und zurückgedrückt (Depressio oder Reclinatio lentis) und so aus ihrer Verankerung gerissen, dass sie den Durchblick wieder freigab. Daher rührt auch die Bezeichnung „Starstechen“. Nach diesem Eingriff war zumindest ein grobes Sehen wieder möglich. Die im Auge verbliebene Linse unterlag jedoch häufig einer Autolyse und verursachte schwere Komplikationen. Dies haben als Kataraktpatienten auch Händel und Bach erfahren müssen, die beide an den Folgen einer beider-

seitigen Staroperation erblindeten. Die Methode wird heute noch weltweit von Medizinern und sogenannten „Barfußärzten“ ausgeübt (Sommer und Schmitt 1985, Wenzel 1992).

Die Schulmedizin distanzierte sich lange von dieser Operation und beließ sie in den Händen reisender Chirurgen und Bader. Doch auch als sich später seriöse Chirurgen mit diesem Thema befassten, wussten sie nicht genau, was sie im Auge bewirkten. Sie glaubten, die Linse schonen zu müssen, da ihre Verletzung nach der seit der Antike gültigen Lehrmeinung den Patienten erblinden lassen würde. Es wurde daher angenommen, beim Starstechen werden vor der Linse eine Membran zerrissen oder sonstige Trübungen entfernt. Anatomische Untersuchungen an Leichen, die diesen Irrtum hätten widerlegen können, waren verpönt und verboten.

Erst ganz allmählich setzte sich im 18. Jahrhundert die Erkenntnis durch, dass das meist klare Gebilde kein magischer Kristall ist, sondern lediglich eine optische Linse (Sommer und Schmitt 1985). 1705 stellte Brisseau fest, dass es sich bei der Trübung nicht um eine zwischen Pupille und Linse geronnene Flüssigkeit, sondern um die Trübung der Linse selbst handelt. Er regte die Entwicklung kausaler Behandlungsmethoden an – etwa die Entfernung der Trübung aus dem Auge (Draeger und Guthoff 1981, Wenzel 1992). Dem französischen Arzt Petit gelang 1708 als erstem die Entfernung einer getrübten Linse aus dem Auge. Vervollkommen wurde seine Methode 1748 durch Jaques Daviel, der als Begründer der modernen extrakapsulären Kataraktchirurgie gilt. Daviel schnitt die Hornhaut entlang ihrer unteren Zirkumferenz auf, eröffnete die vordere Linsenkapsel und ließ den Linsenkern durch sanften Druck auf den Augapfel herausgleiten. Dann wurde der Kapselsack gespült und von den Rindenresten befreit. Die Wunde wurde ohne Naht der Spontanheilung überlassen (Draeger und Guthoff 1983, Sommer und Schmitt 1985). Daviels Methode fand rasch Verbreitung, und 1777 ließ sich der Anatom der Universität in Wien auf Betreiben der österreichischen Kaiserin Maria Theresia in diese Kunst einweisen. Bereits 1813 entstand in Wien der älteste Lehrstuhl für Augenheilkunde unter Georg Joseph Beer (Wenzel 1992).

---

Die mit der extrakapsulären Extraktion oft einhergehende sogenannte Nachstarbildung führte in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts zur intrakapsulären Extraktion. Dabei wird mit besonderen Instrumenten, u.a. mit einem „Kältestab“, die gesamte Linse einschließlich der Kapsel, aus dem Auge entfernt (Sommer und Schmitt 1985). Diese Technik wurde bereits 1722 von Charles St. Yves und 1753 von Samuel Sharp ausgeführt. Beide Chirurgen lösten die Linse vom Zonularapparat allein durch Expression, so dass in der Mehrzahl der Fälle mit einem Glaskörperverlust zu rechnen war. Um den risikoreichen Druck auf den Bulbus zu vermeiden, wurde die Pinzettenextraktion von Terson (1870), Kalk (1894) und Elschnig (1922) eingeführt. Bei dieser Methode kam es jedoch oft zu Kapselrupturen. Daher verwendeten Stöwer (1902) und Barraquer (1917) Sauginstrumente, mit denen ein breitflächiger Kontakt zur Vorderkapsel hergestellt werden konnte. In Kombination mit der fermentativen Zonulolyse von Barraquer (1958) und der Kryoextraktion von Krawicz (1961) entstand eine risikoarme Operationstechnik, die um 1970 als nicht mehr verbesserungsfähig angesehen wurde (Draeger und Guthoff 1981).

Erst die Einführung mikrochirurgischer Techniken brachte wesentliche Fortschritte und war entscheidend daran beteiligt, dass dem extrakapsulären Vorgehen wieder mehr Beachtung geschenkt wurde. Mehr als 50 Jahre lang war diese Methode fast ausschließlich der Behandlung angeborener jugendlicher oder traumatischer Katarakte vorbehalten (Binkhorst 1972). Im Jahre 1967 führte Kelman die Phakoemulsifikation ein, bei der der Linsenkern mit einer hochfrequent schwingenden Kanüle zertrümmert und abgesaugt wird (Draeger und Guthoff 1981). Nach der vermehrten Verwendung von Kunstlinsenimplantationen, bei der zur Einführung der Linse eine Öffnung von mindestens 7 mm notwendig ist, wurde diese Methode für einige Jahre verlassen (Jacobi 1987).

### **2.4.2 Moderne Operationsverfahren der Katarakt beim Menschen**

Die Kataraktoperation hat sich von einem wenig erfolgreichen, oft schmerz- und gefährvollen Eingriff zu einer fast garantiert erfolgreichen Operation gewandelt (Foulds 1980).

Heute sind drei Verfahren üblich:

1. Die intrakapsuläre Extraktion, bei der die Linse nach dem Zerreißen der Zonula und der Kapselmembran in toto aus dem Auge entfernt wird (Sommer und Schmidt 1985, Clerc 1990). Sie wird jedoch nur noch in Ausnahmefällen angewendet, etwa bei linsenbedingtem Glaukom, oder einer auf Allergie gegen das eigene Linseneiweiß beruhenden Entzündung (Endophthalmitis phacoanaphylactica) auf dem zuerst operierten Auge, wenn die Operation am zweiten Auge ansteht (Jacobi 1987).
2. Die extrakapsuläre Extraktion, bei der nach Eröffnung der vorderen Linsenkapsel der Kern samt Rinde entfernt wird, während die hintere Linsenkapsel im Auge belassen wird (Sommer und Schmidt 1985, Clerc 1990).
3. Als Variante der extrakapsulären Extraktion: die Phakoemulsifikation, entwickelt Ende der sechziger Jahre von dem Amerikaner Kelman, bei der durch einen kleinen Schnitt (3-4 mm) eine hochfrequent (ca. 40 kHz) schwingende Kanüle in das Auge eingeführt, der Linsenkern zertrümmert und abgesaugt wird (Sommer und Schmidt 1985, Jacobi 1987, Clerc 1990, Krohne und Lindley 1993). Dadurch läßt sich der Kollaps der Vorderkammer vermeiden, und die Operation erfolgt in einem nahezu geschlossenen Raum, was das Auftreten der postoperativen Uveitis reduziert (Krohne und Lindley 1993). Ein Vorteil der Phakotechnik ist, dass der erfahrene Chirurg selbst Augen mit hinteren Synechien und zum Teil auch geringgradig subluxierte kataraktöse Linsen operieren und anschließend die Intraokularlinse implantieren kann (Gilger et al. 1994).

### 2.4.3 Zur Entwicklung der Kunstlinsenimplantation beim Menschen

Im ersten Anlauf, beim Bemühen eine künstliche Linse zu implantieren, unternahm der Dresdener Hofaugenarzt Casaamata 1795 „den Versuch, eine gläserne Linse durch die Wunde der Hornhaut ins Auge zu bringen. Er merkte aber, dass diese gläserne Linse nicht als künstliche Linse dienen könne, da bei dem Versuch das Glas sogleich auf den Boden des Auges fiel“ (zit. nach Schiferli), (Draeger und Guthoff 1981).

Erfahrungen mit Kriegsverletzungen im Zusammenhang mit der Flugzeugtechnik haben schließlich dazu beigetragen, dieses Problem zu lösen. Englische Konstrukteure bauten in den 40er Jahren des 20. Jahrhunderts Cockpitabdeckungen aus leichtem Acrylglas. Bei Luftkämpfen während des Zweiten Weltkrieges drangen gelegentlich Splitter von solchen Abdeckungen in die Augen der Piloten ein. Englischen Augenärzten fiel auf, dass diese Bruchstückchen oft reizlos einheilten. An diese Beobachtung knüpfte der Engländer Harold Ridley an, ein genialer Augenarzt und außerordentlich geschickter Operateur. Bei einer seiner Katarakt-Operationen fragte ihn der Student Steve Parry, warum die Linse nicht durch eine künstliche ersetzt werde (Sommer und Schmitt 1985). Ridley besprach die Idee mit John Pike, einem befreundeten Physiker der Firma Rayners, die unter anderem optische Geräte herstellte. Beide entwickelten gemeinsam eine Linse aus Acrylglas, die in das Auge, und zwar in den Kapselsack, eingesetzt werden konnte (Draeger und Guthoff 1981, Wenzel 1992). Insgesamt wurden etwa 1000 Linsen von Ridley und einigen seiner Kollegen implantiert. Wegen häufiger Dislokationen, Sekundärglaukomen und Uveitis wurde ab 1964 jedoch für einige Jahre auf die Implantation dieser Linsen verzichtet (Choice 1979, zit. nach Draeger und Guthoff 1981).

1954 begannen Strampelli und Barraquer mit der Implantation von kammerwinkelgetragenen Kunststofflinsen mit fester Haptik, mussten jedoch mittelfristig aus den gleichen Gründen wie Ridley ihre Arbeit beenden. Es ist vor allem der Verdienst von Binkhorst in Holland (1959), Epstein in Südafrika (1959) und Choice in England (1964), die Entwicklung durch andere Techniken weiter vorangetrieben zu haben. 1978 berichtete Shearing aus den USA über eine modi-

fizierte Barraquer-Linse, die er bei extrakapsulärer Kataraktextraktion in den Sulcus ciliaris implantierte. Damit trat die Kunstlinsenimplantation ihren Siegeszug vor allem in den Vereinigten Staaten an. Die Frage, inwieweit der Kapselsack allein geeignet ist, das Implantat aufzunehmen, ist weiter Gegenstand der Diskussion (Draeger und Guthoff 1981). Schon 5 Jahre nach der Weiterentwicklung durch Steven Shearing, war das Einpflanzen der Linsen in westlichen Ländern zur Standardoperation geworden – Ridley selbst konnte dadurch im Alter sein Sehvermögen wiedergewinnen (Draeger und Guthoff 1981).

---

## **2.5 Zur Behandlung der Katarakt beim Hund**

Die für die Eintrübung der Linse verantwortlichen Vorgänge beim Hund sind nur teilweise erforscht, so dass eine erfolgsversprechende medikamentöse Therapie der Katarakt bis heute nicht zur Verfügung steht. Wenn die Trübung der Linse allerdings noch klein ist und sich in der Mitte der Sehachse befindet, kann die morgendliche Verabreichung von einem Tropfen 0,5- bis einprozentigem Atropin sinnvoll sein. Damit kann das Tier um die Katarakt herum sehen. Ist die Linse flächiger getrübt, kann nur eine Linsenextraktion das Sehvermögen verbessern (Sommer und Schmitt 1985, Slatter 1990, Stades 1991). Die Kataraktextraktion beim Hund ist allerdings schwieriger als beim Menschen (Magrane 1969).

### **2.5.1 Zur Geschichte der chirurgischen Behandlung der Katarakt des Hundes**

Die erste Überlieferung einer Kataraktoperation am Hundeauge stammt von Moller aus dem Jahre 1886 (nach Peiffer). Bei den Kataraktoperationen gab es bis in die Mitte der Dreißiger Jahre des letzten Jahrhunderts kaum Änderungen. Im Zeitraum von Mitte der Dreißiger Jahre bis Mitte der Sechziger Jahre lagen die Erfolgsraten von Bartholomew, Überreiter, Magrane und Startup bei intrakapsulären Kataraktextraktionen bei 25% bis 50%. (Peiffer 1993, Gilger et al. 1994). Die schlechten Erfolgsquoten lagen wahrscheinlich an den Bedingungen, unter denen die Operateure arbeiten mussten – unzureichende Narkose, unerschwingliche Spezialinstrumente, zu wenige Patienten und daher mangelnde Erfahrung der Chirurgen (Startup 1967, Oosterhuis und Jeltjes 1975).

Magrane war der Begründer der zeitgenössischen Ära der Kataraktoperation am Hundeauge. Er zog die extrakapsuläre Methode der intrakapsulären vor, während die Humanophthalmologen noch stritten, welche Methoden die bessere sei (Startup 1967, Peiffer 1993). Ein entscheidender Schritt in der Weiterentwicklung der veterinärmedizinischen Kataraktchirurgie war die Anwendung der Phakotechnik (Krohne und Lindley 1993, Gilger et al. 1994).

Die modernste Methode der Kataraktchirurgie ist gegenwärtig die Implantation von intraokularen Kunstlinsen (IOL). Simpson implantierte 1956 die ersten Intraokularlinsen bei Hunden (Peiffer 1993). Zuvor wurden bereits Linsen experimentell getestet, z.B. an Kaninchen, Katzen und Primaten (Peiffer und Gaiddon 1991). Pfeiffer und Gaiddon verzeichneten die ersten klinischen Erfolge, wobei die Erfolgsraten nach manueller extrakapsulärer Kataraktextraktion und nach Phakoemulsifikation ähnlich waren (Peiffer 1993, Gilger et al. 1994).

### **2.5.2 Chirurgische Kataraktbehandlung beim Hund**

Obwohl Weiterentwicklungen der Humanophthalmologen nur begrenzt auf den Hund übertragen werden können (Magrane 1969, Peiffer 1980), hat sich in Anlehnung an die Fortschritte der Kataraktchirurgie beim Menschen in den vergangenen Jahren auch in der Veterinärphthalmologie ein Wandel der operativen Behandlung des Grauen Stars vollzogen (Neumann 1986, Walde 1982).

Dem Veterinärophthalmologen stehen grundsätzlich die gleichen Methoden offen, die beim Menschen angewendet werden. Eine Ausnahme bildet die intrakapsuläre Extraktion. Sie ist beim Hund schlecht anwendbar, weil die Zonula bei jungen wie auch bei ausgewachsenen Fleischfressern nicht genügend auf Trypsin anspricht. Daher wird beim Hund vor allem die extrakapsuläre Extraktion ausgeführt. Beim sehr alten Hund ist die intrakapsuläre Extraktion manchmal möglich. Die Phakoemulsifikation und Aspiration ist bei ausgewachsenen oder alten Hunden nicht in jedem Fall geeignet, da bei diesen der Linsenkern sehr hart und deshalb schwierig zu zerkleinern sein kann (Magrane 1969, Clerc 1990, Slatter 1990, Dziezyc 1990, Gilger et al. 1994).

Der erfolgreiche Ausgang einer Kataraktoperation hängt auch von der Ursache der Erkrankung ab. Bei kongenitalen und juvenilen Katarakten liegen die Erfolgsquoten höher als bei senilen oder diabetischen Katarakten, was auch mit dem allgemeinen Gesundheitszustand (Primärerkrankungen) zusammenhängen kann. Auch die Größe der Hunde spielt eine Rolle: Kleine Hunde sind schwieriger zu operieren als große. Das Risiko, dass postoperative Komplikationen auftreten, ist entsprechend größer. Ohne Einfluss auf das Komplikations-

risiko ist hingegen, ob das rechte oder das linke Auge operiert wird (Magrane 1969, Rooks et al. 1985).

1993 wurden 2100 Kataraktoperationen an Hunden durch registrierte Mitglieder der International Society of Veterinary Ophthalmology (I.S.V.O.) vorgenommen. 52% der Chirurgen wandten dabei die extrakapsuläre Methode an. Allerdings implantierten nur 38% der Operateure künstliche Linsen. Es handelte sich dabei um zirkuläre PMMA-Linsen mit flexibler Haptik oder zirkuläre Silikon-Linsen.

**Abbildung 2** zeigt beispielhaft die chirurgische Behandlung einer Katarakt.

Als häufigste Komplikationen bei Kataraktoperationen werden Nachstar, Uveitis, hintere Synechien und Glaukome angegeben (Bigelbach 1994). Smith et al. (1996) beschreiben als Komplikation bei rund 50% der operierten Hunde das Auftreten eines stark erhöhten Augeninnendrucks, der zu Schäden des Sehnervs und der Netzhaut führen kann. Als Ursachen geben die Untersucher unter anderem an: das Trauma durch den Eingriff, vermehrtes Einwandern von Entzündungszellen in die vordere Augenkammer, Freisetzung von Prostaglandinen und Schwellungen der Zellen im Trabekelwerk. Auch die Gabe von Atropin kann das Entstehen eines erhöhten Augeninnendrucks postoperativ begünstigen. Zur Behandlung wurden augendrucksenkende Mittel während der ersten sechs bis zwölf Stunden nach der Operation verabreicht (Smith et al. 1996). Miller et al. (1994) gehen davon aus, dass der erhöhte Augeninnendruck nach der Narkose durch einen partiellen Kollaps der Ziliarkluft ausgelöst wird.



**Abbildung 2:** Chirurgische Behandlung der Katarakt (Foto Dr. B. Lohmann)

Für die Indikation und die Prognose der chirurgischen Behandlung ist eine möglichst genaue Klassifizierung der Katarakt, Anamnese und kritische Auswertung der individuellen Patientendaten (Rasse, Alter, Geschlecht, sonstige Erkrankungen, Temperament) ausschlaggebend. Dazu gehört auch die spezielle ophthalmologische Untersuchung mit klinischen Sehproben, Überprüfung des Pupillarreflexes, Ophthalmoskopie, Spaltlampenmikroskopie, Tonometrie, Gonioskopie, Elektroretinographie (ERG) und Ultraschall. Außerdem dürfen hinsichtlich des Temperaments des Patienten (und des Besitzers) keine Kontraindikationen für eine Operation bestehen (Dziezyc 1990, Clerc und Krähenmann 1990, Neumann 1991, Gilger et al. 1994).

### 2.5.3 Kunstlinsenimplantation beim Hund

Das Ziel einer Kataraktoperation ist die völlige oder wenigstens teilweise Wiederherstellung der Sehkraft des Patienten durch Entfernung der getrübten Linsenanteile aus dem betroffenen Auge. Nach neueren Untersuchungen scheinen Hunde überwiegend myop, nur ein geringerer Prozentsatz scheint hyperop bzw. emmetrop zu sein. Wird jedoch der Bereich von  $-0,5$  bis  $+0,5$  Dioptrien als emmetrop definiert, so sind Emmetropie und Myopie mit jeweils rund 45% ungefähr gleich verteilt, und nur rund 10% der Hunde ist hyperop (Petzold 2000).

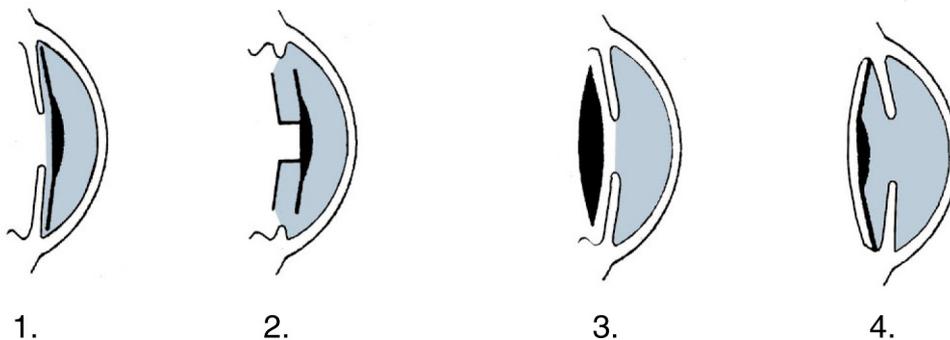
Wird die Linse aus dem Auge eines Hundes entfernt, so ist postoperativ mit einer Hyperopie von etwa 18 bis 24 Dioptrien zu rechnen (Draeger et al. 1983, Neumann 1990). Da beim Tier die Korrektur durch eine Brille nicht in Frage kommt, erscheint die Methode der Kunstlinsenimplantation sinnvoll, um postoperativ die Emmetropie wieder herzustellen. Die erforderliche Linsenstärke hängt von der Lage der Linse im optischen System ab, d.h. von der postoperativen Vorderkammertiefe. Draeger et al. haben den Bulbus des Hundes echographisch vermessen, wie in der Humanmedizin üblich. Sie fanden Werte für die emmetropisierende Kunstlinse von etwa 32 Dioptrien bei einer postoperativen Vorderkammertiefe von rund 4,5 mm (Draeger et al. 1983, Slatter 1990).

Gegen das Implantieren von Kunstlinsen bei Hunden können folgende Argumente angeführt werden: schwierige Operationstechnik, Mangel an speziell gestalteten Linsen, Mangel an Erfahrung und die Kosten für den Hundehalter (Slatter 1990, Neumann 1991). Zudem reagiert das tierische Auge auf chirurgische Eingriffe heftiger mit Entzündungen als das Menschaugenauge. Durch Vorbehandlung mit Kortikosteroiden, Antiprostaglandinen, Mydriatika und durch möglichst atraumatische Operationstechnik können die Komplikationen jedoch verringert werden (Peiffer 1984, Bigelbach 1990).

Bei der Aufgabenstellung, eine Kunstlinse in ein Hundeaugenauge zu implantieren, stellte sich die Frage nach der Positionierung bzw. Fixierung dieser Linse im Auge.

Im Menschenauge gibt es vier Möglichkeiten für die Positionierung von Kunstlinsen (vgl. **Abbildung 3**)

1. Kammerwinkelgestützte Kunstlinsen
2. Irisgetragene (fixierte) Kunstlinsen
3. Sulkusfixierte Kunstlinsen
4. Kapselsackfixierte Kunstlinsen



**Abbildung 3:** Möglichkeiten der Kunstlinsenimplantation (nach Sommer und Schmitt 1985)

Die unter 1. und 2. genannten Möglichkeiten werden auch als Vorderkammerlinsen, die unter 3. und 4. als Hinterkammerlinsen bezeichnet. Aus anatomischen Gründen können die Möglichkeiten 1. und 3. beim Hund nicht sicher angewandt werden. Daher wurde zunächst die Methode der Irisfixation (Möglichkeit 2) eingesetzt, weil sie chirurgisch einfacher auszuführen ist. Erste Versuche mit einer „Binkhorst-4-Schlingen-Linse“ wurden beim Hund Anfang der 80er Jahre unternommen (Draeger et al. 1983). Da die Ergebnisse nicht befriedigend waren, fand diese Methode keine Verbreitung.

Daher wurde dann versucht, auch beim Tier Hinterkammerlinsen (Möglichkeit 4) zu implantieren (Neumann 1990, von Plettenberg et al. 1991). Dabei wird nach extrakapsulärer Linsenextraktion die Kunstlinse in den Kapselsack eingesetzt. Diese Technik ist mittlerweile in der Veterinärophthalmologie so weit entwickelt, dass spezielle Kunstlinsen mit verschiedenen Durchmessern, Dioptrienzahlen und Formen zur Verfügung stehen, die den anatomischen und physiologischen Besonderheiten des Hundeauges angepasst sind und die Erfordernisse der besonderen Implantationstechnik beim Hund berücksichtigen (Neumann 1991, Gilger et al. 1994).



### **3 Narkoseverfahren bei ophthalmologischen Eingriffen**

Das Hauptinteresse der vorliegenden Dissertation ist die Untersuchung der Auswirkungen von Atracuriumgaben auf die Operationsbedingungen bei intraokularen Operationen am Hundeauge. Im vorliegenden Kapitel werden die Besonderheiten, die allgemein bei der Narkose in Verbindung mit ophthalmologischen Eingriffen zu beachten sind, beschrieben. Außerdem wird ein Überblick über die heute zur Anwendung kommenden Narkoseverfahren bei ophthalmologischen Operationen gegeben.

#### **3.1 Zur Geschichte der Narkose in der Augenheilkunde**

Dass die Narkose operative Eingriffe am Auge erleichtert, ist nicht erst bekannt seit der Wiener Arzt Koller 1884 die lokale Anwendung von Kokain demonstrierte. Bereits 1874 hatten Brett und Plomley über erfolgreiche Äthernarkosen bei ophthalmochirurgischen Eingriffen berichtet (Abdulla et al. 1981, Heuser und Decker 1988). Die Lokalanästhesie war jedoch dominierend, begünstigt durch die anatomische Anordnung der Nerven, die den Bulbus oculi und den Musculus orbicularis oculi versorgen, aber auch durch Tradition und Vorurteile der Ophthalmologen gegenüber der Allgemeinnarkose. Noch 1980 wurde die „Ophthalmoanästhesie“ im British Journal of Anaesthesia als „Aschenputtel der Anästhesiologie“ bezeichnet (Abdulla et al. 1981, Hommer et al. 1981, Jantzen 1988, Schäffer 1989).

### **3.2 Grundlagen der Narkose in der Augenheilkunde**

Die anästhesiologischen Probleme bei augenärztlichen Eingriffen liegen in der Pathophysiologie. Zu den Aufgaben des Anästhesisten gehört unter anderem die Kontrolle des Augeninnendrucks und der Mobilität des Bulbus. Dies wird durch eine entsprechende Allgemeinnarkose gewährleistet. Zu flache Narkoseführung, fehlende oder ungenügende Relaxierung, was zu Husten, Pressen und Blutdruckanstieg führen kann, müssen ebenso vermieden werden wie zu frühzeitige Narkoseausleitung (Adams 1973, Mac Diarmid und Holloway 1976, Foulds 1980, Brunson 1980, Jantzen et al. 1987, Larsen 1987, Heuser und Decker 1988, Collins et al. 1995).

Diese präanarkotische Untersuchung in der Augenheilkunde unterscheidet sich nicht von anderen und beinhaltet die klinische Untersuchung und – falls erforderlich – ergänzende Untersuchungen wie Röntgenaufnahmen des Thorax und das komplette Blutbild.

Die Einleitung der Narkose sollte besonders bei intraokularen Eingriffen so schnell und ruhig wie möglich erfolgen, vor allem um das Auge nicht zu beschädigen (Brunson 1980). Die intravenöse Verabreichung von Narkotika hat den Vorteil der meist exzitationslosen Einschlafphase. Die endotracheale Intubation kann den Augeninnendruck erhöhen, möglicherweise über einen Anstieg des venösen Druckes, dieser Effekt ist aber nur vorübergehend. Durch ausreichend tiefe Narkosen und Besprühen von Larynx und Trachea mit Lidocain oder intravenöse Injektion von Lidocain rund 90 Sekunden vor der Intubation kann der Druckanstieg verhindert oder abgeschwächt werden (Adams 1973, Stoelting 1978, Larsen 1987). Die Intubation sollte möglichst sanft erfolgen, um die laryngeale Stimulation gering zu halten (Brunson 1980).

Duncalf forderte 1963, dass bei der Eröffnung eines Auges der Augeninnendruck so niedrig wie möglich sein sollte (Cunningham und Barry 1986, Larsen 1987). Krumeich und Schottky (1979) gehen dagegen davon aus, dass diese Voraussetzung für intraokulare Eingriffe falsch ist, weil sie weder die unterschiedlichen Verhältnisse am offenen und geschlossenen Bulbus berücksichtigt,

---

noch die verschiedenen Faktoren differenziert, die auf den Augeninnendruck einwirken. Zu den am stärksten wirkenden Faktoren gehören:

1. Die Veränderung von Produktion und Abfluss des Kammerwassers.
2. Das Blutvolumen der Chorioidea und die Veränderungen der Gefäßfüllung.
3. Das Glaskörpervolumen und die Veränderungen des Quellungs Zustands des Glaskörpers.
4. Die Veränderungen der von außen auf den Bulbus wirkenden Kräfte und des extraokularen Muskeltonus (Krumeich und Schottky 1979, Cunningham und Barry 1986).

Kleinere physiologische Schwankungen sind bedingt durch Atmung, Blutdruck, Pupillengröße, Körperlage, Kohlendioxidpartialdruck und kolloidosmotischen Druck (Larsen 1987).

Chronisch erhöhte Werte des Augeninnendrucks können über eine Mangelversorgung der Kornea zu Hornhauttrübung und zu Netzhautschäden führen (Larsen 1987). Auch ein zu weicher Augapfel kann Komplikationen auslösen: Er erschwert die Linsenextraktion und das Nähen des Gewebes (Holloway 1980, Cameron 1982). Plötzlicher Druckabfall des sehr festen Augapfels kann außerdem zur Ruptur der kleinen ziliaren Blutgefäße führen und starke Blutungen auslösen, die gefürchtetste Komplikation bei Operationen am Auge (Duncalf 1974, Holloway 1980, Larsen 1987, Sekine et al. 1996). Außerdem bergen zu niedrige Werte die Gefahr der Netzhautablösung (Larsen 1987).

Der venöse Füllungszustand der Aderhaut ist wichtig, da Steigerungen des Venendrucks den Glaskörper anheben. So kann bei hohem intraokularem Ausgangsdruck ein plötzliches Einschießen von Blut in die Aderhaut im Augenblick der Bulbuseröffnung den Glaskörper anheben und die Bestandteile des Auges herausdrücken, vor allem bei hohem Blutdruck (Duncalf 1974, Gieler et al. 1977, Krumeich und Schottky 1979, van Aken et al. 1980, Abdulla et al. 1981, Collins et al. 1995). Der Verlust des Glaskörpers durch zu hohen intraokularen

Druck stellt eine der wichtigsten Komplikationen der intraokularen Chirurgie dar. Der Glaskörper besteht aus instabilem Gel mit feinem fibrillärem Stützgerüst, das hauptsächlich Wasser beinhaltet. Degenerierte Glaskörper werden wässriger und gehen deshalb leichter verloren (Holloway 1980). Der Verlust des Glaskörpers bei Kataraktoperationen führt oft zu Sehverlust (Kettesy 1967, Foulds 1980). Der Glaskörpervorfall ist entweder die Folge der übersehenen Subluxation der Linse oder der Ruptur der Glaskörpermembran während des Eingriffs. Der Glaskörper bildet sich nicht nach, und es wurde lange Zeit versucht, ihn zu reponieren, was sehr riskant ist. Er darf jedoch nicht in der Vorder- und/oder Hinterkammer zurückbleiben, da er sonst Iridozyklitis und Glaukom hervorruft. Es ist daher zweckmäßiger, den vorgefallenen Glaskörper zu entfernen.

Zur Verhinderung eines übermäßigen Glaskörpervorfalles soll:

1. präoperativ keine größere retrobulbäre Injektion erfolgen,
2. auf den Augapfel weder Druck noch Zug ausgeübt werden (Clerc 1990),
3. eine ausreichende Narkosetiefe angestrebt werden (keine Reflexbewegungen).

Durch Anwendung von Muskelrelaxanzien, viskoelastischen Substanzen höherer Dichte, laterale Kanthotomie und durch Vermeidung jeglicher Zug- oder Druckkräfte auf den Bulbus (Zügelnaht) können die Druckverhältnisse im Glaskörper kompensiert oder vermindert werden. So kann das besonders bei brachiozephalen Hunden auftretende „expanding vitreus syndrome“ verhindert werden. Die hintere Kapsel wird dabei durch den Glaskörper nach vorn gedrückt und der Kapselsack kollabiert (Nasisse 1991, Gilger et al. 1994).

Das Iris-Linsen-Diaphragma muss nach Eröffnung des Bulbus horizontal oder sogar leicht konkav sein, vor allem wenn an eine Linsenextraktion die Implantation einer künstlichen Linse angeschlossen werden soll. Für den Erfolg der Operation ist demnach entscheidend, in welche Richtung sich das Iris-Linsen-Diaphragma bewegt. Motor für diese Verschiebungen ist der Füllungszustand der Chorioidea, der wiederum eng mit dem arteriellen Systemdruck korreliert (Mac Diarmid und Holloway 1976, Heuser und Decker 1988).

---

Der Quellungszustand des Glaskörpers kann durch Osmotherapie vermindert werden. Intraoperativ spielt dies wegen der zeitlichen Trägheit von Quellungs- und Entquellungsvorgängen eine untergeordnete Rolle (Krumeich und Schottky 1979). Um erniedrigten Augeninnendruck zu erreichen wurden präoperativ oft Diuretika wie Mannitol oder Harnstoff eingesetzt. Durch Erhöhung des Osmosegradienten des Blutplasmas entziehen diese Stoffe dem Augapfel Wasser, ebenso aber auch anderen Körpergeweben (Busse et al. 1982). Bei organgesunden Patienten führt dies intraoperativ nicht zu Komplikationen, aber die Anwendung sollte vorsichtig geschehen, wenn es sich um Patienten mit Herz-Kreislauf-Dekompensationen handelt. Solche Patienten können empfindlich auf Schwankungen des Blutvolumens reagieren (Collins et al. 1995). Viele der unerwünschten Nebenwirkungen konnten durch den Einsatz von Karboanhydrasehemmern wie Azetazolamid (Diamox<sup>®</sup>) verringert werden. Diese wirken direkt am Ziliarkörper und dämpfen die Kammerwasserproduktion. Zusätzlich vermindern diese aber die Retention von Bikarbonationen, was zur metabolischen Azidose führen kann (Kettesy 1967, Krumeich und Schottky 1979, Brunson 1980, Khouri 1982, Larsen 1987, Heuser und Decker 1988, Collins et al. 1995).

Neben den inneren Faktoren müssen auch bestimmte Außenkräfte berücksichtigt werden. Von den Kräften, die den Bulbus von außen verformen, ist der Tonus der quergestreiften und glatten Orbitalmuskeln der wichtigste. Er wird durch Muskelrelaxanzien positiv (Succinylcholin) oder negativ (Curare) verändert. Zudem gibt es den Einfluss der sympathischen Innervation auf glattemuskuläre Elemente in der Orbita (Krumeich und Schottky 1979).

Bei Operationen am Auge ist das blutlose Operationsgebiet ein anerkannt wichtiger Parameter. Die Chorioidea und der Ziliarkörper sind aber extrem gut durchblutet. Hyperventilation der Lunge (erhöhte Sauerstoffaufnahme) und Alkalose bewirken die Gefäßkonstriktion in der Chorioidea und verringern so Blutungen. Starke Hyperventilation ist aber nicht notwendig, denn sie kann den verhängnisvollen Anstieg des zentralen Venendruckes verursachen. Der CO<sub>2</sub>-Partialdruck sollte 30 mmHg oder etwas weniger betragen.

Niemals sollte dagegen ein hypoxischer Zustand eintreten. Durch den Abfall des Sauerstoff- und den Anstieg des Kohlendioxidpartialdruckes mit gleichzeitig eintretender Azidose kommt es zur Dilatation der Gefäße und zur erhöhten Perfusion des Auges. Dies kann auch den Anstieg des Augeninnendrucks bedeuten. Daher darf es vor oder während einer Augenoperation nicht zur Atemdepression kommen. Sie wird durch reflexvermeidende Intubation der Tiere und die optimale Versorgung mit Sauerstoff, falls nötig durch assistierte oder kontrollierte Beatmung, verhindert (Erhardt et al. 1989).

Sinkt der arterielle Mitteldruck unter 90 mmHg, kann dies nicht durch chorioideale Perfusionszunahme kompensiert werden; die Durchblutung nimmt ab (Dias et al. 1982). Sinkt der systolische Blutdruck auf 50 bis 60 mmHg, so fällt der Augeninnendruck auf 0 mmHg. Folglich sehen einige Autoren die kontrollierte Hypotension als besonders effektive Maßnahme zur intraoperativen Senkung der uveal Perfusion und des Augeninnendrucks an (Brunson 1980, Holloway 1980, Abdulla et al. 1981, Cunningham und Barry 1986, Jantzen 1988, Collins et al. 1995).

Ein Verfahren zur Verminderung des Blutflusses ist eine vorsichtige hypotensive Narkose (Foulds 1980). Die kontrollierte Hypotension wurde bereits 1977 von Naumann et al. vorgeschlagen. Durch die Erniedrigung des arteriellen Systemdrucks auf 50 bis 60 mmHg (Larsen 1983) und die dadurch ausgelöste Senkung des Augeninnendrucks sollte zudem einem Vorfall des Glaskörpers während der Operation vorgebeugt werden (Gieler et al. 1977, Krumeich und Schottky 1979). Dieses Verfahren wird aber noch immer kontrovers diskutiert. Kritiker weisen auf die Gefahr einer Ischämie der Vitalorgane hin mit anschließender Störung von Funktion, Stoffwechsel und Struktur. Die Befürworter halten dagegen, dass durch die Vasodilatation die Organdurchblutung erhalten bleibe. Zudem wird die Durchblutung von Organen wie Herz, Niere und Hirn durch eine Autoregulation gesteuert und daher auch bei niedrigem Systemdruck über lange Zeit konstant gehalten (Hilfiker et al. 1982, Larsen 1983, Schäffer 1989).

---

Nicht übersehen werden darf schließlich, dass verschiedene Stimulationen des Augapfels während des Eingriffs heftige Reaktionen der Atmung oder des Blutdrucks hervorrufen können. Diese Reflexe können durch Druck auf den Augapfel, Zug an den okularen Muskeln oder durch Verletzung der Iris aktiviert werden (Palm 1975). Besonders gefürchtet ist der okulokardiale Reflex. Er wurde erstmals 1908 durch Aschner und Dagnini in zwei unabhängig voneinander erschienenen Berichten beschrieben (Clutton et al. 1988, Erhardt et al. 1989). Die Folge sind Bradykardie, Bradyarrhythmien oder sogar Asystolien (Meyers und Tomeldan 1979, Abdulla et al. 1981, Larsen 1987, Collins et al. 1995). Um den Reflex zu umgehen, kann Lokalanästhetika retrobulbär injiziert werden. Diese Manipulation selbst kann den Reflex jedoch auch auslösen. Deshalb werden die vagalen Reize mit Atropin oder Glycopyrrolat unterbrochen (Clutton et al. 1988). Durch ruhige Narkoseeinleitung, ausreichende Narkosetiefe, Verabreichung von Muskelrelaxanzien und das Herbeiführen einer schwachen Hypokapnie kann der okulokardiale Reflex auch ohne Atropingabe verhindert werden (Brunson 1980, Clutton et al. 1988, Collins et al. 1995).

Ebenso sanft und vorsichtig wie die Einleitung und das Aufrechterhalten der Narkose sollte auch das Erwachen geschehen. Der Kopf wird am besten in einem Winkel von 15 bis 20 Grad aus der horizontalen Ebene heraus auf der gesunden Seite gelagert. Eine Antagonisierung der Narkose wird kontrovers diskutiert. Einige Autoren wenden die Antagonisierung nicht an, weil ein zu schnelles Erwachen mit möglichen Exzitationen und vaskulärer Instabilität befürchtet wird. Husten und Würgen nach einem Eingriff am Auge sind ebenfalls unerwünscht, denn sie können zu schweren Komplikationen führen, etwa dem Reißen der Schnittlinie, intraokularen Blutungen oder Netzhautablösung (Larsen 1987, Schulte-Neumann 1993, Collins et al. 1995, Collinson 2002).

Von einer optimalen ophthalmologischen Narkose sollte nach Krumeich und Schottky (1979) gefordert werden:

1. Konstanter Glaskörperpegel bei eröffnetem Bulbus,
2. vollständige Immobilisierung des Patienten,
3. komplette Muskelrelaxation,
4. sofortige Reanimationsmöglichkeit.

### 3.3 Bedeutung der Prämedikation bei Augenoperationen

Ziele der Prämedikation bei ophthalmologischen Eingriffen:

1. Minderung von Angst und Aufregung, psychische Indifferenz,
2. Verhinderung von Übelkeit und Erbrechen,
3. Stabilisierung der intraokularen Druck- und Volumenverhältnisse,
4. Minderung der Reflexaktivität (Parasympatikus).

Als Sedativa haben sich Ataraktika und Neuroleptika bewährt, wobei im Speziellen Phenothiazinderivate und Butyrophenone wegen ihrer antiemetischen Wirksamkeit Vorteile haben (Sármány 1969, Adams und Jones 1980, Heuser und Decker 1988).

Die Prämedikation mit Atropin ist nicht zwingend erforderlich, außer es soll das Eintreten des okulokardialen Reflexes verhindert werden. Es kann ohne Probleme selbst Patienten verabreicht werden, die an einem Glaukom leiden (Cunningham und Barry 1986, Schulte-Neumann 1991). Die generelle, unkritische anticholinerge Prämedikation mit Atropin ist jedoch problematisch, weil dies zu langanhaltenden Tachykardien und Arrhythmien führen kann, besonders bei älteren Hunden (Clutton et al. 1988). In Folge können Blutdruckerhöhungen entstehen und der Herzmuskel wird belastet (erhöhter Sauerstoffverbrauch) (Erhardt et al. 1989). Bei lokaler Applikation führt Atropin zu einer Steigerung des Augeninnendrucks (Heuser und Decker 1988).

### **3.4 Unterschiedliche Narkoseverfahren bei Augenoperationen**

Selbstverständlich gelten für die Narkose bei ophthalmologischen Eingriffen die Kriterien der Allgemeinnarkose: Bewusstlosigkeit, Immobilisation, Muskelrelaxation und Schmerzausschaltung (Erhardt et al. 1989). Nicht alle intraokularen Eingriffe können aber mit dem selben Narkoseregime ausgeführt werden (Holloway 1980). Der Chirurg kann zwischen Allgemein- oder Leitungsnarkose sowie Lokalanästhesie wählen – bei ähnlichem Mortalitätsrisiko von weniger als einem Promille (Heuser und Decker 1988). Das Narkoseregime hängt vom Alter, dem allgemeinen Gesundheitszustand des Patienten und der Art der Augenerkrankung ab. Außerdem wird es bestimmt von der Erfahrung des Chirurgen, der technischen Ausstattung und dem Personal im Operationssaal. Dies gilt auch für die Veterinärophthalmologie (Collins et al. 1995). Während über das Narkoseregime beim Menschen viel geschrieben wurde, existiert zu dem des Hundes nur wenig Literatur. Crispin (1981) gibt einen generellen Überblick über die Narkosetechniken für die ophthalmologische Chirurgie und erwähnt die Benutzung von Muskelrelaxanzien. Clutton et al. (1988) beschreiben die Verbesserungen der chirurgischen Bedingungen durch Muskelrelaxanzien. Sie erwähnen die Möglichkeit, Hypokapnie durch Hyperventilation zu erzeugen, um so den Augeninnendruck zu reduzieren (Jones 1992).

Da Augenoperationen oft mikrochirurgische Eingriffe sind, erfordern sie eine komplette Ruhigstellung des Sehorgans (Adams und Jones 1980). Das wird am besten erreicht durch eine verhältnismäßig tiefe Allgemeinnarkose unter Anwendung kontrollierter Beatmung und totaler Muskelrelaxation oder durch die Anlage eines retrobulbären Blocks (Burn und Knight 1969, Mac Diarmid und Holloway 1976, Hommer et al. 1981, Larsen 1987, Heuser und Decker 1988, Hessemer 1994).

---

Retrobulbäre Injektionen sind beim Hund kontraindiziert: Der Hund hat eine sehr kleine Orbita, in welcher der Augapfel den meisten Platz beansprucht. Die Injektion führt zum Anstieg des Druckes von der Rückseite auf den Augapfel, und erhöht damit das Risiko eines Glaskörperverlustes (Oosterhuis und Jettes 1975, Lampard 1978, Krumeich und Schottky 1979). Bei Patienten mit Enophthalmus jedoch, vor allem wenn dieser in Narkose verstärkt wird, ist die retrobulbäre Nervenblockade von Vorteil. Dabei sollte das Risiko der retrobulbären Blutung aber nie außer Acht gelassen werden (Spreull, Chawla und Chrispin 1980).

Viele chirurgische Eingriffe am Auge des Menschen, vor allem Kataraktoperationen, werden inzwischen unter Lokalanästhesie vorgenommen (Thornton 1993, Fichman und Hoffman 1994). Sie wird durch Retrobulbärblock oder Infiltrationsanästhesie herbeigeführt. Für die anästhesiologische Betreuung dieser Patienten gelten prinzipiell die gleichen Kriterien wie für die Betreuung von Patienten mit Allgemeinnarkose (Burn und Knight 1969, Larsen 1987, Heuser und Decker 1988, Gills et al. 1995).

Vorteil der Lokalanästhesie ist die einfache Handhabung, die mit geringerem Aufwand an Zeit, Mitteln und Personal auszuführen ist. Auch der Patient ist weniger gefährdet, selbst bei erhöhtem Narkose-Risiko (Abdulla et al. 1981). Verwendet werden Mittel vom Säureamidtyp, wie Mepivacain, Bupivacain und Lidocain, die sich gegenüber älteren Mitteln, wie Cocain, Procain und Tetracain durch rascheren Wirkungseintritt bei geringerer Toxizität auszeichnen. Durch Zugabe von Adrenalin lässt sich die Wirkungsdauer verlängern, durch Zugabe von Hyaluronidase lässt sich die Gewebspenetration verbessern (Krumeich und Schottky 1979).

Der Anästhesist in der Veterinärophthalmologie hat nur in wenigen Fällen die Möglichkeit, zwischen lokaler und Allgemeinanästhesie zu wählen. Vor allem sehr junge Tiere können unter Lokalanästhesie wegen ihres Temperaments problematisch sein. Auch darf die Stressbelastung nicht unterschätzt werden, die die Operation bei Lokalanästhesie für das Tier bedeutet. Sehr wichtig sind daher die Immobilisation und Analgesie des Patienten, denn viele Operations-

techniken können nicht sicher und effektiv am mobilen Tier ausgeführt werden. Daher empfiehlt sich ein Eingriff unter Allgemeinnarkose (Peiffer 1980, Larsen 1987, Schulte-Neumann 1993).

### 3.5 Patientenüberwachung bei Augenoperationen

Da das Operationsgebiet im Gesichtsbereich des Patienten liegt und der Kopf mit sterilen Materialien abgedeckt ist, können Kornealreflex und Pupillenreaktion nicht geprüft werden. Auch der direkte Zugang zu den Atemwegen ist blockiert. Die optische Kontrolle der Verbindung zwischen Respiratorschläuchen und Tubus ist nicht möglich. Daher müssen entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, wie die Fixierung der Beatmungsschläuche, um Zugkräfte zu verhindern, ein erweitertes Monitoring sowie die Überprüfung der Atmung (Larsen 1987, Heuser und Decker 1988). EKG-Monitoring mit Herzfrequenzanzeige gehört ebenso zur Ausrüstung wie die Kapnometrie. Aus der endexpiratorischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Atemfrequenz können wertvolle Informationen über den aktuellen Zustand des Patienten eingeholt werden, unter anderem bezüglich Narkosetiefe, Ausmaß der Atemdepression, Feststellen einer Hyper- oder Hypoventilation sowie Kreislaufzustand. Die Kapnometrie gibt zusätzliche Hinweise zur Funktion von Narkosegerät und Zubehör, zum Beispiel auf einen undichten oder nicht genügend aufgeblasenen Endotrachealtubus, Fehlfunktionen der Richtungsventile oder verbrauchten Absorbentkalk (Smalhout und Kalenda 1975, Alef und Oechtering 1995).

Für die Kontrolle der neuromuskulären Transmission, also die Überwachung des Relaxationsgrades, hat sich die von Ali et al. (1976) entwickelte „Train-of-four“ Methode bewährt.

Wie beim Menschen, behindern auch beim Tier die speziellen Bedingungen bei Augenoperationen die Narkoseüberwachung. Unphysiologische oder extreme Positionierung des Kopfes und Nackens kann zudem Obstruktionen der Luftwege verursachen. Zusätzliche chirurgische Ausrüstungen, wie Operationsmikroskop, kryochirurgische oder thermochirurgische Einheiten, Irrigations-Aspirationsmaschinen und Phakoeinrichtungen wirken als Barrieren zwischen Patient und Anästhesist. Um einige dieser Probleme auszugleichen, sollte eine Videokamera am Operationsmikroskop angeschlossen sein (Larsen 1987, Schulte-Neumann 1993).

Einige Autoren messen dem Einfluss bestimmter Pharmaka, Lagerungstechniken oder Narkosemaßnahmen auf den Augeninnendruck weniger Bedeutung zu, da dieser mit der Eröffnung der Vorderkammer auf Null reduziert wird. In dieser Situation sind die Beziehung der Glaskörpervorderfläche zur Iris („Glaskörperpegel“) und die Bewegung des Iris-Linsen-Diaphragmas entscheidende Kriterien. Alle von außen einwirkenden Kräfte, die sonst den intraokularen Druck erhöhen, führen nun über Verformung oder Volumenzunahme innerhalb des Bulbus zum Anstieg des Glaskörperpegels (Mac Diarmid und Holloway 1976, Heuser und Decker 1988).

Die chirurgische Arbeit am Augapfel des Hundes wird weiter durch die spezielle Form der Augenhöhle und die Lage des Augapfels in Narkose (Drehung in ventromediale Lage, Abdeckung durch das dritte Augenlid) erschwert. Außerdem neigt der Augapfel bei einigen Rassen zur Enophthalmie. Daher mussten besondere Fixierungs- und Freilegungstechniken entwickelt werden (Neumann 1991). Zur Vorbeugung kann ein Muskelrelaxans angewendet werden (Dziezyc 1990, Stades 1991). Es ist auch möglich 1,5 bis 2,5 ml Mepivacain peribulbär zu injizieren, um die Rotation des Augapfels nach ventromedial zu verhindern. Da dies den Augeninnendruck oft erhöht, können alternativ zwei Stütznähte in Kombination mit Mannitolverabreichung verwendet werden (Bigelbach 1990).

### 3.6 Verschiedene Injektionsnarkotika in der Literatur

Da dem Augeninnendruck von vielen Autoren die bedeutendste Rolle für den Erfolg der Augenoperation beigemessen wird, ist es wichtig, sich über die Wirkung der eingesetzten Mittel bewusst zu sein. Der Augeninnendruck wird bei der Anwendung allgemeiner Narkoseverfahren erniedrigt. Ausgenommen sind die Elektroanästhesie, Elektrostimulation und eventuell die Ataraktanalgesie (Jantzen 1988). Der Augeninnendruck sinkt durch Narkotika, die das zentrale Nervensystem dämpfen (Cunningham und Barry 1986), wie Barbiturate, Benzodiazepine, Neuroleptika, Opioide (Sármány 1969, Hahnenberger 1976, Heuser und Decker 1988) und die sich auf dem Markt befindlichen Sedativa und Tranquilizer (Jantzen 1988). Barbiturate sollen zusätzlich den Kammerwasserabfluss auf die Trabekelwerke begünstigen. Bei Ketaminapplikation steigt hingegen der Augeninnendruck. Intramuskulär injiziert bewirken Morphine einen leichten intraokularen Druckabfall in gesunden und glaukomatösen Augen (Duncalf und Foldes 1973). Fentanyl senkt den Augeninnendruck besonders ausgeprägt in Kombination mit Neuroleptika ab (Jantzen 1988).

Ohne sedative Prämedikation, unter der alleinigen Gabe von Kurzzeitnarkotika (z.B. Propofol, Fentanyl-Climazolam, Fentanyl-Fluoretomidat), kann es beim Durchlaufen der klinisch fast unbemerkten Exzitationsphase zum Anstieg des Augeninnendrucks kommen (Erhardt et al. 1989). Dagegen führen intramuskuläre Injektionen zum geringeren Anstieg des Augeninnendrucks. Schulte-Neumann (1993) empfiehlt  $\mu$ -Methadon (0,75 mg/kg KM) in Kombination mit Neuroleptika wie Azepromazin oder Chlorpromazin (0,15 – 0,2 mg/kg KM) zur Narkoseeinleitung. Diazepam (0,5 – 1 mg/kg KM) wird davor oder danach injiziert, bis der Patient problemlos intubiert und an das Narkosegerät angeschlossen werden kann.

Propofol (4 – 8 mg/kg KM dosiert nach Wirkung) intravenös ist ein schnell und kurz wirksames, hypnotisches und relaxierendes Narkotikum. Es hat keine ausgeprägten analgetischen Eigenschaften, keinen vagolytischen Effekt und kann sowohl bei Hunden als auch bei Katzen benutzt werden. Dennoch ist es bei intraokularen Eingriffen nicht das Mittel der Wahl, da es besonders in Kombina-

tion mit Miotika und bei Blutdruckabfall während der Operation den Herzstillstand herbeiführen kann. Weitere, wenn auch seltene Komplikationen sind Husten, postoperatives Erbrechen und generalisierte Attacken. Propofol kann jedoch für kurze und schmerzlose Eingriffe bei gesunden Hunden und Katzen eingesetzt werden (Schulte-Neumann 1993).

Neuroleptika sind die wirkungsvollsten Antiemetika. Wenn sie nicht bereits bei der Einleitung der Narkose gegeben wurden, können Promethazin oder Trifluorpromazin zusätzlich verabreicht werden, um postoperatives Erbrechen zu verhindern. Dies gilt insbesondere für Katzen. Butyrophenonderivate (Droperidol, Azaperon) sind wegen der induzierten Hyperventilation für die Ruhigstellung wenig geeignet. Unter Neuroleptanalgesien kommt es wegen des Opiatanteils zu mehr oder weniger starken Hypoxien. Daher muss frühzeitig mit der Sauerstoffsubstitution begonnen werden. Auch die Hyperakusie und die leichte Weckbarkeit unter Neuroleptanalgesien sollten rechtzeitig durch Zugabe dampfförmiger Inhalationsnarkotika und/oder Lachgas eingedämmt werden (Erhardt et al. 1989, Schulte-Neumann 1993).

Opiate verursachen einen geringen Abfall des Augeninnendrucks. Viele Anästhesisten meiden sie jedoch wegen des emetischen Effektes (Holloway 1980, Collins et al. 1995).

Benzodiazepine wie Diazepam, Clonazepam und Midazolam sind wegen ihrer kreislaufstabilisierenden Eigenschaften günstig. Allerdings bewirken sie bisweilen, gerade bei nervösen Tieren, paradoxe Reaktionen mit starker Unruhe und Lautäußerungen, die unter Umständen den Augeninnendruck erhöhen. Die Gefahr des Hustens und des Laryngospasmus ist ebenfalls vorhanden (Erhardt et al. 1989, Schulte-Neumann 1993). Diazepam ist ein exzellenter Tranquilizer mit geringem antiemetischen Effekt (Adams 1973).

Benzodiazepine senken den Augeninnendruck nur bei parenteraler Verabreichung, Midazolam und Diazepam sind diesbezüglich gleichwertig (Cunningham et al. 1981, Jantzen 1988, Collins et al. 1995).

---

Kurzwirkende Barbiturate haben direkte depressive Wirkung auf die Atmung und das Herz. Sie erreichen schnell eine hohe Konzentration im Gehirn und wirken erst nach ihrer Umverteilung in anderen Geweben.

Dissoziativa wie Ketamin, die in der Regel nicht zu Kreislaufproblemen führen, sind in Kombination mit Phenothiazinen und Benzodiazepinen gut für die Lidchirurgie einzusetzen. Sie sollten aber bei der Intraokularchirurgie nur vorsichtig eingesetzt werden. Bei der Katze ist die Ketaminnarkose für (intra) okulare Eingriffe geeignet. Sie hat den Vorteil, dass der Augapfel nicht tief in die Orbita einsinkt oder sich wegdreht. Beim Hund ist diese Narkoseform zu wenig kontrollierbar. So führt die kontinuierliche Infusion von Ketamin nicht zu einer für die Intraokularchirurgie ausreichenden Narkosetiefe.

Ketamin bewirkt die Depression der Atmung, den Anstieg der Herzaktion und des Blutdrucks. Gleichzeitig steigt der zentrale Venendruck. Zusätzlich neigen die Tiere zum Erbrechen. Die Aufwachphase nach einer Ketaminnarkose ist sehr kurz, kann aber zu Verletzungen führen, da die Tiere schnell versuchen sich aufzurichten. Zusätzlich ist aus der Humanmedizin bekannt, dass Ketamin Alpträume und Halluzinationen verursacht (Folts et al. 1975, Stades 1991, Schulte-Neumann 1993).

Ketamin wird wegen seines schnellen Wirkungseintritts gerne verwendet. Nachteilig ist hingegen die Tendenz, den Muskeltonus zu erhöhen. Bei physiologischen Augeninnendruckwerten kann dies in Kauf genommen werden (Brunson 1980). Verschiedene Autoren beschreiben einen starken Anstieg des Augeninnendrucks beim Menschen etwa 15 Minuten nach Applikation. Die angegebenen Werte schwanken zwischen 7% und 80% des Ausgangswertes (Purschke und Hassouna 1973, Rudolph 1974, Antal et al. 1978).

Wird Ketamin jedoch nach Applikation von Diazepam-Meperidine gegeben, ist zumindest bei Erwachsenen kein Einfluss auf den Augeninnendruck zu verzeichnen (Cunningham und Barry 1986). In Dosierungen von 1 bis 5 mg/kg KM intravenös unter kontrollierter Beatmung ruft es weder beim Menschen noch bei Hunden Druckanstieg hervor (Duncalf 1974, Jantzen 1988).

Xylazin bewirkt den Anstieg, Azepromazin den Abfall des diastolischen und systolischen Blutdrucks. Bei der Verabreichung von Ketamin mit Xylazin, aber auch mit Azepromazin, steigt der Blutdruck. Beide Narkotika ergänzen ihre positiven Eigenschaften (s.o.) und kompensieren die gegenseitigen Nachteile für die ophthalmologische Narkose (Gelatt et al. 1977, Erhardt et al. 1989). Tranquilizer verringern die Tendenz zum Würgen, Xylazin verstärkt sie. Außerdem ist Xylazin ein potentes Vagotonikum, das Bradykardien verursachen kann (Brunson 1980).

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Blutdruck. Bei oberflächlichen Narkosen führen Schmerzen in der Aufwachphase zum erhöhten Sympathikotonus, der den systemischen Blutdruckanstieg auslöst. Gefährlicher ist der abrupte Abfall des Blutdrucks in der Narkose. Dies kann hervorgerufen werden durch den relativen oder absoluten Volumenmangel, aber auch durch die Narkose selbst. So bewirken Neuroleptika und Phenothiazine starke periphere Vasodilatation mit Blutdrucksenkung, die stundenlang anhalten kann. Barbiturate, Imidazolderivate und Propofol lösen nur geringe Absenkungen des Blutdrucks aus. Opioide und Benzodiazepine verhalten sich bezüglich des Blutdrucks neutral. Daher sind Benzodiazepine auch zur Prämedikation für Risikopatienten geeignet (Erhardt und Henke 1996).

### 3.7 Verschiedene Inhalationsnarkotika in der Literatur

Zur Erhaltung der Allgemeinnarkose gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Kontinuierliche Infusion oder
2. Inhalation von Narkotika.

Die Verwendung von Kurzzeitrnarkotika zur Einleitung mit nachfolgender Überleitung in die Dauertropfnarkose, z.B. mit Fentanyl und/oder Übernahme in die kombinierte Dauertropf-Inhalationsnarkose (mit Halothan 0,6%) hat sich bewährt (Erhardt et al. 1988, 1989). Bei intraokularen Eingriffen, die keine Variation der Narkosetiefe tolerieren, hat sich die Inhalationsnarkose zur Erhaltung durchgesetzt (Brunson 1980).

Zu den möglichen Risiken der Inhalationsnarkose gehören kardiovaskuläre Komplikationen, denn auch Inhalationsnarkotika verursachen Hypotonie durch das Herabsetzen der Herzmuskelkontraktilität. Die stärkste blutdrucksenkende Wirkung hat dabei das Halothan (Erhardt und Henke 1996). Doch auch beim Enfluran wurde – vor allem bei älteren Patienten – Blutdruckabfall beobachtet (Adams und Jones 1980). Zudem prädisponieren viele Faktoren den ophthalmologischen Patienten für Herzrhythmusstörungen. Werden Sympathomimetika während einer Halothannarkose verabreicht, steigt dieses Risiko, da das Myokard gegen Kathecholamine sensibilisiert ist. Genauso erhöht Hypoxie dieses Risiko. Deshalb ist die adäquate Ventilation des Patienten genauso wichtig wie die Narkoseführung (Brunson 1980).

Alle heute gebräuchlichen Inhalationsnarkotika senken den Augeninnendruck proportional zur Narkosetiefe durch Dämpfung zentraler Steuermechanismen, Senkung des Blutdrucks, Förderung des Kammerwasserabflusses und Relaxation der Augenmuskulatur (Rubli 1971, Brunson 1980, Krupin et al. 1980, Holloway 1980, Cunningham und Barry 1986, Larsen 1987, Zindel, Meistelman und Gaudy 1987, Jantzen 1988, Collins et al. 1995). Dadurch wird das Risiko eines Glaskörperverlustes nach der Linsenextraktion reduziert (Burn und Knight 1969, Al-Abrak und Samuel 1974, Oosterhuis und Jeltens 1975, Krupin et al. 1980, Cunningham und Barry 1986).

Bei Operationen unter Allgemeinnarkose ist Halothan wegen der schnellen und ruhigen Einleitung zu bevorzugen. Angaben dazu, wie stark der Augeninnendruck unter Halothan abfällt, schwanken zwischen 27% und 45% (Adams et al. 1979, Thomson et al. 1982). Während tiefer Narkose erreicht der Augeninnendruck Werte um 10 mmHg (Duncalf 1974, Larsen 1987). Enfluran kann den Augeninnendruck stärker senken als Halothan (Holloway 1980, Lundberg et al. 1986). Gilger et al. 1994 bevorzugen dagegen Isofluran für Kataraktoperationen unter Inhalationsnarkose.

Methoxyfluran hat dagegen keine Vorteile. Die bessere Muskelrelaxation bei geringer Narkosetiefe ist nicht relevant, wenn eine für Augenoperationen ausreichende Narkosetiefe erreicht ist. Methoxyfluran bewirkt eine längere Aufwachphase, also auch eine längere Zeit der Inkoordination, während der sich der Patient verletzen kann (Brunson 1980).

Zur Wirkung von Lachgas (Stickoxydul, N<sub>2</sub>O) auf den Augeninnendruck liegen wenige Untersuchungen vor, obwohl es Bestandteil der meisten Narkoseformen ist. Hofmann und Holzer (1953) beobachteten einen Druckanstieg, während spätere Veröffentlichungen einen Einfluss negieren (Holloway 1980, Schneider et al. 1986).

Nach Untersuchungen von Bjertnaes (1986) lässt Lachgas den Augeninnendruck unbeeinflusst, es kann jedoch unregelmäßige Atmung hervorrufen und die Prädisposition für Atelektasen, Hypoxie und Hyperkapnie schaffen. Weitere Wirkungen sind Muskelrelaxation, Antidiurese und herabgesetzte myokardiale Kontraktilität. Lachgas ist ein hilfreiches Adjuvans, weil es die benötigte Konzentration des Inhalationsnarkotikums senkt und nur geringe kardiovaskuläre Nebenwirkungen zeigt (Brunson 1980). Der Effekt des Lachgases bei der Installation der Gasblase im Auge sollte allerdings bedacht werden. Eventuell ist bei der Narkoseausleitung das frühe Abstellen des Lachgases in solchen Fällen empfehlenswert, um ein gefährliches Absinken des Augeninnendrucks postoperativ zu verhindern (Forth et al. 1992, Schulte-Neumann 1993).

Dagegen haben sowohl Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) als auch Sauerstoff (O<sub>2</sub>) ausgeprägte Effekte auf den Augeninnendruck. Erhöhte CO<sub>2</sub>-Spannung von zwei bis zehn Volumenprozent bewirkt bei gesunden Patientenaugen in allgemeiner Narkose den graduellen Anstieg des Innendrucks. Entsprechend ist die kontrollierte Hyperventilation die effektivste Maßnahme zur Senkung des Augenendrucks. Die plötzliche Reduktion der CO<sub>2</sub>-Zufuhr verursacht innerhalb einer Minute einen so schnellen Abfall des Augeninnendrucks unter den initialen Wert, dass diese Druckveränderung ihre Ursache im Gefäßsystem haben muss. Wahrscheinlich handelt es sich um Verschiebungen im chorioidalen Blutvolumen. Der genaue Mechanismus ist unbekannt (Hvidberg et al. 1981, Jantzen 1988).

Die Erhöhung der O<sub>2</sub>-Konzentration senkt den Augeninnendruck über die Konstriktion des uveal Gefäßbettes. Dieser Effekt ist nur bei hyperbarer Oxygenierung signifikant und daher klinisch nicht nutzbar (Jantzen 1988).

Gut untersucht sind die weiteren Auswirkungen der Atemgase auf den Augeninnendruck. So bewirkt die Beatmung unter Einhaltung des physiologischen CO<sub>2</sub>-Partialdrucks die Senkung des Augeninnendrucks um 20 bis 50% (Adams et al. 1979, Schäffer 1989). Bei Zufuhr von 5% Kohlendioxid in die Einatemluft erhöht sich der Augeninnendruck um rund 35%. CO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 10% und darüber erhöhen den intraokularen Druck erheblich mehr (Duncalf und Weitzner 1963, Kielar et al. 1977, Hvidberg et al. 1981, Nimmagadda et al. 1987, Collins et al. 1995). Asphyxie bewirkt sogar die Steigerung des Augeninnendrucks um rund 87% (Collins et al. 1995).

Bei Hyperventilation fällt der Augeninnendruck um etwa 17% (Duncalf und Weitzner 1963). Hypoxie dagegen führt über die Gefäßerweiterung zur Steigerung des Augeninnendrucks, während hyperbare Sauerstoffkonzentrationen mit Gefäßverengung und Reduktion des Augeninnendrucks verbunden sind (Friedmann et al. 1972, Brunson 1980, Cunningham und Barry 1986, Collins et al. 1995).

## 3.8 Muskelrelaxanzien

### 3.8.1 Anwendung von Muskelrelaxanzien bei Augenoperationen

Chirurgische Eingriffe beim Menschen sind ohne Anwendung peripher wirkender Muskelrelaxanzien kaum mehr denkbar. Muskelrelaxanzien bieten enorme Vorteile, gehören aber in der Tiermedizin noch nicht zum Allgemeingut (Murisier und Schatzmann 1986, Jones 1992). Es gibt jedoch verschiedene Indikationen für den Einsatz von Muskelrelaxanzien bei der Narkose des Hundes.

Werden Muskelrelaxanzien bei Augenoperationen verwendet, sollten sie nicht vom depolarisierenden Typ (Succinylcholin, Decamethonium) sein. Initial führt Succinylcholin zum deutlichen Anstieg des Augeninnendrucks durch Kontraktur der orbitalen Muskeln. Bei Patienten, die an Glaukomen leiden oder ein Ektropium haben, sind depolarisierende Muskelrelaxanzien daher kontraindiziert (Schulte-Neumann 1993).

Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien (Atracurium, Vecuronium, Tubocurarin) in niedrigen Dosierungen können dagegen am Auge bei jeder Narkosemethode im Sinne der „Balanced Anaesthesia“ zur Aufhebung des bestehenden Nystagmus oder der Bulbusrotation zugesetzt werden (Eingriffe an der Hornhaut, z.B. Keratektomie). **Abbildung 4** zeigt die für ophthalmologische Eingriffe unerwünschte Bulbusrotation des narkotisierten Hundes. Bei intraokularen Eingriffen sollte die Analgesie vertieft werden. Nystagmus weist auf die für intraokulare Eingriffe unzureichende Narkosetiefe hin (Jones 1992).



**Abbildung 4:** Bulbusrotation bei einem narkotisierten Hund (ohne Muskelrelaxans)

Atracurium, Vecuronium oder Tubocurarin, intravenös angewandt in Schritten von 0,1 mg/kg KM und Minute, können zur selektiven Relaxation der orbitalen Muskeln und damit zur Immobilisation des Bulbus und zur Aufhebung des Vorfalls des dritten Augenlids führen, ohne Paralyse der Skelett- und Atemmuskulatur (Dziejyc 1990). Diese Relaxation dauert beim Hund rund 15 Minuten an. Während dieser Zeit sollten die Tiere aus Sicherheitsgründen immer intubiert sein und eventuell assistiert beatmet werden. Bei Spontanatmung sollte der Einatemluft Sauerstoff zugesetzt werden. Empfehlenswert ist die kontinuierliche

Messung der endexpiratorischen CO<sub>2</sub>-Konzentration (Gramstad et al. 1983, Erhardt et al. 1988, Erhardt et al. 1989, Young, Barnett und Taylor 1991, Schulte-Neumann 1993). Den meisten kompetitiven Relaxanzien wird die Senkung des Augeninnendrucks zugeschrieben. Dieser Effekt wurde bereits 1868 durch von Hippel und Grünhagen bei Curare beobachtet (Jantzen 1988).

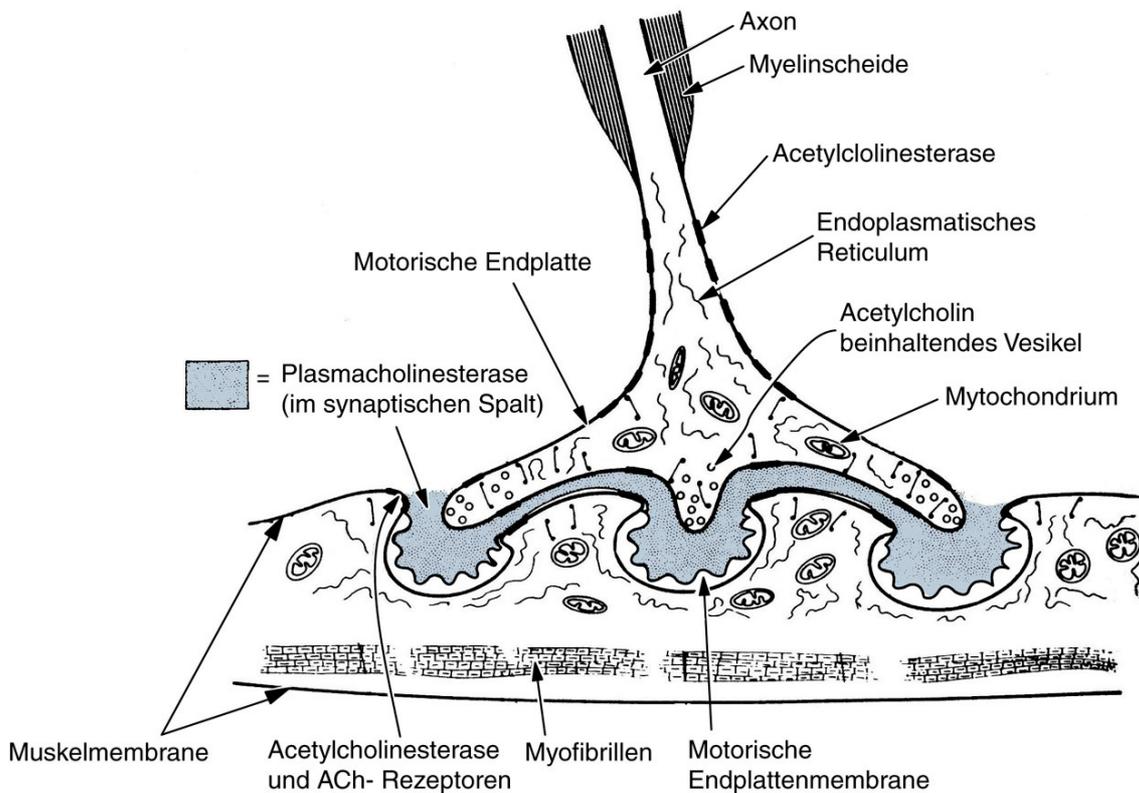
Zur Anwendung bei Eingriffen am Auge ist die Wirkung auf den Augeninnendruck von Bedeutung. Bisher wurde Pancuronium allgemein als das Muskelrelaxans der Wahl angesehen. Viele Autoren, darunter Maharaj et al. (1984), Schneider et al. (1986) sowie Chiu und Stirt (1987) bestätigen, dass Atracurium den intraokularen Druck ebenfalls nicht signifikant in negativer Weise beeinflusst (Polarz 1995, Vinik 1999). In Untersuchungen fiel der Augeninnendruck nach Narkoseeinleitung deutlich ab, nach Verabreichung der beiden Relaxanzien erfolgte ein nur unwesentlich weiterer Abfall (Tattersall et al. 1985, Cunningham und Barry 1986).

In einer anderen Studie wurde die Wirkung von Metocurin, Pancuronium, Vecuronium und Atracurium auf den Augeninnendruck des Hundes durch kontinuierliche Direktmessung in der Vorderkammer untersucht. Dabei zeigte sich für alle nichtdepolarisierenden Relaxanzien tendenziell Druckabfall. Dieser erklärt sich als indirekter Effekt der neuromuskulären Blockade. Durch Aufhebung des Ruhetonus der Skelettmuskulatur kommt es zur Verlagerung des Blutvolumens in die Peripherie, vor allem im Bereich des Abdomens und der Gliedmaßen. Daneben wird bei volumengesteuerter Beatmung der intrathorakale Mitteldruck durch die Relaxierung gesenkt. Beide Mechanismen senken den zentralen Venendruck und verbessern die Drainage der Orbita. Welche Bedeutung darüber hinaus die Entspannung der gestreiften Orbitalmuskulatur hat, ist nicht geklärt (Murphy et al. 1985, Cunningham und Barry 1986, Jantzen et al. 1987, Jantzen 1988). Die Senkung des Augeninnendrucks durch nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien hält einige Minuten an (Larsen 1987).

### 3.8.2 Neuromuskuläre Blockade durch Muskelrelaxanzien

Muskelrelaxanzien können die Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte beeinträchtigen oder sie vollständig blockieren (Larsen 1987, Forth et al. 1992). Es tritt die reversible Lähmung der Muskulatur ein, deren Dauer von der verwendeten Substanz abhängt.

An der motorischen Endplatte (vgl. **Abbildung 5**) wird die neuronale Erregung mit Hilfe des Transmitters Azetylcholin übertragen, der in den unmyelinisierten Endplatten des motorischen Axons enthalten ist. Er diffundiert durch den synaptischen Spalt zum cholinergen Rezeptor in der Membran der Muskelzelle und ändert dort die Membranpermeabilität für Natrium- und Kaliumionen. Natrium strömt von der Außenseite der Membran zur Innenseite. Aus dem Ruhepotential der Membran entsteht ein Endplattenpotential, dessen Größe direkt von der freigesetzten Azetylcholinmenge abhängt. Überschreitet das Endplattenpotential einen bestimmten Schwellenwert, wird ein Aktionspotential ausgelöst, das sich über die gesamte Muskelfaser ausbreitet; die Muskelfaser kontrahiert.



**Abbildung 5:** Die motorische Endplatte (nach Ali und Savarese 1976)

Das freigesetzte Acetylcholin wird durch Diffusion und enzymatischen Abbau durch Acetylcholinesterase rasch entfernt. Die Resynthese von Acetylcholin erfolgt in den Vesikeln der Endplatten aus Cholin und Azetat unter Mitwirkung des Enzyms Cholinazetylase (Larsen 1987, Forth et al. 1992).

Aufgrund des Wirkungsmechanismus werden zwei Gruppen peripher wirkender Muskelrelaxanzien unterschieden:

### 1. Depolarisierende Relaxanzien

Diese Substanzen lösen zunächst eine Depolarisation der Muskelzellmembran aus, so dass sich eine Erregung ausbreiten kann – vergleichbar der Wirkung von Acetylcholin selbst (Larsen 1987).

---

In der weiteren Folge erschlafft der Muskel, sobald die  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen durch die Tätigkeit der Calciumpumpe wieder in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt werden. Sinkt die zytosolische  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration auf etwa  $10^{-7}$  mol/l, werden Aktin-Myosin-Interaktion und Myosin-ATPase gehemmt, so dass sich die Querbrücken vom Aktin ablösen; die Kraftentwicklung hört auf (Schmidt 2005).

Klinisch manifestiert sich die Wirkung von depolarisierenden Muskelrelaxanzien in Form von unkoordinierten Muskelkontraktionen und Faszikulationen, die später zu Muskelsteife und Muskelkater führen können. Nachdem sich die Erregung ausgebreitet hat, besetzt das Muskelrelaxans länger als Azetylcholin den Rezeptor. Azetylcholin wird schneller abgebaut als das Muskelrelaxans. Hierdurch wird die Depolarisation zunächst noch aufrechterhalten und in der Folge kann die Membran nicht erregt werden. Beispiele hierfür sind Substanzen wie Succinylcholin und Dekamethonium (Ali und Savarese 1976, Larsen 1987, Forth et al. 1992). Der Depolarisationsblock kann pharmakologisch nicht antagonisiert werden (Ali und Savarese 1976, Larsen 1987, Forth et al. 1992)!

Die Reizung der Orbitalmuskulatur mit Azetylcholin oder Succinylcholin führt zur tonischen, aktionspotenzialfreien Kontraktion. Diese Kontraktion ist von Bedeutung für die Effekte der Relaxanzien auf den Augeninnendruck, besonders bei Succinylcholin, das zu einem signifikanten Anstieg des Augeninnendrucks führt (Siebeck und Krüger 1955, Abdulla et al. 1981, Schneider et al. 1986, Jantzen 1988, Forth et al. 1992).

## **2. Nichtdepolarisierende Relaxanzien**

Diese Substanzen konkurrieren mit Azetylcholin um den postsynaptischen Rezeptor, indem sie den cholinergen Rezeptor besetzen ohne ein Aktionspotenzial auszulösen. Freigesetztes Azetylcholin trifft auf einen bereits besetzten Rezeptor und kann nicht mehr wirken, es liegt eine kompetitive Blockade vor.

Oral zugeführt sind die nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien unwirksam. Nach intramuskulärer Injektion werden sie jedoch gut resorbiert. In der Praxis

werden sie immer intravenös gegeben, weil sie nur so für Narkosezwecke ausreichend steuerbar sind (Larsen 1987). Nach der Injektion tritt zuerst Muskelschwäche auf, schließlich erschlaffen die Muskeln vollkommen und sind motorisch nicht mehr erregbar. Die Lähmung der Muskulatur läuft in bestimmter Reihenfolge ab. Zuerst werden die kleinen schnellen Muskeln der Zehen, Augen und Ohren relaxiert, anschließend die Muskeln von Extremitäten, Hals und Stamm und zum Schluss die Interkostalmuskeln und das Zwerchfell. Die dadurch ausgelöste Atemlähmung muss sofort durch Beatmung über Maske/Atembeutel oder Respiator behandelt werden. Die Muskelfunktion kehrt in umgekehrter Reihenfolge zurück (Ali und Savarese 1976, Larsen 1987, Forth et al. 1992, de Rossi 1999).

Die Wirkung nichtdepolarisierender Muskelrelaxanzien kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst oder verändert werden. Klinisch wichtig sind nach Larsen (1987):

1. Niereninsuffizienz,
2. Leber- und Gallenwegserkrankungen,
3. Inhalationsnarkotika,
4. Hypothermie und
5. Alter.

Die Wirkung von Muskelrelaxanzien sollte am Ende der Operation aufgehoben werden (Adams 1973). Dies kann durch erhöhte Azetylcholinkonzentration geschehen. Klinisch werden dazu Cholinesterasehemmer eingesetzt, die das Enzym Azetylcholinesterase inaktivieren und so die Azetylcholinkonzentration am Rezeptor erhöhen. Zu den Cholinesterasehemmern gehören Neostigmin, Pyridostigmin und Edrophonium (Ali und Savarese 1976, Adams und Jones 1980, Larsen 1987, Forth et al. 1992).

Atracurium kann zum Beispiel mit Neostigmin antagonisiert werden. Innerhalb von 3 bis 4 Minuten nach der Antagonisierung ist in der Regel die Spontanatmung beim Hund wiederhergestellt. In einzelnen Fällen muss nochmals Neostigmin nachinjiziert werden. Die Extubation ist meistens innerhalb von

5 Minuten nach dem Auftreten der Spontanatmung möglich (Calvey et al. 1983, Murisier und Schatzmann 1986, Wellcome 1992). Die angegebenen Dosierungen zur Antagonisierung von Atracurium variieren von 0,007 mg/kg KM bis zu 0,1 mg/kg KM Neostigmin (Wellcome 1992). Jones und Brearley (1987) sowie Jones (1990) antagonisierten mit 0,6 mg/kg KM Atropin und 1 Minute später mit 0,2 bis 2,5 mg/kg KM Neostigmin.

Cholinesterasehemmer wie Neostigmin wirken nicht nur am Rezeptor der motorischen Endplatte, sondern u.a. an den muskarinartigen (parasympathikomimetischen) Rezeptoren. Hieraus resultieren Nebenwirkungen im Bereich des vegetativen Nervensystems (Vagussymptome, Vermehrung der Speichelbildung, Miosis, Bradykardie, bei Überdosierung auch Blutdruckabfall und Darmspasmus). Vermindert lassen sich diese Nebenwirkungen durch Kombination mit einem Parasympatholytikum wie Atropin, das die Neostigmineffekte auf die quergestreifte Muskulatur nicht beeinflusst (Adams und Jones 1980, Larsen. 1987, Hapke 1991, Forth et al. 1992).

Seit der Einführung von Atracurium und Vecuronium wird die routinemäßige Antagonisierung der neuromuskulären Blockade in Frage gestellt. Ob sie notwendig ist, hängt davon ab, in welchem Maße sich die Blockade bereits selbstständig zurückgebildet hat und wann mit der Spontanerholung zu rechnen ist. Bei Verzicht auf Antagonisierung ist das sorgfältige Monitoring der neuromuskulären Blockade ratsam (Erkola et al. 1989).

### **3.8.3 Klinische Pharmakologie nichtdepolarisierender Muskelrelaxanzien**

Für die Praxis ist es wichtig, dass sowohl nichtdepolarisierende als auch depolarisierende Muskelrelaxanzien die Blut-Hirn-Schranke nicht passieren und daher nicht auf das zentrale, sondern nur auf das periphere Nervensystem einwirken (Larsen 1987, Forth et al. 1992). Da Acetylcholin auch an muskarinartigen Rezeptoren (z.B. in Herz, Drüsen und glatten Muskeln) als Transmitter fungiert, haben praktisch alle klinisch gebräuchlichen, nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien auch kardiovaskuläre Nebenwirkungen (Ausnahme: Vecuronium). Klinisch manifestieren sie sich je nach Substanz als Blutdruckabfall und Tachykardie, gelegentlich als Arrhythmie oder als Blutdruckanstieg. Ursache ist neben den Effekten auf das autonome Nervensystem die Histaminfreisetzung (Larsen 1987). Sie ist auch verantwortlich für allergische oder pseudoallergische Reaktionen unter höheren Dosen von Muskelrelaxanzien wie kutane Reaktionen, Hypotension, Tachykardie, Arrhythmien und Bronchospasmus (Tryba et al. 1988). Dazu können der Anstieg von Serumkalium und Katecholaminen sowie Abnahme der Gerinnungsaktivität durch freigesetztes Heparin kommen (Larsen 1987, Forth et al. 1992).

### **3.8.4 Geschichtlicher Hintergrund des Muskelrelaxans Atracuriumbesilat**

Als einer der größten Fortschritte in der modernen Narkose wird die Einführung der Hemmstoffe für die neuromuskuläre Übertragung, d.h. die Muskelrelaxanzien angesehen. Das älteste Muskelrelaxans ist das Pfeilgift Curare. Schon der französische Physiologe Claude de Vernard erkannte bei seinen Experimenten, dass dieses Mittel keine zentralen Wirkungen besitzt und der scheinbar so friedliche Tod schrecklich sein muss, weil das Opfer an der Lähmung der Atemmuskulatur erstickt. 1942 wurde Curare von Griffith in die Praxis der Narkose eingeführt (Hofmann und Holzer 1953, Larsen 1987, Forth et al. 1992). Damit vollzog sich der Wandel in der Narkose, denn es war nicht mehr nötig, die Muskelrelaxation durch extrem tiefe und lebensgefährliche Narkosen hervorzurufen.

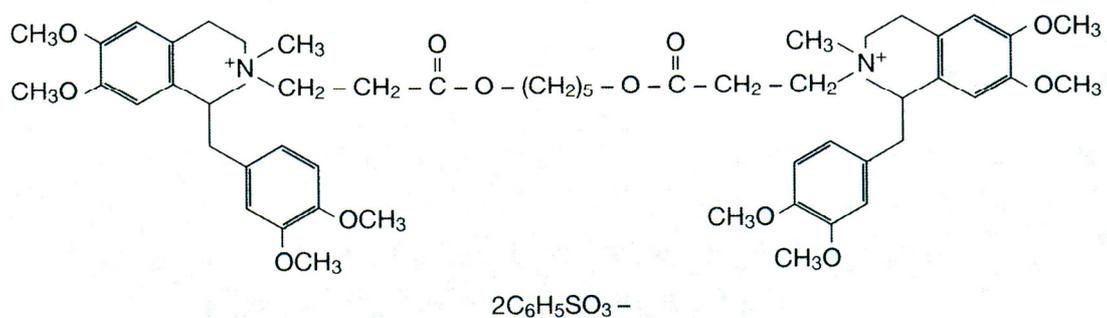
Die Applikation von Muskelrelaxanzien ermöglicht es, im Rahmen einer sehr oberflächlichen Narkoseführung

1. schnell eine vollständige Muskelerschlaffung zu erreichen und
2. plötzliche Reflexbewegungen als Folge operativer Schmerzreize zu verhindern.

Die selektive Beeinflussung gewährleistet optimale Operationsbedingungen, ohne die vitalen Funktionen des Patienten allzu stark zu beeinträchtigen (Schuh 1977). Die älteren neuromuskulären Blocker haben unerwünschte kardiovaskuläre Nebenwirkungen. Außerdem haben die kompetitiven oder nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien den Nachteil, dass ihr Stoffwechsel und ihre Ausscheidung und Verstoffwechslung von Leber und Niere abhängig sind. Zudem müssen die Kreislaufverhältnisse funktionsfähig sein, damit die Arzneimittel von ihrem Wirkungsort in den Muskeln zu den Ausscheidungsorganen transportiert werden können. Beim Risiko-Patienten können eine oder mehrere dieser Funktionen erheblich gestört sein. Daher suchte eine Forschungsgruppe um Stenlake an der Strathclyde-University in Glasgow Anfang der 60er Jahre nach einem Weg zum Abbau von Muskelrelaxanzien, der von der Nieren- und Leberfunktion unabhängig ist. Arbeiten über die chemische Zusammensetzung der Pflanze

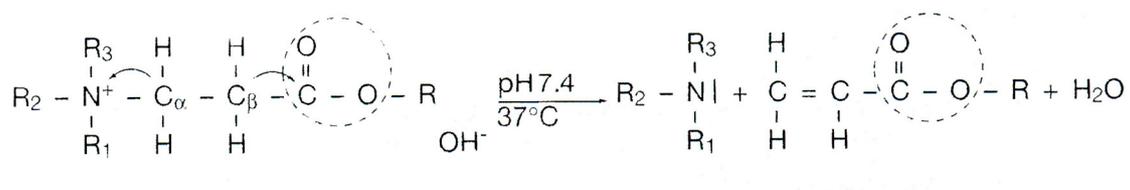
Leontice leontopetalum führten einige Jahre später zur Synthese einer neuen Klasse von neuromuskulären Blockern, die unter physiologischen Bedingungen einem spontanen Zerfall unterliegen. Petalin, einer der stickstoffhaltigen Bestandteile der Pflanze, ist chemisch mit Tubocurarin verwandt. Unter leicht alkalischen Bedingungen zerfällt es sehr schnell. Bei dieser Art des chemischen Abbaus handelt es sich um den sogenannten Hofmann'schen Abbau, der 1851 von A.W. Hofmann entdeckt wurde (vgl. **Abbildung 7**). Er fand heraus, dass quarternäre Ammoniumsalze bei der Temperatur von 100°C in stark alkalischem Milieu (pH 14) aufgespalten werden können, so dass die tertiäre Base entsteht. Unter physiologischen Bedingungen erfolgt der Hofmann'sche Abbau bei pH 7,4 und der Temperatur von 37°C (Jones et al. 1983, Stenlake et al. 1983, Wellcome 1992).

In den 70er Jahren suchten Stenlake und Hughes nach einer Verbindung, die Potenz und Fähigkeit zum Bioabbau in sich vereint. Zudem sollte die Spanne zwischen neuromuskulär blockierenden und kardiovaskulär wirksamen Dosen möglichst weit sein. Das Ergebnis war Atracurium (Tracrium®): Das Benzolsulphonat (Besilat) erwies sich als das Salz der Wahl. Die vollständige chemische Bezeichnung von Atracuriumbesilat ist 2,2-(3,11-Dioxo-4,10-dioxatridecamethylen)-bis-(2-methy-1,2,3,4,-tetrahydropapaverinium-benzolsulphonat) mit der Summenformel:  $C_{65}H_{82}N_2O_{18}S_2$  (vgl. **Abbildung 6**). Atracurium hat ein Molekulargewicht von 1243,4. Tracrium® wurde 1982 in Großbritannien zugelassen (Stenlake et al. 1983, Wellcome 1992).



**Abbildung 6:** Strukturformel von Atracuriumbesilat

Im Körper unterliegt Atracurium hauptsächlich dem Hofmann'schen Abbau (vgl. **Abbildung 7**). Daneben kommt es zur – eher unbedeutenden – enzymatischen Esterhydrolyse, die nonoquartäre Metaboliten erzeugt (Jones et al. 1983, Wellcome 1992). Aus dem Hofmann'schen Abbau gehen Laudanosin und ein quarternäres Monoacrylat hervor. Laudanosin und die quarternäre Säure aus der Esterhydrolyse haben keine relaxierende Wirkung. Der quarternäre Alkohol und das quarternäre Monoacrylat führen allerdings im Dosisbereich von 0,5 bis 4 mg/kg KM zu einem dosisabhängigen neuromuskulären Block. Mehrere Metaboliten senken den Blutdruck, jedoch nur bei Dosen von 4 mg/kg KM (Chapple und Clark 1983, Neill et al. 1983, Wellcome 1992).



**Abbildung 7:** Der Hofmann'sche Abbau (Produktmonographie der Firma Wellcome 1992)

### 3.8.5 Eigenschaften von Atracuriumbesilat

Bei Hunden verschiedener Rassen tritt nach der Dosis von 0,2 mg/kg KM Atracurium i.v. innerhalb von 90 Sekunden ein Atemstillstand auf. Die Dauer der sichtbaren Relaxation beträgt nach der Initialdosis zwischen 17 und 23 Minuten. Leichtes Zittern der Lippenmuskulatur und, im Falle von Normokapnie, spontane Atembewegungen zeigen die abklingende Wirkung an (Jones et al. 1983, Murisier und Schatzmann 1986).

Im Vergleich zu Katzen oder Affen reagieren Hunde empfindlicher auf die neuromuskulär blockierende Wirkung von Atracurium. Eine Dosis von 0,125 mg/kg KM i.v. verursacht bei Hunden einen 97-prozentigen Block der Einzelmuskelzuckungsreaktion, während dies bei Katzen nur zu 54% und bei Affen zu 51% der Fall ist.

Bei allen drei Spezies wird durch eine Dosis von 0,125 mg/kg KM i.v. die vollständige Paralyse hervorgerufen, gemessen durch tetanischen Stimulus.

Der Einsatz von Inhalationsnarkotika verstärkt die Wirkung von Atracurium. Am stärksten wirken Isofluran und Enfluran gefolgt von Halothan. Der Effekt ist unabhängig von der Narkosedauer (Ausnahme: Enfluran). Aus bisher unbekanntem Gründen nimmt die potenzierende Wirkung von Enfluran auf die Muskelrelaxierung mit der Dauer der Narkose zu (Viby-Mogensen 1985, Larsen 1987, Forth et al. 1992).

Um die neuromuskuläre Blockade von 50% zu erreichen, wird bei Verwendung von 1% Halothan rund 0,11 mg/kg KM Atracurium i.v. benötigt. Ohne Halothan steigt der Bedarf dagegen auf 0,126 bis 0,158 mg/kg KM. Halothan verlängert darüber hinaus die Wirkungsdauer des Atracuriums.

Nach einer hundertprozentigen Blockade durch 0,25 bis 0,5 mg/kg KM intravenös appliziertes Atracurium hält die Relaxierung unter 1% Halothan rund 32 Minuten an. Ohne Halothan sind es nur 22 Minuten. Bei der Zugabe von 2% Halothan erhöht sich die Wirkungsdauer sogar auf bis zu maximal eine Stunde (Chapple et al. 1983, Stirt et al. 1983, Wellcome 1992). Weder die erzielten Blutplasmaspiegel noch die Wirkungsdauer unterscheiden sich bei der Injektion

---

von Atracurium in die Jugularvene gegenüber der Injektion in die Portalvene (Stenlake et al. 1983).

Wechselwirkungen zwischen dem Relaxans und den zur Narkoseeinleitung verwendeten Mitteln konnten nicht nachgewiesen werden. Zum Beispiel beeinflusst bei Katzen die Gabe von Diazepam (0,5 mg/kg KM i.v.), Morphin (0,5 mg/kg KM) und Ketamin (2 mg/kg KM) nicht die notwendige Atracurium-Dosis (Chapple et al. 1983, Wellcome 1992).

Hingegen wird die paralyisierende Wirkung von Atracurium bei Katzen deutlich verringert, wenn der pH-Wert des Blutes von 7,31 auf 7,63 erhöht wird, zum Beispiel durch eine Hyperventilation (Payne und Hughes 1981).

Im Gegensatz dazu wird die Wirkung von Atracurium durch Aminoglykosid- und Polypeptid-Antibiotika (Chapple et al. 1983) sowie durch Lithium- und Magnesiumsalze, Procainamid, Chinidin und respiratorische und metabolische Azidose verstärkt (bzw. die Erholungszeit wird verlängert).

Auch Kortikosteroide beeinflussen die Wirkung der Muskelrelaxanzien. So wurde bei Patienten, die unter Dauermedikation mit Kortikoiden stehen, die Abnahme der muskelrelaxierenden Wirkung festgestellt. Die kurzfristige Gabe von Kortikosteroiden verursacht jedoch die verstärkte Wirkung der Muskelrelaxanzien, weil die Sensitivität der Endplatte abnimmt (Durant et al. 1982, Vibymogensen 1985).

Atracurium-Dosen oberhalb von 0,4 mg/kg KM bewirken beim Menschen den deutlichen Anstieg der Herzfrequenz und bei der Dosis von 0,6 mg/kg KM den signifikanten Abfall des Blutdrucks. Die vorübergehende Erniedrigung des Blutdrucks tritt bei einigen Patienten in den ersten vier Minuten nach Injektion des Muskelrelaxans auf. Diese Sofortantworten können für Risikopatienten wichtig sein.

In der klinischen Anwendung beeinflusst das Muskelrelaxans Blutdruck und Herzfrequenz jedoch deutlich geringer als andere Faktoren, die auf den Kreislauf einwirken. Selbst bei älteren, schwerkranken Patienten oder Patienten mit gestörter Kreislauffunktion bleibt die Wirkungsdauer unverändert (Miller 1982,

Rupp et al. 1983, Hilgenberg et al. 1983, Frank et al. 1983, Philbin et al. 1983, Rowlands 1983, Sokoll et al. 1983, Ramsey et al. 1984, Wellcome 1992).

Die Herzfrequenz von Hunden ist beim Verabreichen des Vier- bis Achtfachen der vollen paralyisierenden Dosis leicht vermindert (Wellcome 1992). Die signifikante Abnahme des arteriellen Mitteldrucks wird durch das Verabreichen des Achtfachen der vollen paralyisierenden Dosis (2 mg/kg KM) bewirkt.

Es gibt keine Hinweise für die Kumulation von Atracurium, so dass bei jedem Patienten vorhergesagt werden kann, wann eine Ergänzungsdosis erforderlich ist (Hughes und Chaple 1981, Calvey et al. 1983).

Pharmakologische Studien an Hunden deuten darauf hin, dass die Atracurium-Dosis, die zur Histaminfreisetzung erforderlich ist, achtmal höher ist als die neuromuskulär paralyisierende Dosis (Wellcome 1992). Untersuchungen von Tryba et al. (1988) geben Hinweise darauf, dass Histaminfreisetzung und kardiovaskuläre Reaktionen nicht von der Dosis abhängig sind.

Untersuchungen unter Verwendung von  $^{14}\text{C}$ -markiertem Atracurium zeigten, dass Atracurium und seine Abbauprodukte sowohl im Urin als auch in der Galle gefunden werden. Nach sieben Stunden sind 90% der verabreichten Dosis ausgeschieden (Neill et al. 1983). Atracurium tritt nicht ins Zentralnervensystem ein und scheint auch die Plazenta nicht zu passieren (Frank et al. 1983, Neill et al. 1983, Skarpa et al. 1983, Wellcome 1992). Es ist daher dem idealen Muskelrelaxans ziemlich nahe (Barnes et al. 1983).

## 4 Messungen

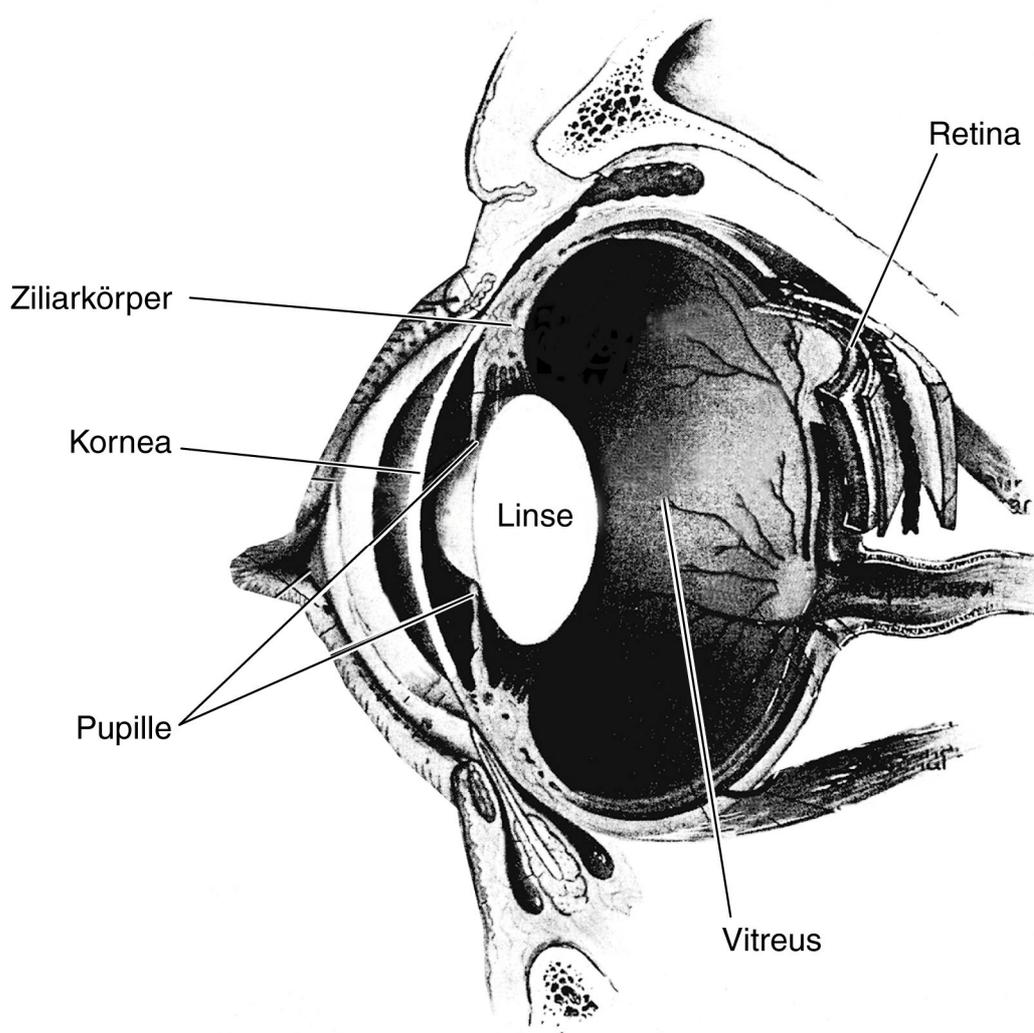
### 4.1 Entstehung und Regulation des Augeninnendrucks

Der Augeninnendruck muss im physiologischen Rahmen bleiben, um die Korneawölbung und den richtigen Refraktionsindex zu erhalten (Aboul-Eish 1973, Cunningham und Barry 1986).

Die für den Sehvorgang notwendige Form des Augapfels und die Lage der Teile des optischen Systems zueinander (vgl. **Abbildung 8**) werden durch den im Augeninnern herrschenden Druck aufrechterhalten (intra ocular pressure, IOP) (Khouri 1982). Dieser Druck, gemessen in Millimeter Quecksilbersäule (mmHg), wird durch drei Faktoren bestimmt:

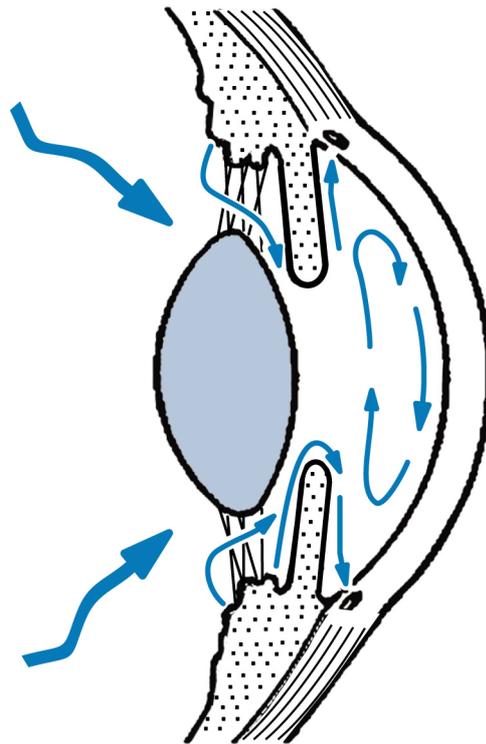
1. Summe der Einzeldrücke der Flüssigkeiten, von denen das Kammerwasser die wichtigste ist,
2. Reaktion der Hülle bzw. die Elastizität der Wand sowie
3. Druckverhältnisse in der Umgebung, die aber in der Regel vernachlässigt werden können (Aboul-Eish 1973, Clerc und Krähenmann 1990).

Des Weiteren wird der Augeninnendruck vom Inhalt des Augapfels beeinflusst. Dies sind: das innere Augengewebe (Uvea, Netzhaut, Linse), der Blutgehalt der intraokularen Gefäße, der Glaskörper und das Kammerwasser, das die Hohlräume des Auges ausfüllt.



**Abbildung 8:** Aufbau des Augapfels (nach Slatter 1990)

Der Augeninnendruck ist Ausdruck des Verhältnisses zwischen Kammerwasserproduktion, Verteilung von der hinteren in die vordere Augenkammer und dem Abfluss aus dem Augapfel in die peripheren Gefäße durch den Kammerwinkel (vgl. **Abbildung 9**), (Mac Diarmid und Holloway 1976, Peiffer 1980).



**Abbildung 9:** Der Abflussweg des Kammerwassers (nach Schmidt 1988)

Druckerhöhungen werden im Auge physiologisch durch vermehrten Abfluss sehr schnell kompensiert. Ebenso wird nach Punction der Vorderkammer und Flüssigkeitsentzug die verlorene Flüssigkeit rasch ersetzt (Sigrist 1960, Hanke et al. 1984, Schmidt 1988).

Auch das zentrale Nervensystem hat Einfluss auf den Augeninnendruck: direkt durch seine neurogene Kontrolle des extraokularen Muskeltonus und indirekt durch hormonelle und hämodynamische Effekte. Von Sallman und Lowenstein (1955) isolierten verschiedene Areale im Diencephalon der Katze, die durch elektrische Stimulation den Augeninnendruck variieren (Cunningham und Barry 1986, Jantzen 1988). Schmerl und Steinberg (1950) übertrugen Liquor cerebrospinalis von Helligkeitsadaptierten Kaninchen auf nichtadaptierte, was bei diesen zu einem Anstieg des Augeninnendrucks führte. Sie schlossen daher auf neurosekretorisch-humorale Mechanismen der zentralen Steuerung. Obwohl die Existenz derartiger Zentren umstritten ist, gilt deren Dämpfung als Ursache der Drucksenkung durch die meisten Narkotika (Jantzen 1988).

Beim Hund liegt der Augeninnendruck zwischen 15 mmHg und 30 mmHg (Startup 1969, Magrane 1969, Klinckmann und Wegner 1987, Spiess 1995), wobei es keine signifikanten Druckunterschiede zwischen dem rechten und dem linken Auge bei Hunden gibt (Gelatt et al. 1981).

#### **4.1.1 Den Augeninnendruck beeinflussende Parameter**

Beim Menschen gibt es tageszeitliche Schwankungen des Augeninnendrucks um 2 bis 3 mmHg mit dem höchsten Wert am Morgen. Shapiro (1983) beschrieb sogar Schwankungen bis zu 9 mmHg. Mögliche Ursachen sind: die zirkadiane Sekretion von Adrenokortikoiden, Pupillendilatation während des Schlafes, Kohlendioxidretention, unbewegliches Auge und die Schlafposition (Aboul-Eish 1973, Khouri 1982, Cunningham und Barry 1986). Ein zweiter Höchstwert des Augeninnendrucks liegt bei 65% der untersuchten Menschen gegen Abend. Die niedrigsten Werte des Tages sind nicht an bestimmte Uhrzeiten gebunden (David et al. 1992).

Der Augeninnendruck ist auch abhängig von der Körperhaltung. Er steigt an, wenn nach einer aufrecht stehenden eine sitzende Position eingenommen wird, und er steigt abermals beim Liegen in Rückenlage (Shapiro 1983). Die Antelexion des Kopfes oder dessen Überstreckung führen zur starken Steigerung des Augeninnendrucks, genauso wie Kopftieflage (15 Grad unter der Horizontalebene = Anti-Trendelenburg), (Heuser und Decker 1988). Umgekehrt führt eine Lagerung von 15 Grad über der Horizontalebene zur entsprechenden Erniedrigung (Hvidberg et al. 1981). Eine Erniedrigung des Augeninnendrucks wird außerdem durch körperliche Aktivität und vermehrte Salzaufnahme über verstärkte Rückresorption des extravaskulären Wassers ausgelöst (Shapiro 1983).

Die Variationen des Augeninnendrucks scheinen mit Veränderungen des chorioidalen Blutvolumens zusammen zu hängen, das bestimmt wird von der Füllung der Arteriolen, Kapillaren und Venolen. Wesentlich ist dabei der zentrale Venendruck, der vom CO<sub>2</sub>-Partialdruck und durch hydrostatische Faktoren beeinflusst wird (Samuel und Beaugié 1974, Mac Diarmid und Holloway 1976, Ab-

dulla et al. 1981, Hvidberg et al. 1981, Hanke et al. 1984, Jantzen 1988). Studien von Friedmann et al. (1972) ergaben Hinweise auf eine Autoregulation, bestimmt durch den CO<sub>2</sub>-Partialdruck in zerebralen Gefäßen. Der zentrale Venendruck hemmt oder begünstigt den Abfluss von Blut und Kammerwasser. Verlegungen des venösen Abflusses oder erhöhter venöser Druck führen zum Anstieg des chorioidalen Blutvolumens und des Augeninnendrucks. Das kann durch Husten, Erbrechen oder endotracheale Intubation bedingt sein. Ein Hustenstoß erhöht den Augeninnendruck des Menschen von 15 bis 20 mmHg auf 34 bis 40 mmHg. Der plötzliche Anstieg ist nach ca. 30 Sekunden wieder ausgeglichen (Mac Diarmid und Holloway 1976, Holloway 1980, Cunningham und Barry 1986, Heuser und Decker 1988, Collins et al. 1995).

Durch den Autoregulationsmechanismus ist das Auge vor anhaltendem, erhöhtem Systemdruck geschützt. Die Autoregulation erstreckt sich über den mittleren arteriellen Druckbereich von etwa 90 bis 130 mmHg und ist weit weniger effektiv als die der Nieren- und Gefäßperfusion. Das liegt daran, dass das uveale Gefäßbett über keine präkapillären Sphinkter verfügt (Brunson 1980, Holloway 1980, Abdulla et al. 1981, Cunningham und Barry 1986, Jantzen 1988, Collins et al. 1995).

Auch Stoffwechselschwankungen können den Augeninnendruck beeinflussen. Er wird erniedrigt beim Vorliegen einer respiratorischen Alkalose und erhöht bei einer Azidose (Petounis et al. 1980, Cunningham und Barry 1986).

Hypothermie bedingt, trotz der erhöhten Viskosität des Kammerwassers, den Abfall des Augeninnendrucks (Brunson 1980, Cunningham und Barry 1986), während eine erhöhte Körpertemperatur den Augeninnendruck steigert (um 2,5 mmHg je 0,6°C) (Shapiro et al. 1981, Shapiro 1983).

Der Augeninnendruck kann schließlich durch Druck von außen auf den Bulbus (orbitale Tumore, Kontraktur der extraokularen Muskulatur oder der Augenlidmuskulatur, Stauung der orbitalen Venen, Blutungen oder intraoperativ durch Lidsperrer, Tücher), Änderungen der intraokularen Bestandteile, Deformation des Augapfels (Haltenähte) und Unterschiede der Rigidität der Sklera (gering bei Katzen, Hunden und Pferden) verändert werden. Erhöhte sklerale Rigidität

tritt mit fortgeschrittenem Alter auf und sekundär nach länger erhöhtem Augeninnendruck (Krumeich und Schottky 1979, Crispin 1981, Khouri 1982, Murphy 1985).

Walde und Forisch (1980) stellten fest, dass Hündinnen und junge Hunde einen höheren Augeninnendruck haben als Rüden und ältere Hunde.

## **4.2 Messung des Augeninnendrucks (Tonometrie)**

Der intraokulare Druck ist ohne Penetration des Augapfels nicht direkt feststellbar. Er ist nur mittels Ophthalmotonometrie, kurz Tonometrie, indirekt über die Hornhaut messbar. Dabei wird zwischen digitaler Tonometrie (Palpation) und instrumenteller Tonometrie unterschieden (Impressions- und Applanationstonometrie), (Walde 1982, Clerc und Krähenmann 1990). Zur instrumentellen Messung des Augeninnendrucks werden sogenannte Tonometer verwendet. Mit ihrer Hilfe wird die Spannung der Hornhaut ermittelt. Dieser Spannungszustand oder Tension bezeichnet den Widerstand gegen eine Deformation der Kornea, von dem auf den Augeninnendruck geschlossen werden kann (Draeger 1981, Draeger et al. 1982, Walde 1982).

Den extrabulbären tonometrischen Methoden steht die direkte intrabulbäre Ophthalmomanometrie gegenüber. Sie stellt zwar die zuverlässigste Methode der Tonometrie dar, ist aber für die klinische Anwendung ungeeignet, weil eine Kanüle ins Augeninnere eingeführt werden muss. Dieses Verfahren wird hauptsächlich für experimentelle Messungen angewandt (Draeger et al. 1982, Walde 1982).

### **4.2.1 Zur Geschichte der Tonometrie**

Bereits zur Zeit des Hippokrates (460 – 377 v. Chr.) betasteten Ärzte die Augen, allerdings aus therapeutischen Gründen: Bei vielen Erkrankungen der Bindehäute und der Lider versprach man sich einen heilsamen Einfluss von dieser Massage. Dabei hätten diese Ärzte auch unterschiedliche Härten der Augäpfel feststellen können, jedoch gibt es keine Hinweise auf eine Beziehung zu der als „Glaukom“ bezeichneten Krankheit. Erst 1622 weist Sir Richard Banister in seinem „Breviary of the Eyes“ auf die vermehrte Spannung des Bulbus als wesentliches diagnostisches Zeichen des Glaukoms hin (Draeger 1961).

Mehr als 200 Jahre lang war dann die Palpation der Augäpfel beim Menschen durch die geschlossenen Lider hindurch die einzige Methode zur Bestimmung des Augeninnendrucks, bis 1862 von Graefe erstmals ein Tonometer herstellte, das nach dem Impressionsprinzip arbeitete (Walde 1982). Alle bis zum

Beginn des 20. Jahrhunderts gebauten Tonometer erfüllten jedoch nicht die Forderung nach zuverlässigen, quantitativ vergleichbaren Ergebnissen. Daher fand keines Eingang in die Praxis (Draeger 1961).

1887 entdeckte Koller die anästhesierende Wirkung von Kokain auf das Auge. Statt der bis dahin geübten transpalpebralen oder skleralen Messung konnte nunmehr auch auf der Kornea gemessen werden. Dies hatte verschiedene Vorteile: Der Patient brauchte bei der Messung einfach nur geradeaus zu schauen. Außerdem war es sicher, bei wiederholten Messungen stets annähernd den gleichen Applikationsort für das Tonometer zu benutzen. Schließlich spielte die unterschiedliche Elastizität der Kornea als Fehlerquelle im Vergleich zur Sklera nur eine ganz untergeordnete Rolle (Draeger 1961).

In der Veterinärmedizin wurden 1930 zunächst von Demont und 1937 von Rouquette Normwerte von 15 bis 17 mmHg für das Hundeauge mit dem Baillart'schen Tonometer gemessen (zit. nach Walde 1982). Bahnbrechend waren erst die Untersuchungen von Magrane für die Schiötz-Tonometrie beim Hund. Bei einer repräsentativen Zahl von Augen an Hunden verschiedener Rassen und Mischlingen fand er einen nach Friedenwald (1955) berechneten physiologischen Augeninnendruck von 16 bis 30 mmHg. Auch bei Hunden mit hervorstehenden Augen, wie Boston Terrier und Pekinese, war der Augeninnendruck – entgegen der Erwartung – nicht höher (zit. nach Walde 1982). Magrane nahm die Messungen am sitzenden Tier nach Oberflächenanästhesie der Kornea mit Pantocain vor (Walde 1982).

#### **4.2.2 Indirekte Messversuche zur Augeninnendruckbestimmung**

Bei der Palpation (digitale Methode), der ältesten, einfachsten, aber ungenau-esten Form der Druckmessung schließt man aus der Kraft, die aufzuwenden ist, um eine bestimmte Deformierung des Bulbus herbeizuführen, auf den Augeninnendruck. Je größer die Kraft umso härter das Auge (Draeger 1961). So können erhebliche Abweichungen des Spannungszustandes der Tunica fibrosa eines Augapfels erfasst werden, kleine und mittlere Druckschwankungen dagegen nicht (Walde 1982, Neumann et al. 1989).

Etwa gleichzeitig zu den manometrischen Bestimmungsversuchen von Wahlfors (Draeger 1961) bemühten sich verschiedene Untersucher, ein Verfahren zur indirekten Druckmessung am Auge zu entwickeln. 1855 beschrieb Hemholtz sein Ophthalmometer, das auf der Veränderung der Hornhautkrümmung in Abhängigkeit vom Augeninnendruck beruht. Dies geschieht allerdings erst in Druckbereichen, die weit jenseits des klinischen Interesses liegen. Coccius empfahl 1867 ein „optisches“ Tonometer. Durch Druck auf den Bulbus komprimierte er die Venen der Retina und beobachtete mit dem Augenspiegel das Auftreten eines Arterienpulses. Krückmann (1895) glaubte, anhand der Hornhaut-Sensibilität auf den Augeninnendruck schließen zu können (zit. nach Draeger 1982). Alle genannten Verfahren führten zusätzliche Fehlerquellen in die Untersuchung ein. Die Überlegung, das Prinzip der Palpation als Grundlage der instrumentellen Druckmessung beizubehalten, führte schließlich zur Entwicklung mechanischer Tonometer (Draeger 1961).

### 4.2.3 Impressions- und Applanationstonometrie

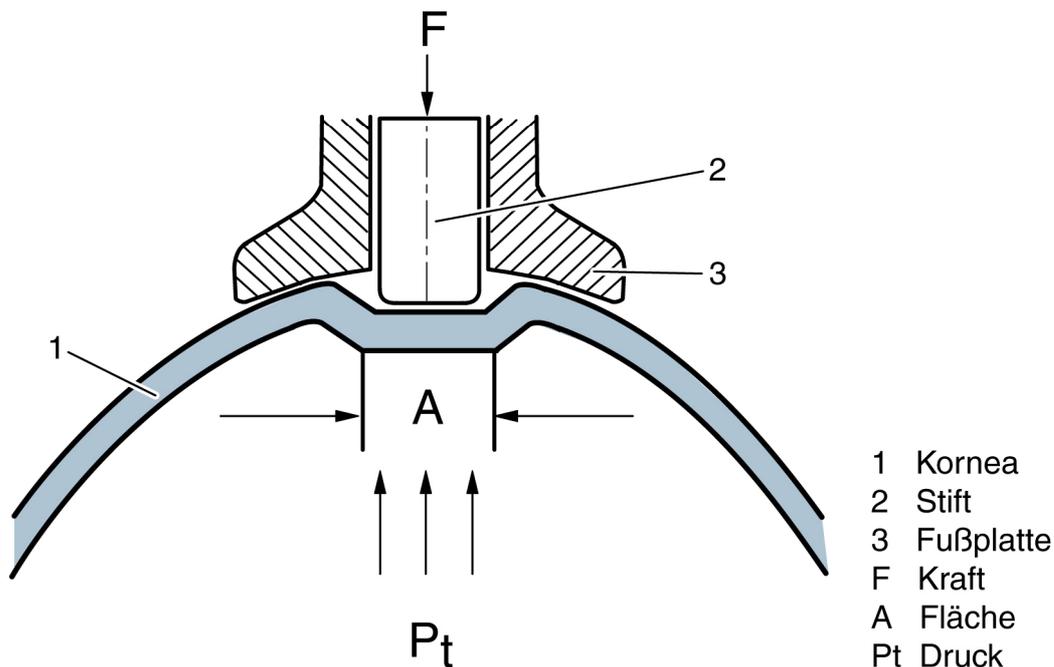
Bereits zu Beginn der Suche nach geeigneten Geräten zur Messung des Augeninnendrucks wurden die beiden noch heute üblichen Verfahren entwickelt und unabhängig voneinander weiterverfolgt: die Impressions- und die Applanationstonometrie. In beiden Fällen wird ein Stempel gegen den Augapfel gedrückt und erzeugt an seiner Auflagestelle eine Verformung. Aus dem Verhältnis dieser Verformung zur aufgewendeten Kraft lässt sich auf den Augeninnendruck schließen.

Hierbei gibt es zwei unterschiedliche Prinzipien:

1. Aufbringen einer bestimmten Kraft und Messung der hierdurch hervorgerufenen Verformung,
2. Erzeugung einer bestimmten Verformung und Messung der dazu erforderlichen Kraft.

Beide Prinzipien sind in die Praxis umgesetzt worden. Die verformende Kraft kann durch Gewichte oder durch eine Feder erzeugt werden. Die Verformung kann mechanisch oder optisch gemessen werden (Draeger 1961).

Beim Impressionstonometer (vgl. **Abbildung 10**) wird wahlweise das unter 1. Oder 2. genannte Prinzip angewandt. Ein Stift drückt mit bestimmter konstanter Kraft gegen die Augapfelwand. Aus der Tiefe des so erzeugten Eindrucks wird die Tension bestimmt (z.B. Schiötz-Tonometer). Alternativ wird die Kraft gemessen, die nötig ist, um einen Eindruck von bestimmter Tiefe zu erzeugen (z.B. Hamer-, Baillart-Tonometer) (Walde 1982).

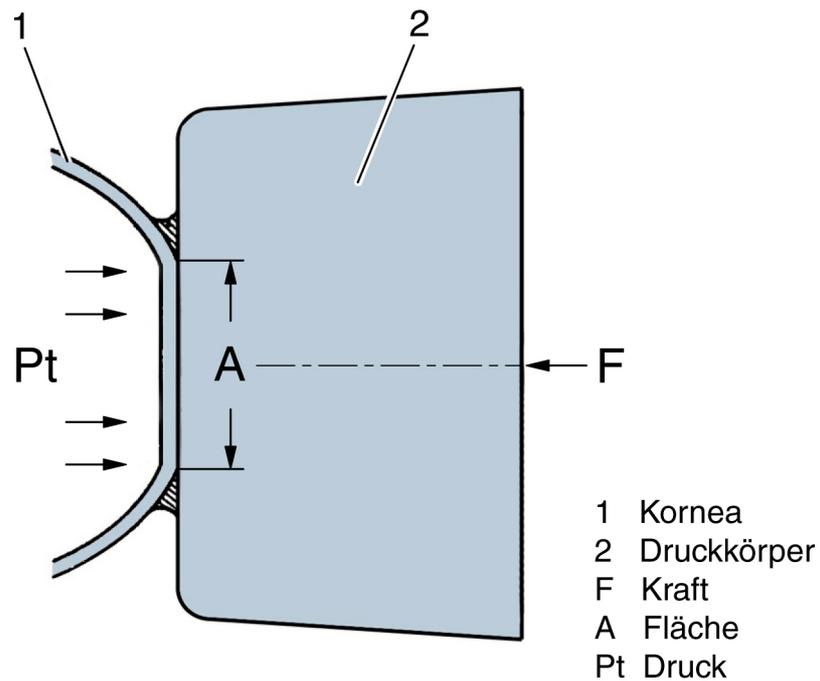


**Abbildung 10:** Prinzip der Impressionstonometrie  
 (nach Jessen und Altmann 1987)

Die Messergebnisse nach beiden Prinzipien werden durch die Rigidität der Sklera (umgekehrt zur Hornhautelastizität) und durch den Krümmungsradius der Hornhaut beeinflusst. Je stärker die Hornhaut gekrümmt ist, desto größer ist ihr innerer Widerstand gegen das aufgesetzte Gewicht (Neumann et al. 1989, Clerc und Krähenmann 1990). Bereits 1868 erkannte und formulierte Weber die Nachteile der Impressions- gegenüber der Applanationstonometrie (Draeger 1961). Dennoch wurde sie in der Praxis lange Zeit bevorzugt (Draeger 1966).

Das Applanationstonometer (**Abbildung 11**) benutzt ebenfalls wahlweise das unter 1. oder 2. beschriebene Prinzip. Es bestimmt die Tension aus der Größe der Abplattungsfläche, die am Augapfel durch Andrücken einer Platte mit konstanter Kraft entsteht (z.B. Maklakoff-Tonometer) oder umgekehrt aus der Kraft, die für die Abplattung einer gewissen konstanten Fläche benötigt wird (z.B. Goldmann-, Draeger-, Perkins-Tonometer) (Walde 1982, Neumann et al. 1989). Um die Applanationsoberfläche leicht sichtbar zu machen, wird der Tränenfilm mit Fluoreszeinlösung angefärbt und der Kontrast durch das Zwischenschalten

eines Blaufilters verbessert. Der optische Applanationsdurchmesser beträgt bei den üblichen Geräten für das menschliche Auge etwa 3 mm (Draeger et al. 1982). Applanationstonometer gelten als die genauesten Tonometer am Menschenauge (Gelatt et al. 1977).



**Abbildung 11:** Prinzip der Applanationstonometrie  
(nach Jessen und Altmann 1987)

#### 4.2.4 Entwicklung der Tonometer

Die physikalischen Grundlagen für die Tonometrie sind seit rund 100 Jahren bekannt. Fick hat 1888 die Grundlagen für die Applanationstonometrie gelegt (Draeger et al. 1982). Hiernach ist der Druck (P) in einer mit Flüssigkeit gefüllten Membran bei der Applanation gleich dem Quotienten aus Kraft (F) und abgeplatteter Fläche (A):  $P = F / A$  (Imbert-Fick'sche Formel). Wird das Auge mit einer Kugel verglichen, deren Wandung die ideale Membran ohne Dicke und Rigidität darstellt, so drückt die Kraft, welche auf die Oberfläche einwirkt, die Wandung entsprechend ein. Ist die Auflagefläche eben, so gleicht sich der Druck auf beiden Seiten (innen und außen) aus. Gemäß Definition gilt:  $P \sim F$ . Somit kann P ermittelt werden, indem die Kraft bestimmt wird, die zum Abflachen eines bestimmten Hornhautareals A benötigt wird. Goldmann und Schmidt haben in den 60er Jahren dargelegt, dass die von Imbert und Fick unabhängig voneinander entwickelte Imbert-Fick'sche Formel nur dann für die Tonometrie Gültigkeit haben kann, wenn „die eine Kugel begrenzende Membran in ihrer Dicke vernachlässigt werden könne, oder wenn die begrenzende Hülle aus zwei dünnen Membranen bestünde, zwischen denen sich ebenfalls eine inkompressible Flüssigkeit befände“. Nur dann sei es möglich, durch Abnahme des äußeren Druckes an der Membran auf den Druck in der Kugel zu schließen. Die Struktur der menschlichen Kornea lässt tatsächlich eine solche Annahme zu. Für gewisse Abplattungsdurchmesser kann durch Druck auf die Bowman'sche Membran die Descemet'sche Membran entspannt und so tatsächlich der herrschende hydrostatische Druck im Augeninnern gemessen werden. Die Applanationsdurchmesser dürfen nicht zu groß gewählt werden, sonst kann es zur Volumenverdrängung und in der Folge zum Druckanstieg kommen. Dieser übt nicht kalkulierbaren Einfluss auf das Messergebnis aus (Draeger et al. 1982). Dennoch wird durch die Manipulation des Augapfels bei der indirekten Messung des Augeninnendruckes immer ein gering erhöhter Druck gemessen (Jessen und Altmann 1987).

Das erste Applanationstonometer wurde 1867 von Weber konstruiert (Draeger 1981). Goldmann führte 1954 sein Applanationstonometer ein (Goldmann und Schmidt, 1957, 1961, Draeger 1961). Hierbei wird die Kraft gemessen, die zur Abflachung eines bestimmten Hornhautareals erforderlich ist. Das Messverfahren mit dem Applanationstonometer von Goldmann gilt seither als Bezugssystem, weil es Form und Volumen des Auges am wenigsten ändert (während der Messung verdrängtes Volumen beträgt max. ca.  $0,5 \text{ mm}^3$ ) und damit unabhängig von der Rigidität misst (Draeger 1961, 1981). Goldmann legte einen Applanationsdurchmesser von 3,06 mm zugrunde, da in diesem Fall bei entsprechender Eichung die Ablesung sofort in mmHg erfolgen kann (eine auf die Hornhaut ausgeübte Gewichtskraft von 0,1 g erzeugt in diesem Fall einen Druck, der dem Gewicht einer Quecksilbersäule von 1 mm Höhe entspricht). Die Messung ist allerdings nur in Verbindung mit einer Spaltlampe möglich, an der das Tonometer mit Hilfe spezieller Vorrichtungen angebracht werden muss. Es kann deshalb auch nur am sitzenden Patienten gemessen werden (Draeger 1966).

Für eine Reihe klinischer und experimenteller Zwecke sind jedoch Tonometer erwünscht, die unabhängig von einer Spaltlampe arbeiten (Hessemer 1988). Für manche Anwendungsgebiete ist – bei Verzicht auf hohe Genauigkeit – die Verwendung eines Schiötz-Impressionstonometers ausreichend. Für andere Zwecke jedoch ist nicht nur die Unabhängigkeit von einer Spaltlampe, sondern auch die völlige Lageunabhängigkeit des Tonometers erforderlich (Draeger 1966). Das in Deutschland am weitesten verbreitete lageunabhängige Tonometer war bis zur Einstellung seiner Produktion das Handapplanationstonometer nach Draeger (Draeger 1966, Hessemer, Rössler und Jakobi 1988). Die Mehrzahl der lageunabhängigen Tonometer wurde nach dem Applanationsprinzip konstruiert (Hessemer 1988).

Eine Variante stellt das Pneumotonometer dar (Langham und McCarthy 1968), das einen dosierten Luftstoß zur Hornhautapplanation verwendet. Es ermöglicht die elektronische Messung in Sekundenschnelle. Der versierte Tierarzt kann die

Tonometrie am unsedierten Tier bei physiologischer Körper- und Kopfhaltung ausführen und damit objektive Messwerte erzielen (Schmidt 1988).

Auch das elektronische Mackay-Marg-Tonometer (Mackay und Marg 1959 zit. nach Draeger 1961) arbeitet lageunabhängig. Es nimmt eine Stellung zwischen Applanations- und Impressionsprinzip ein und ist das verlässlichste Tonometer zur Anwendung am Hundeauge (Gelatt et al. 1977, Peiffer 1980, Draeger 1981). Selbst bei unregelmäßig narbig verformter Hornhaut gelingt es, den wahren Augeninnendruck annähernd zu messen (Kaufman et al. 1970, Draeger 1981). Das Mackay-Marg-Tonometer wird nicht mehr hergestellt (Miller et al. 1991). Nach wie vor erhältlich ist jedoch der sog. Tonopen<sup>TM</sup> II, der ebenfalls auf dem Messprinzip des Mackay-Marg-Tonometers basiert. Die Vorteile des Tonopens<sup>TM</sup> II sind seine Handlichkeit und seine kleine Messspitze, besonders beim Messen auf veränderter Hornhaut, da man gezielt auf unveränderten Stellen messen kann (Rootman et al. 1988, Neumann et al. 1989, Miller et al. 1991).

### **4.3 Grundlagen der nichtinvasiven Blutdruckmessung (NIBD)**

Die Herz-Kreislauf-Diagnostik gewinnt in der Veterinärmedizin zunehmend an Bedeutung. Hierzu gehört neben der Elektrokardiografie auch die unblutige Messung des Blutdruckes. Dies um so mehr, als in neuerer Zeit Blutdruckmessgeräte für die Anwendung beim Tier verfügbar sind (z.B. Werner 1980, Egner 2002). Bei den unblutigen Methoden muss relativ weit peripher gemessen werden. Dies ist von Nachteil, da die vom Herzen erzeugte Druckwelle bei ihrer Weiterleitung in die Peripherie verändert wird (Werner 1972).

In der Veterinärmedizin ist die indirekte Messung des Blutdrucks jedoch schwieriger als in der Humanmedizin. Dies liegt vor allem daran, dass die Arterien, die für die indirekte Blutdruckmessung beim Kleintier in Frage kommen, viel kleiner sind als die beim Menschen genutzte Arteria brachialis. Zudem sind Oberarm und Oberschenkel beim Hund konisch und bei kleinen Hunden auch kurz. Daher sind auch die für die Messung nötigen sog. Korotkoff-Geräusche (arterielle Schallphänomäne) weniger intensiv oder ihre Frequenz liegt außerhalb des hörbaren Bereichs (Werner 1972, Guillebeau 1979, Werner 1980, Sander et al. 1996). Aus diesem Grund konnten sich die beim Menschen üblichen Blutdruckmessverfahren beim Hund nicht durchsetzen. Der entscheidende Schritt zur Blutdruckmessung beim Hund war die elektronische Verstärkung und Registrierung der Vorgänge nach Boucke und Brecht. Erst dann konnte am Unterarm und insbesondere auch bei kleinen Hunden der Blutdruck gemessen werden (Werner 1972).

Das gemeinsame Prinzip der gebräuchlichen Methoden zur indirekten Bestimmung des Blutdrucks beruht auf einer aufblasbaren Manschette nach Riva-Rocci. Sie komprimiert die Arterien einer Extremität so stark, bis sie kollabieren und die Blutströmung aufhört. Dem Druck in der Manschette wirkt der Druck im Innern des Gefäßsystems entgegen. Bei fallendem Manschettendruck sind die folgenden Phänomene noch heute Grundlage der verschiedenen Messmethoden.

---

Nach Guillebeau 1979, Sander et al. 1996 gilt:

1. Beim Unterschreiten des systolischen Druckes tritt der „verschwundene“ distale Puls wieder auf (Grundlage für die palpatorische Methode).
2. Verschiedene Schallphänomene können an den Arterien wahrgenommen werden (Korotkoff-Geräusche).
3. Es können pulssynchrone Zeigerbewegungen (Oszillationen) am Manometer festgestellt werden, die je nach Druck zu- und wieder abnehmen (Grundlage für oszillatorische Methode, vgl. auch **Abbildung 12**).

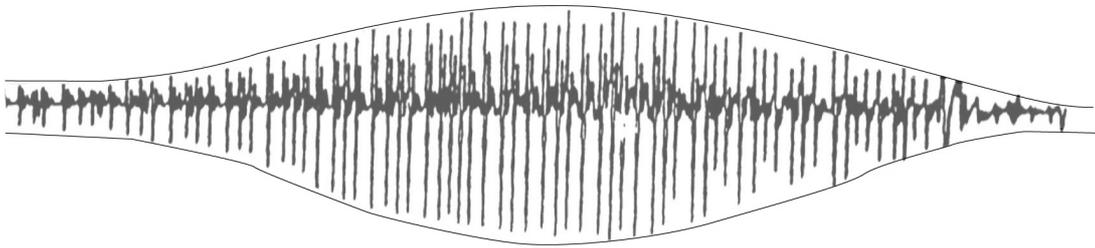
Zusätzlich fanden 1965 Ware und Länger ein weiteres Prinzip:

4. Die Methode des Ultraschall-Doppler-Prinzips zur indirekten Messung. Hierbei werden von einem Schallkopf Ultraschallwellen ausgesendet. Treffen sie auf eine sich bewegende Arterienwand, so wird ihre Frequenz verändert (Doppler-Effekt). Diese Frequenzänderungen können über einen Empfänger hörbar gemacht oder graphisch registriert werden (Weiser et al. 1977, Guillebeau 1979, Sander et al. 1996, Erhardt und Henke 1996).

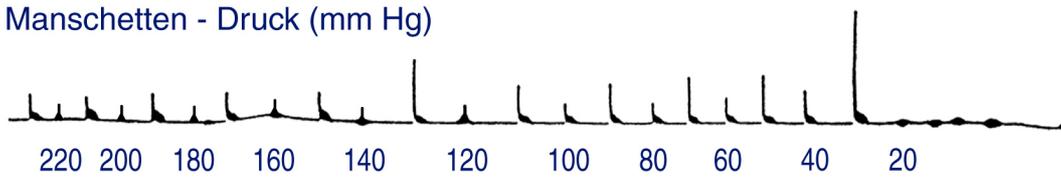
Neben der palpatorischen Methode entspr. 1. ist die oszillatorische Methode entspr. 3. das älteste Verfahren, den Blutdruck auf indirektem Wege zu bestimmen. Die oszillatorische Blutdruckmessung ist für die Anwendung in der Veterinärmedizin besser geeignet als die elektronisch-palpatorische Messung nach Brecht oder die Ultraschall-Doppler-Methode. Erstere liefert nur den systolischen Druck, ist apparativ aufwändig und umständlich, während das Ultraschall-Doppler-Gerät bei Tieren unter 10 kg Körpergewicht nicht zuverlässig arbeitet (Werner 1980). Die oszillatorische Methode geht auf Marey und von Recklinghausen (Werner 1980) zurück. Es wird dazu keine Doppelmanschette benötigt, sondern nur eine Einzelmanschette (Werner 1972), die beim Einsatz an Hunden den Vorteil hat, dass sie das Messglied umfasst und auch noch nach Bewegungen der Vordergliedmaßen des Hundes über den Arterien sitzt, am Hundeunterarm z.B. über der Arteria radialis und der Arteria ulnaris (Werner, Schäffer und Trautvetter 1977).

Manschetten - Oszillation

Hund



Manschetten - Druck (mm Hg)



**Abbildung 12:** Oszillationen (Grundlage der oszillatorischen Methode entspr. 3. nach Guillebeau 1979)

Untersuchungen unterschiedlicher Autoren haben belegt, dass zwischen indirekt oszillatorisch und direkt gemessenen Werten nur geringe Unterschiede bestehen. Somit ist die Methode der oszillatorischen Blutdruckmessung brauchbar (Geddes 1980, Werner 1980, Erhardt und Henke 1996).

### 4.3.1 Blutdruck des Hundes

Die physiologischen Werte des Blutdrucks beim Hund sind nach Werner 120 +/- 10 mmHg für den systolischen, 95 +/- 10 mmHg für den mittleren und 75 +/- 10 mmHg für den diastolischen Blutdruck. Diese Werte werden auch von Trautvetter und Schäffer (1977) bestätigt. In der amerikanischen Literatur werden jedoch höhere Werte angegeben. Als obere Grenze der Normotension gilt 180 mmHg systolisch zu 95 mmHg diastolisch (Weiser et al. 1977, Kühn, Schmidtke und Schmidtke 1979). Ähnliche Werte finden sich auch in anderen Studien (110 bis 167 mmHg systolisch zu 63 bis 118 mmHg diastolisch) (Sander et al. 1996, Erhardt und Henke 1996). Egner (2002) gibt 133 zu 75 als Normotension an. Blutig in Narkose gemessene Werte beim Hund liegen systolisch bei 140 bis 170 mmHg, Mitteldrücke bei 140 bis 160 mmHg (Werner 1972).

Der Parameter mit der größten Variationsbreite ist beim Hund der systolische Wert. Er ist abhängig von Alter, Rasse, Geschlecht, Temperament, Krankheitsstatus, Trainingszustand und Ernährung. Ähnlich wie beim Menschen nimmt auch beim Tier der Blutdruck mit steigendem Alter zu. Im sehr hohen Alter nimmt er dagegen wieder ab. Aber auch sehr junge Tiere haben erhöhten Blutdruck. Im allgemeinen haben weibliche Hunde niedrigeren Blutdruck als männliche, die Blutdruckwerte kastrierter Tiere beiderlei Geschlecht liegen dazwischen. Auch das Temperament des Tieres hat einen deutlichen Einfluss (Bodey und Michell 1996).



---

## 5 Eigene Untersuchungen - Material und Methode

### 5.1 Themenstellung

Das Anliegen der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses des Muskelrelaxans Atracurium auf die Operationsbedingungen bei Eingriffen am Hundeauge. Hierzu wurden vier Gruppen (I bis IV) von Hunden untersucht. Jede dieser Gruppen wurde einem anderen Narkoseregime unterzogen, um die Wirkung der verabreichten Substanzen zu ermitteln. Die Hunde der Gruppen I und II wurden einer intraokularen Operation unterzogen, die der Gruppen III und IV sonstigen Operationen am äußeren Auge. Den Hunden wurden folgende Substanzen verabreicht:

Gruppe I: Muskelrelaxans, Halothan, Narkoseadjuvantien,

Gruppe II: Halothan, Narkoseadjuvantien,

Gruppe III: Muskelrelaxans, Halothan,

Gruppe IV: Muskelrelaxans,

Folgende objektive Parameter wurden aufgenommen und ausgewertet: Augeninnendruck, Herzfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck.

Darüber hinaus erfolgte die zum Teil subjektive Beurteilung der Operationsbedingungen durch den Operateur. Hierbei wurden folgende Kriterien aufgezeichnet: Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation, Einsinken des Bulbus in die Orbita, Glaskörperdruck, Veränderung der Vorderkammertiefe, Reaktion der Pupillen auf Adrenalin, Reaktion der Pupillen auf Acetylcholin, Anzahl der benötigten Fixierungshefte und Rotierbarkeit des Bulbus am Ende der Operation.

## 5.2 Untersuchte Hunde

Die Untersuchungen wurden an insgesamt 40 Hunden aus dem Patientengut der Chirurgischen Veterinärklinik (Kleintierchirurgie) der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgenommen. Anlass ihrer Vorstellung in der Klinik war bei 25 Hunden die Einschränkung der Sehfähigkeit aufgrund ein- oder beiderseitiger Katarakt. Die kataraktöse Linse wurde bei diesen Tieren entfernt und eine Kunstlinse eingesetzt. Zugeordnet wurden die Hunde den Gruppen I und II. Die Untersuchungen an den Hunden dieser Gruppen erfolgte im Zeitraum von März 1995 bis September 1997.

15 Hunde wurden nicht wegen intraokularer Krankheiten vorgestellt, sondern hatten Erkrankungen des äußeren Auges. Es handelte sich um 14 Distichiasis-Operationen und eine Keratektomie. Bei der Distichiasis-Operation wird eine Reihe feiner Härchen, die sich hinter der Wimpernreihe befindet und in Richtung Bulbus wächst, entfernt. Bei der Keratektomie werden die äußeren Schichten der Hornhaut (Ephitel und Stromaanteile) abgetragen. Diese 15 Hunde wurden den Gruppen III und IV zugeordnet. Die Untersuchungen an diesen Hunden erfolgte im Zeitraum von Februar 1996 bis August 1997.

Bei den Patienten, die einer Kataraktoperationen unterzogen wurden, handelte es sich um 23 Rassehunde und 2 Mischlinge mit einer durchschnittlichen Körpermasse von 31 kg. Der schwerste Hund wog 56 kg, der leichteste 7,5 kg.

Der Altersdurchschnitt lag bei 5 Jahren. Der jüngste Hund war 1 Jahr alt, der älteste 10,5 Jahre. Insgesamt wurden 13 rechte und 12 linke Augen von 14 männlichen und 11 weiblichen Tieren operiert. Von den weiblichen Hunden waren 2 kastriert, von den männlichen dagegen keiner (**Tabelle 1**).

Klinik-Nr.	Rassen	Alter in Jahren	Geschlechter	Körpermasse in kg
<b>Gruppe I (mit Relaxans)</b>				
2011/2076/97	Deutscher Schäferhund	3,0	m	31,0
2011/873/97	Golden Retriever	1,5	m	31,0
2011/399/97	Großer Schweizer Sennenhund	9,5	w	56,0
2011/5227/96	Golden Retriever	2,0	m	34,0
2011/2627/95	Leonberger	6,5	w	46,0
2011/4029/95	Golden Retriever	1,5	m	31,0
2011/2080/95	Cockerspaniel-Mischling	4,0	w	11,5
2011/2667/95	Riesenschnauzer	6,0	m	36,0
2011/1588/95	Golden Retriever	2,5	m	33,5
2011/2879/95	Entlebucher Sennenhund	10,0	w	21,5
2011/244/95	Samojede	1,5	m	30,0
2011/5786/94	Zwergpudel	10,5	w	7,5
2011/7880/94	Amerikanischer Cocker spaniel	7,5	m	14,5
2011/2177/91	Entlebucher Sennenhund	9,0	w	21,0
2011/44/95	Golden Retriever	1,5	m	36,0
<b>Gruppe II (ohne Relaxans)</b>				
2011/2076/97	Deutscher Schäferhund	3,0	m	33,0
2011/1312/97	Slovensky Cuvac	8,0	w	41,0
2011/511/97	Mastino Neapolitano	2,0	w	42,0
2011/6294/97	Irish Setter	10,0	m	34,5
2011/5152/96	Deutsch Langhaar	9,5	m	30,0
2011/5234/96	Golden Retriever	1,0	w	24,0
2011/5690/96	Neufundländer	2,0	m	48,0
2011/3856/96	Labrador	1,0	m	31,0
2011/4136/94	Rhodesian Ridgeback	2,0	w	35,0
2011/5403/94	Terriermischling	4,0	w	13,5

**Tabelle 1:** Parameter von Hunden, die einer Kataraktoperation unterzogen wurden (Gruppen I und II)

In den Gruppen III und IV, den Vergleichsgruppen, befanden sich 14 Rassehunde und ein Mischling. Der schwerste Hund wog 46 kg, der leichteste 7 kg. Dies ergab ein Durchschnittsgewicht von 27,5 kg. Der Altersdurchschnitt lag bei 4 Jahren. Der jüngste Hund war 1, der älteste war 9,5 Jahre alt. 6 Tiere waren männlichen und 9 Tiere weiblichen Geschlechts. Keines der Tiere war kastriert. 12 Hunde wurden beiderseits operiert, 2 nur am rechten und 1 am linken Auge.

Klinik-Nr.	Rassen	Alter in Jahren	Geschlechter	Körpermasse in kg
<b>Gruppe III (mit Relaxans, mit Halothan)</b>				
2011/3505/97	Airedale Terrier	1,0	m	25,0
2011/2008/97	Boxer	6,0	m	44,5
2011/1854/97	Rauhhaardackel	1,5	w	7,0
2011/1072/96	Deutscher Schäferhund	3,0	w	40,0
2011/2899/96	Kanadischer Schäferhund	4,5	w	28,0
2011/961/96	Golden Retriever	1,5	m	41,0
2011/6446/95	Airedale Terrier	1,5	w	26,0
2011/7142/96	Kuvacz	8,0	w	46,0
2011/644/96	Eurasier	1,5	w	24,0
<b>Gruppe IV (mit Relaxans, ohne Halothan)</b>				
2011/78/97	Wachtelhund	6,5	w	21,0
2011/4138/96	Schäferhundmischling	2,0	m	27,0
2011/4083/96	Jagdterrier	3,0	m	10,5
2011/3156/96	Boxer	9,5	w	26,5
2011/2411/96	Airedale Terrier	1,0	w	25,5
2011/6676/96	Boxer	7,0	m	33,0

**Tabelle 2:** Vergleichsgruppen, die am äußeren Auge operiert wurden (Distichiasis, Keratektomie) (Gruppen III und IV)

## 5.3 Verwendete Geräte

### 5.3.1 Narkosegerät

Für die Inhalationsnarkose wurde das Narkosegerät Tiberius®19<sup>1</sup> eingesetzt. Das Gerät ist für Narkoseregime nach dem geschlossenen, halbgeschlossenen und halboffenen System geeignet. Die zur Verwendung gekommenen Gase waren Sauerstoff, Lachgas und Halothan.

Die im Zusammenhang mit dem Narkosegerät Tiberius®19 verwendeten Stahlsauerstoffflaschen haben einen Rauminhalt von 11 Litern. Bei einem Fülldruck von 200 bar steht dem Anästhesisten somit ein Sauerstoffvorrat von etwa 2200 Litern zu Verfügung. Die Reserveflaschen enthalten bei gleichem Druck etwa 600 Liter Sauerstoff.

Der Druck in den Flaschen kann am Manometer des Druckminderers abgelesen werden und nimmt bei der Entnahme ständig ab. So kann der in der Flasche verbliebene Sauerstoffvorrat leicht errechnet werden (Produkt aus abgelesenem Druckwert und Flaschenvolumen).

Lachgas verflüssigt sich im Gegensatz zu Sauerstoff schon bei Raumtemperatur unter hohem Druck und verdampft bei abnehmendem Druck. Der in einer Stahllachgasflasche herrschende Druck ist abhängig von der Temperatur: je höher die Temperatur, desto höher der Druck. Bei einem Rauminhalt von 11 Litern enthält eine Lachgasflasche etwa 8 kg flüssiges Lachgas, eine Drei-Liter-Flasche enthält etwa 2,25 kg flüssiges Lachgas. Aus 1 kg flüssigem Lachgas entstehen beim Verdampfen rund 500 Liter gasförmiges Lachgas. Der in der Flasche befindliche Gasvorrat lässt sich nicht über das Manometer an der Flasche errechnen, denn bei der Gasentnahme verdampft kontinuierlich flüssiges Lachgas. Der Flüssigkeitspegel sinkt ab, während der Druck des sich darüber befindlichen Gases konstant bleibt, bis das gesamte flüssige Lachgas verdampft ist. Erst danach sinkt der ablesbare Druck bei weiterer Gasentnahme

---

<sup>1</sup> Tiberius® 19, Drägerwerk AG, Lübeck

rasch ab. Wenn der Druck auf etwa 10 bar abgesunken ist, muss die Flasche gegen eine neue ausgetauscht werden.

### **5.3.2 Beatmungsgerät**

Zum Beatmen der Patienten wurde ein Pulmomat<sup>®</sup> 19.1<sup>2</sup> verwendet. Es handelt sich dabei um ein zeitgesteuertes, pneumatisch betriebenes Zusatzgerät, das an jeden handelsüblichen Narkoseapparat angeschlossen werden kann. Mit dem Pulmomat<sup>®</sup> ist die kontrollierte und assistierte Narkosebeatmung im halbgeschlossenen System möglich. Die Beatmungswerte sind variabel und unabhängig voneinander einstellbar. Der Übergang von der kontrollierten zur assistierten Beatmung und umgekehrt ist einfach auszuführen. Schnelles Umschalten von automatischer auf manuelle Beatmung und umgekehrt ist genau so möglich wie von automatischer Beatmung auf Spontanatmung und umgekehrt (Bedienungsanleitung Dräger).

Die kontrollierte Beatmung ist indiziert, wenn der Patient den CO<sub>2</sub>-Partialdruck nicht selbst regulieren kann, eine Hypokapnie erzeugt werden soll und/oder ohne Beatmung keine ausreichende Sauerstoffversorgung erreicht wird. Außerdem muss kontrolliert beatmet werden, wenn der Patient nicht in der Lage ist, selbst zu atmen, etwa nach der Gabe peripherer Muskelrelaxanzien. Das physiologische Atemminutenvolumen liegt bei 150 bis 250 Milliliter pro Kilogramm KM (ml/kg KM). Werte unter 100 ml/kg KM werden als Hypoventilation bezeichnet und rechtfertigen die kontrollierte Beatmung. Der physiologische arterielle CO<sub>2</sub>-Partialdruck liegt bei 35 bis 45 mmHg. Bei einem CO<sub>2</sub>-Partialdruck von mehr als 60 mmHg liegt eine massive Hypoventilation vor, die nach kontrollierter Beatmung verlangt (Haskins und Haberstroh 1992).

---

<sup>2</sup> Pulmomat<sup>®</sup>, Drägerwerk AG, Lübeck

### 5.3.3 Narkoseüberwachungsgerät

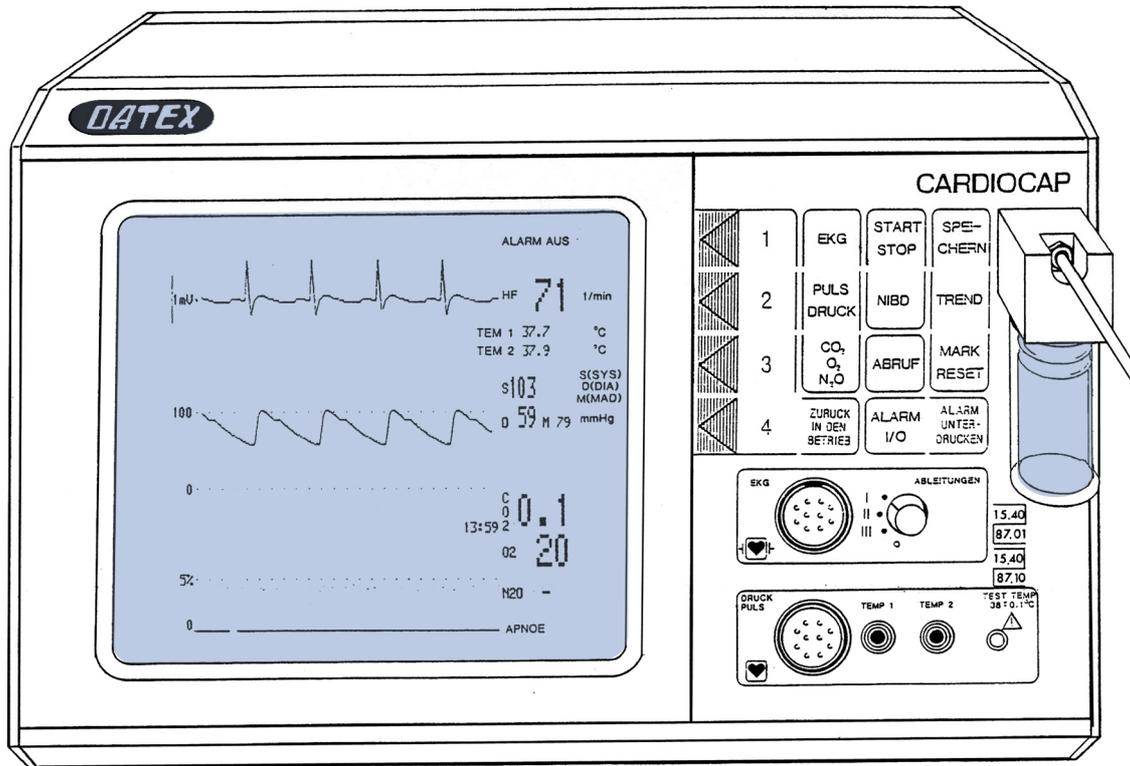
Die Narkoseüberwachung erfolgte mit einem Cardiocap<sup>TM</sup> Modell CC-104<sup>3</sup> (**Abbildung 13**). Der Cardiocap<sup>TM</sup> ist ein Patientenmonitor der im OP, aber auch auf Intensivstationen und Pflegestationen zur Anwendung kommt.

#### 5.3.3.1 Funktionsweise des Cardiocap<sup>TM</sup>

Auf dem Monitor des Cardiocap<sup>TM</sup> wird eine Kombination der wichtigsten Kreislauf- und Atmungsparameter dargestellt. Die Ermittlung der Parameter erfolgt prinzipiell auf noninvasivem Weg; die Blutdruckmessung kann jedoch auch invasiv erfolgen. Ein Multifunktionsinterface ermöglicht die Dokumentation und Verarbeitung von Daten mit einem handelsüblichen Personal Computer sowie den direkten Anschluss an einen grafischen Trenddrucker.

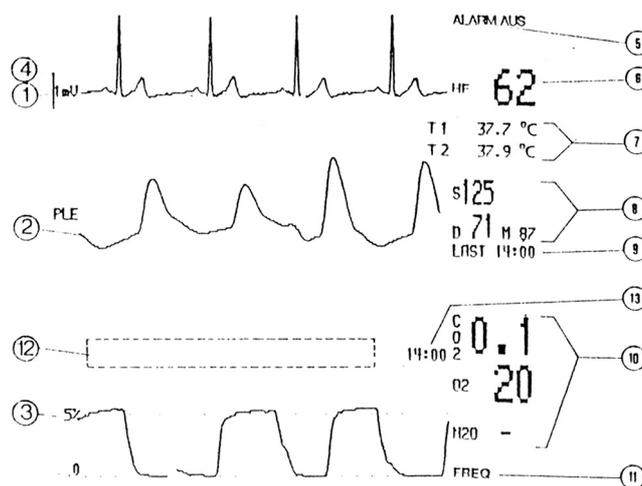
---

<sup>3</sup> Cardiocap<sup>TM</sup>, Datex<sup>®</sup>, Bremen



**Abbildung 13:** Cardiocap™ Patientenmonitor (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex®)

Der Bildschirm zeigt neben zehn numerischen Werten drei Kurven, denen in **Abbildung 14** die Bezugszeichen ① bis ③ zugeordnet sind.



**Abbildung 14:** Bildschirmanzeige Cardiocap™ (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex®)

1. Kanal ①: EKG-Kurve
2. Kanal ②: Puls- oder invasive Blutdruck-Kurve
3. Kanal ③: Gasüberwachungskanal, der entweder ein Kapnogramm oder eine O<sub>2</sub>-Kurve zeigt (Bedienungsanleitung Datex®)

Der Cardiocap™ nimmt kontinuierlich über den Atemwegadapter Gasproben (150 ml/min) aus dem Atemgas des Patienten. Die CO<sub>2</sub>-, O<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Konzentrationen werden Atemzug für Atemzug gemessen und in Feld ⑩ des Bildschirmes angezeigt. Die Atemfrequenz wird aus dem vom Patienten zyklisch ausgeatmeten CO<sub>2</sub> errechnet. Sie kann von 4 bis 60 Atemzügen pro Minute variieren. Ein "Atemzug" ist definiert als eine Abweichung in der CO<sub>2</sub>-Kurve, die größer ist als 1%.

Der numerische CO<sub>2</sub>-Wert gibt die CO<sub>2</sub>-Spitzenwert-Konzentration an, die O<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Werte beziehen sich auf die inspiratorischen Gaskonzentrationen.

Die Skala für die O<sub>2</sub>-Kurve (Kanal ③) wird so verstärkt, dass der gesamte sichtbare Bereich (Vollausschlag) 9% O<sub>2</sub> beträgt. Das maximale inspiratorische Sauerstoff-Niveau liegt 1% unterhalb dieser Obergrenze der Skala, so dass 8% die maximale inspiratorisch-expiratorische Differenz auf dem Bildschirm darstellen. Die 5% Differenz-Bezugslinie von inspiratorischem O<sub>2</sub> ist mit "5 %" gekennzeichnet.

Während der physiologischen Atmung beziehen sich die angezeigten O<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Werte stets auf die inspiratorischen (= maximalen) Konzentrationen. Nur in Sonderfällen werden die expiratorischen Konzentrationen angezeigt.

Zur Durchführung des Nullabgleichs kann ein CO<sub>2</sub>-Absorber verwendet werden, falls eine absolute CO<sub>2</sub>-Nulleinstellung gewünscht wird. Für den praktischen Gebrauch gilt die Annahme, dass Raumluft 0,05% CO<sub>2</sub> enthält und somit einen ausreichend guten CO<sub>2</sub>-Nullabgleich ergibt (Bedienungsanleitung Datex®).

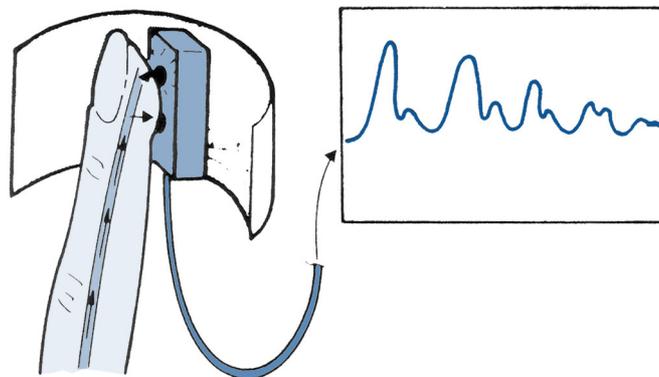
### **5.3.3.2 Elektrokardiogramm (EKG)**

Der EKG-Kanal arbeitet mit der Durchlaufgeschwindigkeit von 12,5 oder 25 mm/sec und unterliegt der Abweichung von ±10%. Er misst die Herzfrequenz im Bereich von 30 bis 250 Schlägen pro Minute mit einer Genauigkeit von ±1%. Die Eingangsimpedanz beträgt über 2,5-MΩ/10Hz, der Patientenableitstrom liegt unter 0,2 Mikroampère, der Verstärkungsbereich beträgt 0,2 bis 4,0 mV/cm und die Bandbreite 0,5 bis 30 Hz (-3dB).

Die Herzfrequenz wird primär aus der EKG-Kurve errechnet, diese Berechnung kann aber auch manuell auf die plethysmographische Pulskurve umgestellt werden (Bedienungsanleitung Datex®).

### 5.3.3.3 Plethysmographischer Puls (Fingerpuls)

Zur Messung der peripheren Pulskurvenform wurde ein optischer Pulssensor mit Infrarot-Lichtquelle und Detektor verwendet. Der Sensor wird mit einer abnehmbaren Sensormanschette (Velcro-Strip) am Finger (**Abbildung 15**) – beim Tier mit einer Klammer an der Zunge – des Patienten befestigt. Um möglichst genaue Resultate zu erzielen, sollte der Sensor mit leichtem Druck anliegen, jedoch nicht zu fest, damit die Zirkulation nicht beeinträchtigt wird. Der optische Sender projiziert Infrarotlicht in die großen Arteriolen. Ein Teil des Lichtes wird vom Gewebe absorbiert. Da der Lichtabsorptionskoeffizient von Blut höher ist als der des Umgebungsgewebes, bewirkt das Ansteigen der Blutmenge infolge der Pulswelle die Abnahme der ermittelten Gesamtlichtmenge. Der Photodetektor nimmt das aus der Haut kommende Licht auf. Die periphere Zirkulation wird durch den Photodetektor optisch analysiert, verarbeitet und als peripherer Puls in Kurvenform dargestellt.



**Abbildung 15:** Messung der peripheren Pulskurvenform mit optischem Pulssensor am Beispiel eines menschlichen Fingers (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex®)

Der Plethysmographie-Kanal besitzt einen Verstärker, dessen Bandbreite 0,8 bis 15 Hertz (-3dB) beträgt. Der Cardiotach™ hat einen Messbereich von 30 bis 250 Schlägen pro Minute, bei einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$  (Bedienungsanleitung Datex®).

#### **5.3.3.4 Noninvasive Blutdruckmessung**

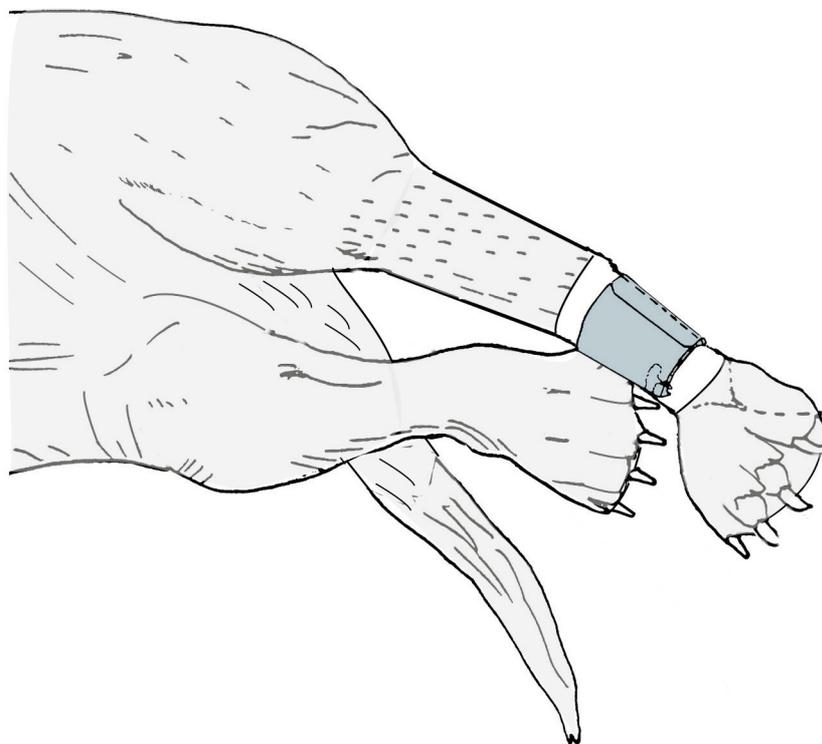
Für wissenschaftliche Untersuchungen wird der Blutdruck meist direkt im Gefäßsystem bestimmt (Erhardt und Henke 1996). Im Klinikbetrieb ist jedoch eine indirekte Methode vorzuziehen, da die direkte Methode neben dem apparativen Aufwand folgende Nachteile hat (Guillebeau 1979, Sander et al. 1996):

1. Chirurgische Präparation oder perkutane Punktion eines Gefäßes mit Infektionsgefahr,
2. Gefahr von Hämatomen, Thrombose und Verschluss der Arterie sowie Embolien,
3. zeitweiliges erhebliches Abweichen des Blutdrucks von den unter Ruhebedingungen gemessenen Werten durch den Eingriff,
4. Notwendiger Gebrauch von Antikoagulantien.

Bei den eigenen Untersuchungen erfolgte die Messung des Blutdrucks bei Hunden aller Gruppen auf indirektem Weg (noninvasiv), mit unterschiedlichen, der Hundegröße angepassten Manschetten. Um genauere Ergebnisse zu erzielen, wurde bei den zur Operation seitlich gelagerten Hunden das jeweils oben liegende Hinterbein auf Höhe der Metatarsalia geschoren. Dieses Hinterbein wurde deshalb für die Blutdruckmessung herangezogen, weil so das Operationsfeld am Kopf des Tieres nicht beeinträchtigt war. Im Hinblick auf die Lokalisation der Manschette gibt es in der Literatur unterschiedliche Auffassungen. So fanden Sawyer et al. (1991) keine signifikanten Unterschiede zwischen der Messung am Metatarsus oder Metakarpus, während Geddes et al. (1980) ihre Messungen ausschließlich am Metakarpus vornahmen. Bei narkotisierten Hunden ergeben Manschetten, die am Schwanz angebracht werden, die beste Übereinstimmung zur blutigen Methode, vor allem bei den systolischen Werten.

Am Hinterbein angebrachte Manschetten liegen an zweiter Stelle (Bodey et al 1994). Messungen am Schwanz der Tiere schieden bei den eigenen Untersuchungen aber aus, da einzelne Hunde kupiert waren.

Nach dem Scheren wurde der Puls manuell gesucht und die Manschette entsprechend dem Umfang des Hinterbeins ausgewählt. Danach wurde die Manschette mit den Anschlüssen nach dorsal angelegt und zusätzlich mit Klebeband gesichert (**Abbildung 16**). Nach Möglichkeit wurde sie nach dem ersten erfolgreichen Messvorgang nicht mehr versetzt.

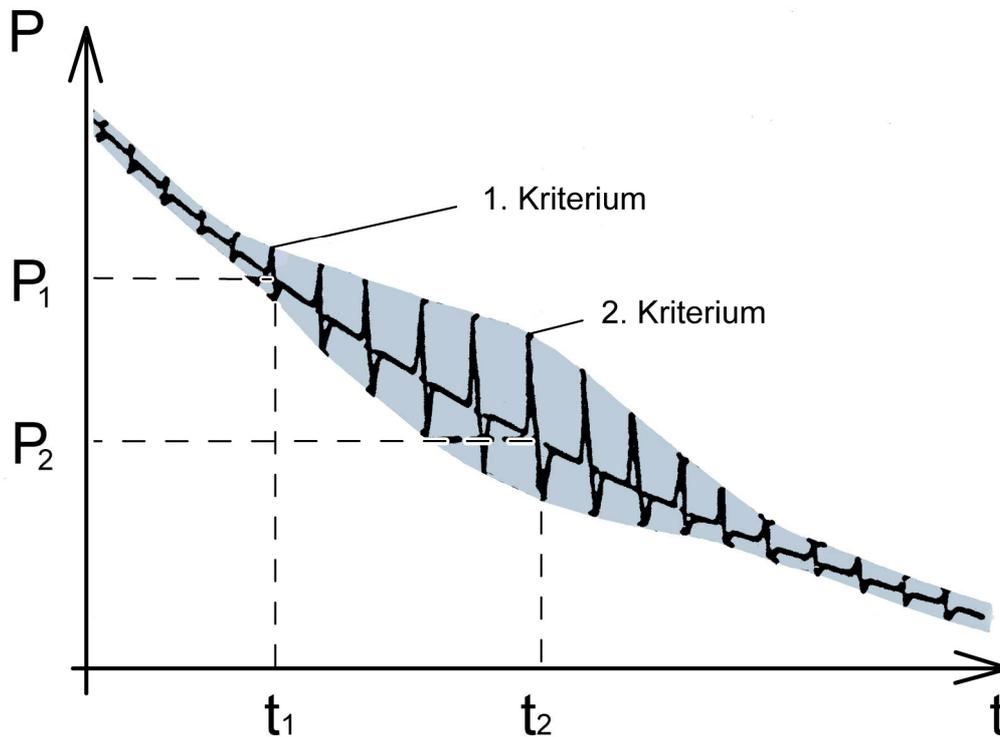


**Abbildung 16:** Anlegen der Blutdruckmanschette (nach Guillebeau 1979)

Der eigentliche Blutdruckmessvorgang erfolgte mit dem in den Cardiocap<sup>TM</sup> eingebauten, noninvasiven Blutdruckmonitor, der nach der oszillometrischen Methode arbeitet. Er registriert die Druckoszillationen innerhalb der Manschette während des langsamen automatisch gesteuerten Druckablassens und ermittelt den systolischen, mittleren und diastolischen arteriellen Druck in einstellbaren

Zeitabständen. Das Ergebnis wird digital als Zahlenwert im mittleren Teil der für die Ziffernausgabe vorgesehenen Bildschirmfläche angezeigt und kann als Zahlenkolonne auf einem grafischen Trenddrucker ausgegeben werden. Dem Verfahren liegt die Beobachtung zugrunde, dass der Zeiger eines Manometers beim Absinken des Manschettendruckes Oszillationen ausführt, die zunächst sehr klein sind, dann bis zu einem Maximum zunehmen und sich schließlich wieder verkleinern. Diese Schwingungen können mechanisch vergrößert oder nach elektronischer Verstärkung an den Zeigerausschlägen eines Milliampèremeters abgelesen oder grafisch registriert werden.

Die Oszillationen entstehen durch die veränderten Strömungsverhältnisse des Blutes unter der Manschette. Solange der Manschettendruck höher ist als der systolische Blutdruck, sind die unter der Manschette befindlichen Gefäße verschlossen. Die Pulswelle wird am proximalen Rand der Manschette reflektiert und das Aufschlagen der Pulswelle bewirkt minimale Schwingungen der Luftsäule in der Manschette. Unterschreitet der Manschettendruck den systolischen Blutdruck, so öffnen sich die Gefäße kurzzeitig während der Systole und die Pulswelle läuft unter der Manschette hindurch. Bei weiter nachlassendem Manschettendruck dringt die Pulswelle allmählich tiefer unter die Manschette vor, bis sie den Manschettendruck überwindet und die ganze Manschette durchdringt. Nun werden die Oszillationen allmählich höher, weil größere Blutmengen passieren. Am Punkt höher werdender Oszillationen wird der systolische Blutdruck gemessen; dies entspricht dem 1. Kriterium in **Abbildung 17**. Noch später befindet sich die Manschette im Schwingungsoptimum, die Oszillationen sind nun am höchsten. An diesem Punkt wird der mittlere Blutdruck gemessen (2. Kriterium in **Abbildung 17**). Danach wird die Manschette schlaffer, die Verbindung zwischen Manschette und Messarterie lässt nach und die Oszillationen nehmen wieder ab. Am Punkt niedrig bleibender Oszillationen wird der diastolische Blutdruck gemessen (Werner 1972, Guillebeau 1979).



**Abbildung 17:** Oszillationen der Blutströmung unter der Blutdruckmanschette. Dargestellt ist der Druckverlauf als Funktion der Zeit bei kontinuierlich nachlassendem Manschettendruck (nach Werner 1980)

Die Mess-Intervallzeit beträgt in der Grundeinstellung der Betriebsart „Automatik“ fünf Minuten. Sind kürzere Zeitabstände für ein automatisches Intervall eingestellt (1,2 oder 3 Minuten), so wird die Intervallzeit nach 10 Minuten automatisch wieder auf 5 Minuten zurückgesetzt.

Während des ersten Messversuches wird die Manschette bis auf 190 mmHg aufgepumpt. Beträgt der systolische Druck mehr als 170 mmHg, wird erneut aufgepumpt, da der Aufpumpdruck mindestens 20 mmHg höher sein muss als der systolische Druck.

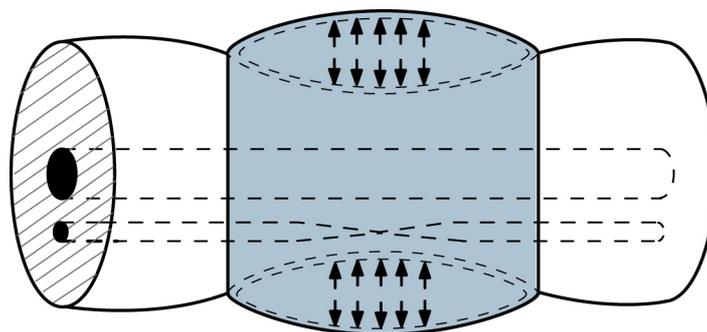
Es erscheint dann die Nachricht am Monitor: **MAN.DR.GERING** (Manschettendruck gering). Der Aufpumpdruck steigt, falls notwendig, bis auf 280 mmHg an. Das noninvasive Blutdruck-Messsystem (NIBD-System) besitzt eine Sicherheitseinrichtung, die Überdruck oder verlängertes Aufpumpen der Manschette verhindert. Der maximale Aufpumpdruck wird automatisch auf 280 mmHg be-

grenzt. Zur Erhöhung der Redundanz ist zusätzlich ein mechanisches Sicherheitsventil vorhanden, das bei einem Manschettendruck von 330 mmHg anspricht.

Der Messbereich beträgt bei einer akzeptierten Herzfrequenz von 30 bis 200 Schlägen pro Minute 35 bis 255 mmHg. Die Messdauer liegt bei 30 Sekunden, dabei nimmt die Ablassrate 4 mmHg/s und die Aufpumprate (20 bis 100 mmHg) 25 mmHg/s ein.

Der Transducer arbeitet mit einer Genauigkeit von mehr als  $\pm 3$  mmHg (Bedienungsanleitung Datex<sup>®</sup>). Aus der Literatur ist bekannt, dass bei der oszillometrischen Blutdruckmessung Messwertfehler im Bereich von 30 bis 40% möglich sind (Lee et al. 2002). Aus diesem Grund wurden bei den eigenen Untersuchungen vor allem die Trends und zeitlichen Verläufe der Blutdruckmesswerte verglichen und kein Schwerpunkt auf absolute Werte gelegt. Um weitere Fehlerquellen auszuschließen, wurde stets unter gleichen Bedingungen mit dieser Methode gemessen.

Wichtig für die Genauigkeit der Blutdruckmessung ist die Breite der Manschette, die, wie bereits erwähnt, der Hundegröße angepasst werden muss. Dies ist wegen der durch die Manschette verursachten Weichteilverdrängung nötig.

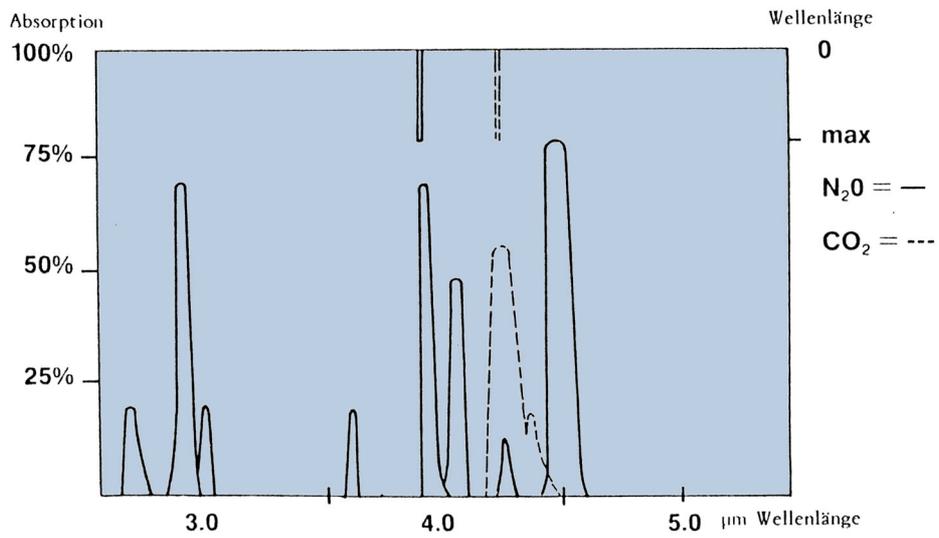


**Abbildung 18:** Die Weichteilverdrängung der Blutdruckmanschette (nach Werner 1972)

**Abbildung 18** zeigt schematisch diese Weichteilverdrängung. Die Manschette verursacht, wenn sie aufgepumpt ist, eine Verjüngung des Querschnitts am Messglied. Die Randzonen der Manschette drängen weiches Gewebe und Flüssigkeit nach proximal und distal unter der Manschette heraus. Diese Manschettenteile und ihre Druckarbeit gehen für den eigentlichen Messvorgang, bei dem Druck auf die tiefliegende Arterie aufgebracht werden muss, verloren. Eine Manschette ist zu schmal, wenn sie nur aus weichteilverdrängenden Abschnitten besteht. Um die in der Tiefe liegende Arterie zu komprimieren, muss eine zu schmale Manschette auf einen Wert oberhalb des systolischen Blutdrucks aufgepumpt sein. Dadurch gibt sie den Wert für den systolischen Druck zu hoch an. Je mehr Weichteile vorhanden sind oder je größer der Umfang des Messgliedes ist, desto breiter muss die Manschette sein (Werner 1972). Vereinfacht gilt: eine zu schmale Manschette gibt die Werte zu hoch an, während eine zu breite Manschette sie zu niedrig anzeigt. Daher muss die Manschettenbreite ein bestimmtes Verhältnis zum Umfang des Messgliedes haben (Werner 1980). Als Faustregel gilt Kirschsiepers Verhältnis von Manschettenbreite zu Gliedumfang entsprechend 1:2 bis 1:2,5 und Fruchts Regel, wonach die Manschette etwas breiter sein muss als der Durchmesser des Messgliedes, oder Bordleys Regel, dass die Manschette um ein Fünftel breiter sein soll als der Glieddurchmesser (Werner 1972). Geddes et al. (1980), Sawyer et al. (1991) und Sander et al. (1996) geben als optimale Manschettenbreite 40 bis 60% des Umfanges der Hintergliedmaße des betreffenden Hundes an. Bei den eigenen Untersuchungen wurde stets eine Manschettenbreite von 40% des Gliedmaßenumfanges angestrebt. Bezüglich des Durchmessers der Manschette folgt aus der Literatur und aus eigenen Untersuchungen, dass dieser etwa 20% größer sein sollte als der Durchmesser der Hintergliedmaße. Verwendet wurden bei eigenen Untersuchungen Manschetten vom Typ "Neonatal Disposa-Cufs<sup>TM</sup>" (Fa. Critikon) in verschiedenen Größen (1-5).

### 5.3.3.5 Messung von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O

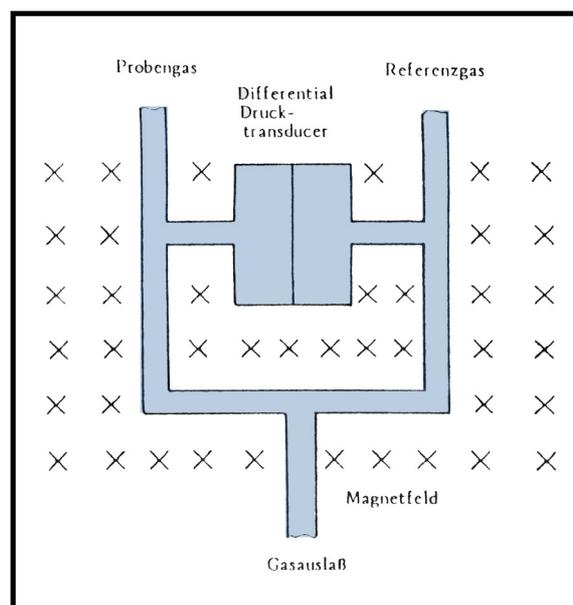
Die Messung von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O mit dem Cardiocap<sup>™</sup> basiert auf der Infrarotlicht-Absorptionstechnik (**Abbildung 19**). Die Gasproben werden mit einem Flow von 150 ml/min von einer Pumpe in die Messkammer gefördert. Dort absorbieren die zu analysierenden Gase bestimmte Wellenlängen eines infraroten Lichtstrahls partiell. Der aus der Messkammer wieder austretende Infrarotlichtstrahl trifft auf einen Infrarotfilter, der sämtliche Bandbreiten herausfiltert, mit Ausnahme der Absorptionsbandbreiten von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O. In einem Infrarot-Detektor wird diese gefilterte Strahlung in ein elektrisches Signal umgewandelt. Das absorbierte Licht wird in zwei Wellenlängen gemessen: die CO<sub>2</sub>-Absorption bei 4,3 µm und N<sub>2</sub>O bei 3,9 µm. Für die CO<sub>2</sub> -, O<sub>2</sub> - und N<sub>2</sub>O-Kanäle besteht eine automatische Kompensation im Druckbereich von ±50 mmHg. Zusätzlich zur Messkammer ist eine mit Luft gefüllte Referenz-Messkammer installiert. Der Detektor ermittelt das Verhältnis des Messwertes zur Infrarotstrahlung aus der Referenz-Kammer. Dieser Wert stellt den Gasanteil von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O in der Gasprobe dar. Die Infrarot-Absorptionsmessung erfolgt so schnell, dass die Ansprechzeit nur von der Strömungsgeschwindigkeit und dem Strömungsweg abhängt. Aus diesem Grund sind die Volumina und Querschnitte der Messkammer und der Schläuche so klein wie möglich gehalten (Bedienungsanleitung Datex<sup>®</sup>).



**Abbildung 19:** Infrarotlicht-Absorptionstechnik zur Messung von CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex®)

### 5.3.3.6 Messung von O<sub>2</sub>

Die Sauerstoffmessung basiert auf der besonderen paramagnetischen Eigenschaft von Sauerstoffmolekülen im Vergleich zu anderen Gasmolekülen. Bei diesem Messprinzip werden Probengas und Referenzgas (Raumluft) durch je eine getrennte Öffnung in Strömungskanäle geleitet, die von einem elektromagnetischen Feld durchflutet werden (**Abbildung 20**). Dieses Feld wird schnell ein- und ausgeschaltet. Zwischen den beiden Strömungskanälen wird aufgrund von Kräften, die auf die Sauerstoffmoleküle im magnetischen Feld wirken, eine Druckdifferenz erzeugt. Diese wird über einen Differenzdruck-Transducer gemessen, wobei ein Gleichstromsignal proportional zum Sauerstoff-Partialdruck im Probengas erzeugt wird (Bedienungsanleitung Datex®).



**Abbildung 20:** Funktionsprinzip der Sauerstoffmessung (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex®)

#### 5.3.4 Tonopen™ II

Für die eigenen Untersuchungen wurde für die Messung der Augeninnendruckwerte der Tonopen™ II<sup>4</sup> (**Abbildung 21**) eingesetzt. Dieses Gerät hat die Form eines Schreibstiftes, ist ca. 18 cm lang und an der breitesten Stelle 2 cm breit. Betrieben wird der Tonopen™ II mit vier 3 Volt Kleinstbatterien vom Typ „Mentor Ocu-Cel™ XL. Er wiegt mit Batterien rund 60 Gramm und ist spaltlampen- und lageunabhängig.

Der Tonopen™ II war das Tonometer der Wahl, da er einfach in der Handhabung und dabei sehr zuverlässig ist. Ein weiterer Vorteil des Tonopens™ II ist seine kleine Messspitze. Diese ermöglicht auch die Messung auf Hornhaut mit partiellen Veränderungen, da gezielt auf dem intakten Hornhautbezirk gemessen werden kann.

In verschiedenen wissenschaftlichen Veröffentlichungen wird belegt, dass das Gerät am Hundeauge verlässliche Messergebnisse liefert. So zeigt der Tonopen™ II z.B. eine hohe Korrelation mit Messwerten, die mit dem Goldmann-Tonometer erzielt wurden, auch wenn nicht unerwähnt bleiben darf, dass der Tonopen™ II bei Augeninnendruckwerten von mehr als 30 mmHg dazu tendiert, die Werte zu niedrig anzuzeigen und bei niedrigen Druckwerten ( $\leq 9$  mmHg) die Werte etwas zu hoch anzeigt (Hessemer et al. 1988, Kao et al. 1987, Minckler et al. 1987; Hessemer, Rössler und Jakobi 1988, Neumann et al. 1989).

Der Tonopen™ II basiert auf dem gleichen Messprinzip wie der Mackay-Marg-Tonometer (Kap. 4.2.4). Im Vergleich der Messgenauigkeit dieser beiden Tonometer sind keine signifikanten Unterschiede nachweisbar (Miller et al. 1991, Dziezyc et al. 1992). Dies gilt auch bei Unregelmäßigkeiten in der Kornea nach Verletzungen oder operativen Eingriffen (Rootman et al. 1988).

---

<sup>4</sup> Tonopen™ II, Oculab, Glendale/Kalifornien, USA

Die Spitze des Tonopens<sup>TM</sup> II enthält den beweglich gelagerten, zentralen Stempel (Durchmesser 1,02 mm), der die umgebende Fußplatte (Durchmesser 3,22 mm) um 5 µm überragt. Bei Hornhautberührung werden die Stempelbewegungen in Bezug auf die Fußplatte als Spannungsänderungen registriert und ausgewertet. Durch die Stempelbewegungen wird eine für Tonometer vom Mackay-Marg-Typ charakteristische Spannungsänderung erzeugt. Diese Kurve ( $U = f(t)$ ) zeigt einen typischen, steilen Anstieg von der Basislinie bis zu einem Maximum und einem sich anschließenden Minimum, danach einen zweiten Anstieg. Beim Zurückziehen des Instruments von der Hornhaut entsteht meist ein spiegelbildlicher Kurvenverlauf. Der Abstand von der Basislinie zum vorgeannten Minimum ist schließlich ein Maß für den Augeninnendruck. Beim Tonopen<sup>TM</sup> II wird die Spannungsänderung digitalisiert, gespeichert und durch einen Mikroprozessor nach den o.g. Kriterien ausgewertet.

Für die Messung wird die Tonopen<sup>TM</sup> II - Spitze mit der hierfür vorgesehenen frischen Einmal-Latexhülle (Ocu-Film<sup>TM</sup>) versehen. Die Messbereitschaft wird durch einen Ton signalisiert, der beim Drücken einer Funktionstaste ertönt. Die Spitze muss genau senkrecht auf die zuvor anästhesierte Hornhaut aufgesetzt werden. Das Gerät wird dazu wie ein Füllfederhalter gehalten, ein Finger des Untersuchers wird am Patienten abgestützt. Die akzeptable Einzelmessung wird durch kurzes Klicken signalisiert, der Abschluss der gültigen Mess-Serie von vier Messungen durch einen erneuten Ton. Die Einzelmessungen werden gemittelt und der mittlere Druckwert wird digital in mmHg auf einem LCD-Display angezeigt. Als Maß für die Zuverlässigkeit wird außerdem ein Koeffizient (5%, 10%, 20% oder >20%) angezeigt, der die Varianz der einzelnen Messungen angibt. Der Hersteller empfiehlt, nur Messergebnisse mit einem Varianzkoeffizienten <10% heranzuziehen. Die Anzeige auf dem Gerätedisplay erlischt nach 20 Sekunden (Hessemer, Rössler und Jakobi 1988).



**Abbildung 21:** Der Tonopen<sup>™</sup> II (Produktmonographie der Firma Mentor<sup>®</sup>)

Bei der Tonometrie ist generell zu beachten, dass die Messungen durch verschiedene Störfaktoren beeinflusst werden können. Dies sind z.B. sich ändernde technische Parameter verschiedener Geräte, Erregung oder Entspannung des untersuchten Tieres und seine Körperlage. Hinzu kommen phasische Schwankungen des Augeninnendrucks (pulsbedingt, atembedingt und bedingt durch Tagesschwankungen). Die gemessenen Werte können sich daher innerhalb von Minuten verändern. Hinzu kommen Handhabungsfehler. Bei den eigenen Untersuchungen wurde daher stets dasselbe Instrument verwendet, die Messung durch immer dieselbe Person durchgeführt und auf eine möglichst gleichartige Lagerung der Patienten geachtet.

## 5.4 Durchführung der Untersuchungen

### 5.4.1 Patientendaten

Vor der Untersuchung wurden im Rahmen der Anamnese von den Hunden folgende Patientendaten ermittelt und dokumentiert:

1. Rasse: Die Rassenzugehörigkeit eines Hundes wurde nach Angaben des Besitzers und durch eine Überprüfung des Exterieurs bestimmt. Bei Mischlingen mehrerer Rassen wurden bekannte Elterntiere berücksichtigt.
2. Alter: Das Alter der Hunde wurde anhand ihrer Geburtsdaten errechnet. Es handelte sich nur um ausgewachsene Tiere.
3. Körpermasse: Die Ermittlung des Gewichts erfolgte immer auf derselben Tierwaage. Dabei wurden die Tiere auf die ein Meter mal ein Meter große Wägeplattform gesetzt und der Zeigerausschlag abgelesen. Bei allen Wägevorgängen wurde auf ganze und halbe Kilogramm abgerundet.
4. Geschlecht: Die Geschlechtereinteilung erfolgte nach Angaben des Besitzers, genauso wie die Einteilung in kastrierte und nicht kastrierte Tiere. Durch eine klinische Untersuchung wurden die Angaben überprüft.

Die Verteilung der Hunde, die einer Kataraktoperation unterzogen wurden, erfolgte nach dem Zufallsprinzip auf zwei Gruppen.

Gruppe I: Kataraktoperation unter Narkoseregime mit Muskelrelaxation

Gruppe II: Kataraktoperation unter Narkoseregime ohne Muskelrelaxation.

Diese Gruppenunterteilung erfolgte, um die Auswirkungen des Muskelrelaxans auf den Augeninnendruck und die Operationsbedingungen beurteilen zu können.

Zusätzlich zu den vorgenannten Gruppen I und II wurden nach dem gleichen Prinzip die beiden Vergleichsgruppen III und IV definiert. Hierbei handelte es sich im Gegensatz zu den Hunden aus den Gruppe I und II um Patienten, bei denen kein intraokularer Eingriff vorgenommen wurden. Die Hunde der Gruppen III und IV wurden einer Distichiasisoperation und in einem Fall einer Keratektomie unterzogen. Bei allen Hunden der Vergleichsgruppen wurden Narkosen mit Muskelrelaxation durchgeführt. Bei Hunden der Gruppe IV wurde im Gegensatz zu den Hunden aller anderen Gruppen kein Halothan eingesetzt.

### 5.4.2 Operationsablauf

Nachfolgend wird der Operationsablauf für Hunde *aller Gruppen* als Abfolge von Arbeitsschritten in chronologischer Reihenfolge beschrieben. Wegen der unterschiedlichen operativen Eingriffe bei den Hunden der Gruppen I und II gegenüber der Gruppen III und IV gelten einige Beschreibungen jedoch nur für die Hunde von bestimmten Gruppen; der genaue Bezug jeder Gruppe zur Operationsbeschreibung ist in der Überschrift vor jedem Arbeitsschritt angegeben. **Tabelle 3** am Ende dieses Kapitels zeigt noch einmal in der Übersicht, welche Narkotika und Narkoseadjuvantien den Hunden der einzelnen Gruppen appliziert wurden.

#### Gruppen I, II, III und IV

Bei allen Hunden wurde vor der Operation, während der klinischen Untersuchung der Augen, zuerst der Augeninnendruck beider Augen unter lokaler Anästhesie mit Proxymethacainhydrochlorid<sup>5</sup> mit einem Tonopen<sup>TM</sup> II gemessen. Später erfolgten weitere Messungen zu verschiedenen, durch den Operationsablauf festgelegten Zeitpunkten. Diese Messungen erfolgten immer durch dieselbe Person, um Einflüsse auf das Ergebnis durch die möglicherweise unterschiedliche Handhabung des Tonopens<sup>TM</sup> II auszuschließen.

Die Operationen fanden immer morgens zwischen 8 Uhr und 10 Uhr statt. Allen Hunden wurde zunächst ein venöser Zugang in die Vena cephalica antebrachii am rechten Bein gelegt. Über diesen Zugang erhielten sie zur Narkoseeinleitung 0,75 mg/kg KM  $\mu$ -Methadon<sup>6</sup> und 0,5 mg/kg KM Diazepam<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Chibro-Kerakain<sup>®</sup>, Chibret, München

<sup>6</sup>  $\mu$ -Polamivet<sup>®</sup> ad us. vet., Hoechst Veterinär GmbH, Unterschleißheim

<sup>7</sup> Diazepam ratiopharm<sup>®</sup> 10 Injektionslösung, ratiopharm GmbH & Co, Ulm

Je nach erreichter Narkosetiefe erhielten die Hunde anschließend im Durchschnitt 1,63 mg/kg KM Ketamin<sup>8</sup> und 0,16 mg/ kg KM Xylazin<sup>9</sup>, um die intratracheale Intubation zu ermöglichen. Die vorgenannten Narkotika lagen in solchen Konzentrationen vor, dass sie in einer Mischspritze im Verhältnis zwei zu eins verabreicht werden konnten.

Jeweils vor und nach der Intubation wurde erneut der Augeninnendruck gemessen.

Hunde, bei denen die Operation einseitig erfolgte (Gruppen I und II), konnten für die Intubation auf die nicht zu operierende Seite gelegt werden. Vor der Intubation erfolgte die Behandlung mit einem Sprühstoß Lidocainspray<sup>10</sup>. Dieser Sprühstoß enthält etwa 10 mg Xylocain<sup>®</sup>. Die Intubation erfolgte mit einem auf die Größe des Tieres abgestimmten Endotrachealtubus. Durch den Einsatz von Spiraltuben wurde das Kollabieren der Tuben auch bei abgewinkelter Lagerung des Halses verhindert.

### **Gruppen I und II**

Anschließend erfolgte die Kontrolle der Netzhautfunktion durch eine Elektrophysiologische Untersuchung (Elektroretinogramm).

Das Prinzip des Elektroretinogramms (ERG) beruht darauf, dass die Retina wie alle Nervengewebe elektrische Potenziale erzeugt. Diese können mit Hilfe von Spezialelektroden von der Kornea abgeleitet und registriert werden, nachdem ein Lichtstrahl ins Auge geleitet wurde. Diese retinale Reaktion wird am Monitor abgelesen. So kann die Leistungsfähigkeit der Retina auch dann beurteilt werden, wenn eine ophthalmoskopische Untersuchung z.B. infolge Katarakt, Glaskörperverdichtung, Eiter- oder Blutansammlung in der vorderen Augenkammer nicht möglich ist. Das gewonnene ERG ist eine diagnostische Bereicherung und der wesentliche Gradmesser für die Funktionsfähigkeit der Retina. Durch das

---

<sup>8</sup> Ketamin 10%, Mallinckrodt Vet GmbH, Burgwedel

<sup>9</sup> Rompun<sup>®</sup> 2%, Bayer AG, Leverkusen

<sup>10</sup> Xylocain<sup>®</sup> Pumpspray, Astra Chemicals GmbH, Wedel

ERG kann eine Indikation zur Kataraktoperation erkannt werden (Faulborn und Berg 1981).

Beim Lagern der Hunde auf dem OP-Tisch wurde der Kopf der Tiere so gedreht und fixiert, dass die Lidspalte horizontal unter dem Operationsmikroskop zu liegen kam, um dem Operateur optimales Arbeiten zu ermöglichen. Außerdem musste darauf geachtet werden, dass die großen Halsgefäße nicht eingeengt wurden, da dies zur Steigerung des Augeninnendrucks hätte führen können. Neumann (1991) setzte ein spezielles Lagerungskissen ein und fixierte den Unterkiefer des Hundes zusätzlich mit Klebeband. Es durften weder Zug noch Druck auf die Umgebung des Auges ausgeübt werden, weil sich dies ebenfalls negativ auf den Augeninnendruck hätte auswirken können. Diese Vorbereitungen mussten sehr sorgfältig ausgeführt werden, weil nach dem Setzen der Inzision in der Hornhaut keine Veränderungen der Lagerung mehr möglich waren. Nachdem die Patienten optimal gelagert waren, wurden die Augenregion und der Konjunktivalsack mit einer einprozentigen Betaisodona<sup>®</sup> Lösung desinfiziert. Anschließend wurde die Lidspalte geschlossen und mit einer sterilen Kompresse bis zum Operationsbeginn abgedeckt.

### **Gruppen I, II und IV**

Die Hunde wurden nun über ein halbgeschlossenes System mit einem Frischgasfluss von 10 ml/kg KM versorgt und atmeten zunächst spontan. Die Zeit von der Narkoseeinleitung bis zum Beginn der Inhalationsnarkose betrug im Durchschnitt 15,5 Minuten. Der Frischgasfluss setzte sich aus 33 Volumenprozent Sauerstoff und 66 Volumenprozent Lachgas zusammen, unter Zugabe von 0,75 bis 1,5 Volumenprozent Halothan<sup>11</sup>, je nach Bedarf. Die Hunde wurden zunächst an das Narkosegerät und dann an den Cardiocap<sup>™</sup> angeschlossen. Schließlich wurde mit der Narkoseüberwachung begonnen.

---

<sup>11</sup> Halothan Eurim, Eurim-Pharm, Piding

## Gruppe IV

Die Hunde der Vergleichsgruppe IV erhielten ebenfalls eine Inhalationsnarkose, auch hier setzte sich der Frischgasfluss aus 33 Volumenprozent Sauerstoff und 66 Volumenprozent Lachgas zusammen, abweichend wurde jedoch *kein* Halothan zugegeben. Da ohne Halothan keine ausreichende Analgesie für größere Eingriffe gegeben ist, konnte diese Vergleichsmessung nur bei der Entfernung von Härchen vorgenommen werden.

## Gruppen I und II

Nach dem Anschließen an die Geräte erhielten die Hunde der o.g. Gruppen 8,75 mg/kg KM Acetazolamid-Natrium<sup>12</sup>, 8,75 mg/kg KM Acetylsalicylsäure<sup>13</sup> und 2 mg/kg KM Dexamethason<sup>14</sup> über einen Venenverweilkatheter langsam intravenös.

Acetazolamid-Natrium wurde zur Senkung des Augeninnendrucks als Karboanhydrasehemmer eingesetzt. In der Literatur wird der Augeninnendruck senkende Effekt von Azetazolamid verschiedentlich beschrieben, in eigenen Untersuchungen konnte er bestätigt werden. So zeigte Carballo (1965), dass der Augeninnendruck bei Gabe von Succinylcholin im Durchschnitt auf 23 mmHg ansteigt, wenn kein Azetazolamid gegeben wird, während er bei gleichzeitiger Applikation von Azetazolamid im physiologischen Bereich bleibt. Die Wirkung setzt etwa 2 Minuten nach der intravenösen Azetazolamid-Applikation ein und erreicht ihr Maximum nach rund 20 Minuten. Azetazolamid greift am Ziliarkörper an und reduziert die Kammerwasserproduktion um rund 50%. Außerdem erleichtert es den Abfluss des Kammerwassers. Es hat aber keine Wirkung auf die Pupille (Aboul-Eish 1973). In einer Studie von Billig und Bihler (1974) fiel der Augeninnendruck nach Gabe von Azetazolamid sogar auf Werte bis zu 9 mmHg – selbst nach der Applikation von Succinylcholin.

---

<sup>12</sup> Diamox<sup>®</sup> parenteral, Lederle Arzneimittel GmbH & Co, Wolfratshausen

<sup>13</sup> Aspisol<sup>®</sup>, Bayer AG, Leverkusen

<sup>14</sup> Fortecortin<sup>®</sup> Mono 100, Merck, Darmstadt

**Gruppen I, II, III und IV**

Zu Beginn der Operation wurde die Spontanatmung der Hunde durch Hyperventilation ausgeschaltet und die Hunde durch einen Pulmomat® 19.1 kontrolliert beatmet. Als Volumenrichtwert wurde von 10 bis 15 ml/kg KM pro Beatmungshub ausgegangen, dieses Volumen wurde entsprechend variiert, um das endespiratorische CO<sub>2</sub> in einem durchschnittlichen Rahmen von 5,05 bis 6,05 Volumenprozent, ca. 39–46 mmHg, zu halten. Die Frequenz betrug 12 Atemzüge pro Minute.

**Gruppen I, III und IV**

Nach dem Ausschalten der Spontanatmung erhielten die Hunde der o.g. Gruppen 0,2 mg/kg KM Atracurium<sup>15</sup> i.v., das mittellang wirkend und gering kreislaufwirksam ist. Bei der Anwendung von Muskelrelaxanzien müssen bestimmte Prinzipien unbedingt eingehalten werden. Essentiell ist die endotracheale Intubation mit einem Tubus in der Ausführung mit aufblasbarer Manschette, damit während der Operation der Weg zur Lunge frei ist. Da die Muskelspannung des Ösophagus und die Schutzreflexe von Pharynx und Larynx aufgehoben sind, kann der Inhalt des Magens sonst erbrochen und inhaliert werden. Ebenso wichtig ist, dass die Wirkung der Relaxanzien überprüft wird, weil es Patienten gibt, denen eine andere als die errechnete Dosis verabreicht werden muss (Jones 1992).

**Gruppe II**

Anstelle von Atracurium erhielten diese Hunde nur physiologische Kochsalzlösung i.v..

---

<sup>15</sup> Tracrium® Wellcome 2,5 ml, Wellcome GmbH, Burgwedel

## **Gruppen I und II**

Nachdem die Vorbereitung des Operateurs, z.B. das Abdecken des Operationsfeldes und die Lagerung des Augapfels, erfolgt war, wurde der Augeninnendruck des zu operierenden Auges gemessen. Die Abdeckung der Hunde erfolgte mit einem OP-Tuch, dessen selbstklebende und durchsichtige Inzisionsfolie über dem Auge platziert wurde.

Hiernach erfolgte bei den Hunden der Gruppen I und II die eigentliche Operation: eine Linsenextraktion, nach Möglichkeit auch das Einsetzen einer Kunstlinse. Nach der Inzision der Folie erfolgte eine temporale Kanthotomie, bei der das Ligamentum orbitale nicht beschädigt werden sollte. Die Kanthotomie ermöglicht einen besseren Zugang zur Hornhaut. Anschließend wurde ein Lidspreizer eingesetzt. Der Bulbus wurde mit Haltefäden in der Konjunktiva bulbi bzw. der Faszia tenoni fixiert. So lag der Hornhautscheitel optimal unter dem Operationsmikroskop. Zum Aufstellen des Kapselsackes vor der Implantation der Kunstlinse wurde das Viskoelastikum Natriumhyaluronat<sup>16</sup> verwendet. Roberts et al. (1989) verglichen den Einfluss von Natriumhyaluronat und einem synthetischen viskoelastischen Polyacrylamid auf den Augeninnendruck von Kaninchen. Sie fanden keinen bemerkenswerten Unterschied (Roberts et al. 1989).

## **Gruppen I, II, III und IV**

Während der Operation wurden alle Hunde mit einer balancierten Elektolytlösung<sup>17</sup> (10 ml/kg KM) infundiert. Die Infusionstherapie sollte jedoch nur der Erhaltung der physiologischen Volumenverhältnisse dienen. Die exzessive Anwendung erhöht den Augeninnendruck und beeinflusst die Herzarbeit (Brunson 1980).

---

<sup>16</sup> Healon<sup>®</sup>, Pharmacia AG, Dübendorf/Schweiz

<sup>17</sup> elomel<sup>®</sup>, Delta-Pharma GmbH, Pfullingen

**Gruppen I und II**

Am Ende der Operation wurde der Operateur nach verschiedenen, für die Operation relevanten Parametern befragt. Die Beurteilung der Operationsbedingungen erfolgte stets durch denselben Operateur.

Diese Operationsparameter waren:

1. Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation,
2. Einsinken des Bulbus in die Orbita,
3. Glaskörperdruck,
4. Veränderung der Vorderkammertiefe,
5. Reaktion der Pupillen auf Adrenalin,
6. Reaktion der Pupillen auf Azetylcholin,
7. Anzahl der nötigen Positionierungshefte zur Fixierung des Bulbus,
8. Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende der Operation.

**Gruppen I, III und IV**

Nach Operationsende wurde die Restrelaxation der Hunde aus den o.g. Gruppen mit Neostigmin<sup>18</sup> (0,025 mg/kg KM i.v.) und Atropin<sup>19</sup> (0,04 mg/kg KM i.v.) antagonisiert.

**Gruppe II**

Diese Hunde erhielten nur physiologische Kochsalzlösung i.v..

**Gruppen I, II, III und IV**

Nachdem die Spontanatmung sicher wieder hergestellt war, wurde abschließend noch einmal der Augeninnendruck auf dem nicht operierten Auge gemessen. Die Tiere wurden vor Erreichen des Schluckreflexes extubiert.

---

<sup>18</sup> Prostigmin® zur Injektion, Hoffmann/La Roche AG, Grenzach-Wyhlen

<sup>19</sup> Atropinsulfat Lösung 0,5 mg/ml, Fresenius AG, Bad Homburg

	<b>Gruppe I</b>	<b>Gruppe II</b>	<b>Gruppe III</b>	<b>Gruppe IV</b>
<b>Einleitung (je kg KM)</b>	l-Methadon, 0,75 mg Diazepam, 0,5 mg Ketamin, 1,63 mg Xylazin, 0,16 mg	Wie Gruppe I	Wie Gruppe I	Wie Gruppe I
<b>Erhaltung (je kg KM)</b>	O <sub>2</sub> : 33 Vol.-% N <sub>2</sub> O: 66 Vol.-% Halothan, 0,75 – 1,5 Vol.-%	Wie Gruppe I	Wie Gruppe I	O <sub>2</sub> : 33 Vol.-% N <sub>2</sub> O: 66 Vol.-% Kein Halothan
<b>Sonstige Medi- kation Zugabe i.v. (je kg KM)</b>	Acetazolamid-Natrium, 8,75 mg Acetylsalizylsäure, 8,75 mg Dexamethason, 2 mg	Wie Gruppe I	Keine	Keine
<b>Muskelrelaxans Zugabe i.v. (je kg KM)</b>	Atracurium, 0,2 mg	Keine	Wie Gruppe I	Wie Gruppe I
<b>Antagonisierung Zugabe i.v. (je kg KM)</b>	Neostigmin, 0,025 mg Atropin, 0,04 mg	Keine	Wie Gruppe I	Wie Gruppe I

**Tabelle 3:** Übersicht über die verabreichten Narkotika und sonstigen Medikamente für die einzelnen Gruppen.

### 5.4.3 Aufgezeichnete Messparameter

Neben den aufgezeichneten Augeninnendruckwerten wurden für die Dauer der Inhalationsnarkose bei den Hunden aller Gruppen folgende Parameter gemessen:

1. Endexpiratorische Kohlendioxidkonzentration (kontinuierliche Messung),
2. inspiratorische und expiratorische Sauerstoffkonzentration (kontinuierliche Messung),
3. inspiratorische Lachgaskonzentration (kontinuierliche Messung),
4. Atemfrequenz (kontinuierliche Messung),
5. Herzfrequenz, Plethysmogramm (kontinuierliche Messung),
6. systolischer und diastolischer Blutdruck (oszillometrisch, kontinuierliche Messung).

Der Augeninnendruck wurde zu folgenden Zeitpunkten gemessen:

Messung	Zeitpunkt der Messung
1	während der Eingangsuntersuchung, rechtes Auge
2	während der Eingangsuntersuchung, linkes Auge
3	nach der Narkoseeinleitung, rechtes Auge
4	nach der Narkoseeinleitung, linkes Auge
5	nach der Intubation, rechtes Auge
6	nach der Intubation, linkes Auge
7	zwei Minuten nach der Relaxierung (Gruppe II: vergleichbarer Zeitpunkt), zu operierendes Auge
8	nach Ausleitung der Narkose, gegenüberliegendes, d.h. untenliegendes Auge

So ergaben sich für jeden Hund acht Augeninnendruckwerte.

Herzfrequenz, systolischer Blutdruck und diastolischer Blutdruck wurden erst gemessen, nachdem die Hunde auf dem OP-Tisch an die Narkose- und Überwachungsgeräte angeschlossen waren. Die Aufnahme der Messwerte erfolgte

kontinuierlich, bei der Auswertung wurden jedoch nur einzelne, diskrete Messwerte herangezogen. Dazu wurden Zeitpunkte gewählt, die sich aus dem Operationsverlauf ergaben und unter Umständen die Werte beeinflussten:

Messung	Zeitpunkt der Messung
1	nachdem der Hund an die Geräte angeschlossen war
2	vier Minuten vor der Relaxierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
3	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 2 und 4
4	zwei Minuten nach Adrenalingabe in die Augenvorderkammer (bei den Gruppen III und IV zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
5	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 4 und 6
6	zwei Minuten nach der Antagonisierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
7	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 6 und 8
8	parallel zur letzten Messung des Blutdrucks in der Ausleitungsphase

Die Definition der Zeitpunkte für Messung 3, 5 und 7 als zeitliches Mittel der Messzeitpunkte 2/4, 4/6 und 6/8 war erforderlich, da die Eingriffe unterschiedlich lange dauerten. Daher konnten keine festen Messzeiten, etwa alle 10 Minuten o.ä., eingehalten werden.

Die subjektiven Parameter wurden schließlich erfragt, nachdem der Operateur den Eingriff beendet hatte.

Bei den Hunden der Gruppen I und II wurden darüber hinaus die definierten Operationsparameter erfragt und außerdem folgende Daten erfasst:

1. Länge der Relaxation,
2. Dauer der Eröffnung der Vorderkammer.

### 5.5 Datenerfassung und statistische Auswertung

Auf einem Erfassungsbogen (**Abbildung 22**) wurden vor der Operation folgende Daten eingetragen: Datum der Operation, Kliniknummer, Name und Adresse des Besitzers, Tierrasse, Geschlecht, Alter, Name, Körpergewicht, Diagnose, Art der Operation, zu operierende Körperseite und Art des Narkoseregimes.

Datum:..... Kliniknummer: .....	Besitzername:..... Straße:..... Ort:..... Telefon:.....
Tierrasse:..... Geschlecht:..... Alter:..... Name:..... kg Körpergewicht:.....	Diagnose:..... .....
OP Art:..... OP Seite:.....	Ace:..... Ket / Xyl:..... Tubus:..... N <sub>2</sub> O:..... Druckmess:.....

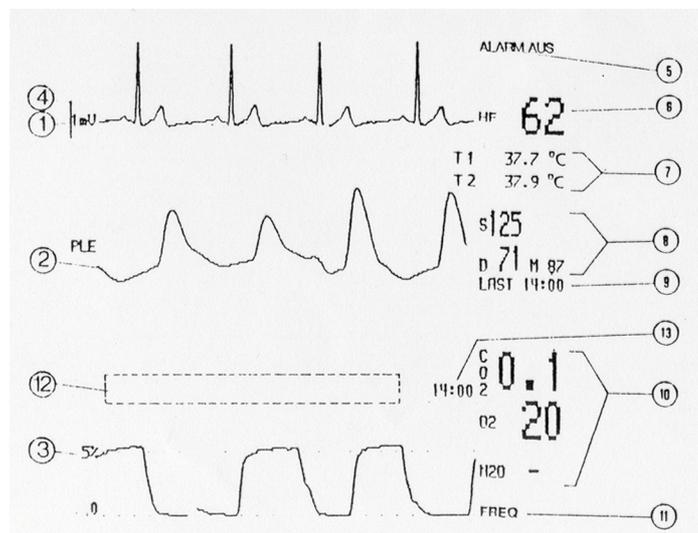
Zeit	Pulsfrequ.	NIBD	CO <sub>2</sub>	Bemerkungen	IOP
				OP-Beginn:	vorher:
				Rel.:	
				Vk offen:	nach Präm.:
				Adrenalin:	
				Ach:	nach Ket.:
				Vk steht:	
				Antag.:	nach Intub.:
				OP-Ende:	
				1. Augenbew.:	auf Tisch:
					nach Rel.:
				Rotierb. bulb.:	hinterher:
				Einsinken bulb.:	
				Glaskörp.dr.:	
				Vk. Tiefe:	
				Pupillenbew.:	
				Posit.-hefte:	
				Tonus Ende OP:	

**Abbildung 22:** Erfassungsbogen zur Aufnahme aller relevanten Daten

Die Datenerfassung der in Kapitel 5.4.3 genannten Vital- und Narkosewerte während der Narkose erfolgte mit einem Cardiocap<sup>TM</sup> Modell CC-104. Die aufgenommenen Daten wurden zum Teil am Bildschirm des Gerätes ausgegeben (**Abbildung 23**) und manuell in den Erfassungsbogen (**Abbildung 22**) übertragen, zum Teil wurden sie auch auf einem grafischen Trenddrucker ausgedruckt (**Abbildung 24**). Daneben erfolgte die Ausgabe der Daten über das Multifunktionsinterface des Gerätes an einen handelsüblichen Personal Computer. Von dort konnten sie auf Datenträger gespeichert werden. Nach Abschluss aller Untersuchungen wurden die elektronisch archivierten Daten aufbereitet, selektiert und statistisch ausgewertet.

Folgende für die vorliegende Arbeit relevanten Daten wurden auf dem Bildschirm des Cardiocaps<sup>TM</sup> dargestellt (**Abbildung 23**):

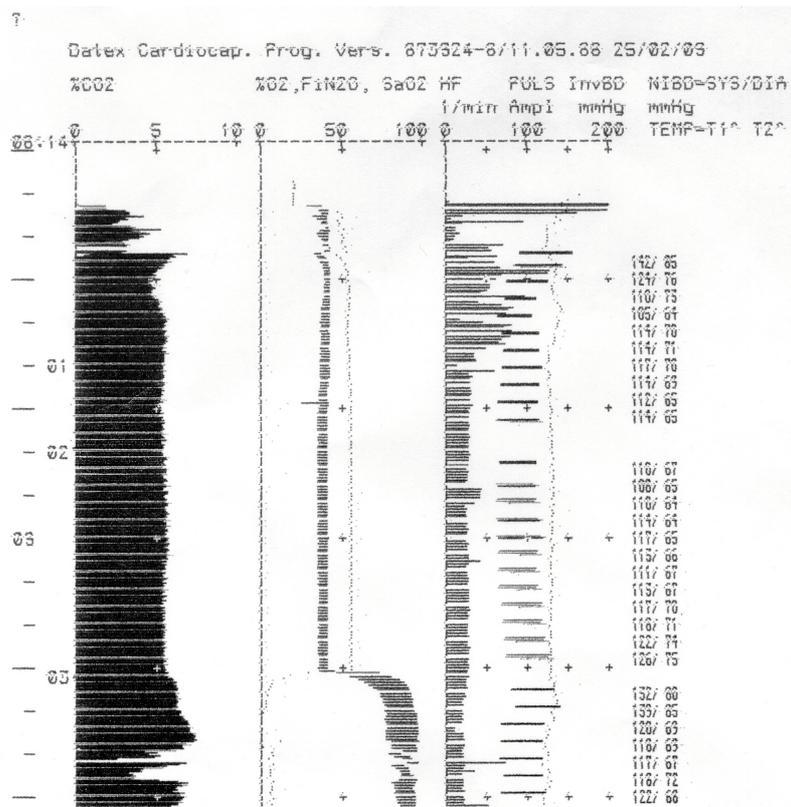
1. EKG-Kurve (Kanal ①) - aus der EKG-Kurve erfolgte die Berechnung der Herzfrequenz,
2. Plethysmografischer Puls (Kanal ②),
3. Kapnogramm (Kanal ③) - Angabe als expiratorische Konzentration,
4. Spitzenwert der CO<sub>2</sub>-Konzentration als Zahlenwert in Feld ⑩ (gemessen pro Atemzug),
5. inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration als Zahlenwert in Feld ⑩ (gemessen pro Atemzug),
6. inspiratorische N<sub>2</sub>O -Konzentration als Zahlenwert in Feld ⑩ (gemessen pro Atemzug),
7. Atemfrequenz.



**Abbildung 23:** Bildschirmanzeige am Cardiocap<sup>TM</sup> (mit freundlicher Genehmigung der Firma Datex<sup>®</sup>)

Folgende Daten wurden auf einem grafischen Trenddrucker als Funktion der Zeit ausgedruckt (in **Abbildung 24** von links nach rechts dargestellt):

1. Kapnogramm (expiratorische CO<sub>2</sub>-Konzentration) - die Ausgabe erfolgt in Form waagerechter, schwarzer Balken.
2. Expiratorische und inspiratorische O<sub>2</sub>-Konzentration - die Ausgabe erfolgt in Form waagerechter Linien, wobei die linke Linienbegrenzung die expiratorische und die rechte Linienbegrenzung die inspiratorische Konzentration wiedergibt. Die Linienlänge ist somit ein Maß für den O<sub>2</sub>-Konsum.
3. Inspiratorische N<sub>2</sub>O-Konzentration - die Ausgabe erfolgt in Form von Punkten.
4. Plethysmographischer Puls - die Ausgabe erfolgt in Form schwarzer Striche.
5. Systolischer und diastolischer Blutdruck - die Ausgabe erfolgt in Form waagerechter Balken, wobei die linke Balkenbegrenzung den diastolischen und die rechte Balkenbegrenzung den systolischen Blutdruck wiedergibt.
6. Herzfrequenz - die Ausgabe erfolgt in Form von Punkten.
7. Systolischer und diastolischer Blutdruck - die Ausgabe erfolgt in Form von Zahlenwerten.



**Abbildung 24:** Kontinuierliche Aufzeichnung der Messparameter

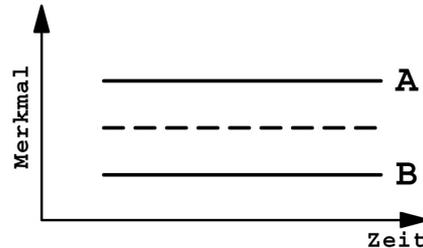
Der Augeninnendruck wurde mit einem Tonopen<sup>TM</sup> II gemessen und die Ergebnisse manuell in den Erfassungsbogen (**Abbildung 22**) übertragen. Ebenso wurde mit den subjektiven Parametern verfahren, die durch Befragen des Operateurs nach Operationsende ermittelt wurden.

Die Datenauswertung erfolgte auf den Rechnern im lokalen Rechnernetzwerk (LAN) der Arbeitsgruppe Biomathematik und Datenverarbeitung des Fachbereichs Veterinärmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen. Zur statistischen Auswertung wurde das Programm BMDP/Dynamic, Release 7.0 (Dixon 1993) eingesetzt.

Zur Beschreibung der Daten wurden arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima, Maxima (Kap. 6) und Stichprobenumfänge (Kap. 5.2) berechnet und tabellarisch wiedergegeben. Bei der Auswertung der quantitativ messbaren Parameter stand die Frage im Mittelpunkt, ob sich die errechneten

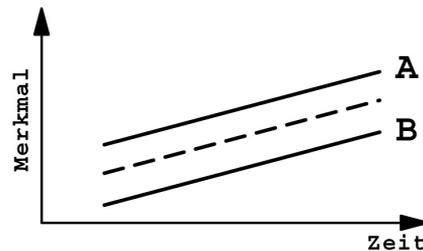
Mittelwerte und Standardabweichungen der quantitativen Parameter über die einzelnen Gruppen signifikant unterscheiden und ob die Zeit Einfluss auf den signifikant unterschiedlichen Verlauf hat. Diese Prüfung erfolgte mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung beim Faktor „Zeit“. Die **Abbildungen 24 bis 27** zeigen die untersuchten Abhängigkeiten grafisch. Auf der Ordinate ist jeweils das sog. „Merkmal“ (steht hier für die Parameter „Augeninnendruck“, „Herzfrequenz“ und „Blutdruck“) aufgetragen, auf der Abszisse die „Zeit“. Bei der Auswertung der nicht quantitativ messbaren Parameter (die auf der subjektiven Beurteilung des Chirurgen beruhen) wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, ein zweiseitiger Test, eingesetzt. Hier wurde untersucht, ob sich die errechneten Mittelwerte und Standardabweichungen über die einzelnen Gruppen signifikant unterscheiden. Ein Einfluss der Zeit ist hier naturgemäß nicht gegeben.

- 1) Abhängigkeit der vorgenannten Parameter vom Faktor „Gruppe“ (d.h. Abhängigkeit vom Narkoseregime und hier insbesondere von der Muskelrelaxation). Bei **Abbildung 25** liegt der jeweilige untersuchte Parameter der Gruppe A über dem der Gruppe B.



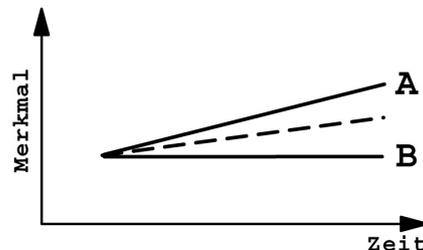
**Abbildung 25:** Abhängigkeit der untersuchten Parameter von der Gruppe (dargestellt für Gruppe A und B)

- 2) Abhängigkeit der vorgenannten Parameter vom Faktor „Zeit“. In **Abbildung 26** hängen die Parameter sowohl von der Gruppe als auch von der Zeit ab.



**Abbildung 26:** Abhängigkeit der Parameter von der Zeit (dargestellt für Gruppe A und B)

- 3) Wechselwirkungen zwischen den Faktoren „Zeit“ und „Gruppe“. Diese „Wechselwirkung“ überprüft, ob die Abhängigkeit der Parameter vom Faktor „Gruppe“ auch noch vom Faktor „Zeit“ abhängig ist; d.h., ob sich die Gruppenabhängigkeit mit der Zeit ändert. In **Abbildung 27** wird im Fall der Gruppe A die Abhängigkeit des Parameters von der Gruppe mit fortschreitender Zeit größer.



**Abbildung 27:** Abhängigkeit der Parameter von der Gruppe ändert sich mit der Zeit

---

Nachfolgend sind die Definitionen derjenigen Begriffe aus der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung wiedergegeben, die bei der Auswertung der Daten Anwendung fanden.

- 1) Zweifaktorielle Varianzanalyse,
- 2) Varianz [ $s^2$ ],
- 3) Standardabweichung [ $s$ ].

zu 1) Die zweifaktorielle Varianzanalyse erlaubt die Erfassung des gleichzeitigen Wirksamwerdens zweier Faktoren, indem das Vorliegen von Wechselwirkungen zwischen den Faktoren getestet wird.

zu 2) Die Varianz [ $s^2$ ] ist ein Streuungsparameter und macht Aussagen über die Streuung einer Reihe von Beobachtungswerten. Je enger die Merkmale einer Reihe von Beobachtungswerten zusammen liegen, desto kleiner ist die Varianz. Die Varianz ist definiert als das arithmetische Mittel aus den quadratischen Abweichungen der einzelnen Merkmalswerte vom arithmetischen Mittel aus allen Beobachtungswerten.

Es gilt :

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n (x_v - \bar{x})^2$$

$x_v$  bezeichnet die einzelnen Beobachtungswerte und  $\bar{x}$  ist das arithmetische Mittel aus allen Beobachtungswerten.

zu 3) Die Standardabweichung ist ein lineares Streuungsmaß und ist definiert als die positive Wurzel aus der Varianz. Somit hat die Standardabweichung die gleiche Dimension wie das untersuchte Merkmal.

Es gilt:  $s = \sqrt{s^2}$  mit  $s^2 = \text{Varianz}$

Bei der Bewertung der statistischen Signifikanzen wird das Signifikanzniveau  $\alpha \leq 0,05$  zugrunde gelegt, d.h. Ergebnisse mit  $p \leq 0,05$  werden als statistisch signifikant angesehen. Der Parameter „p“ drückt dabei die Wahrscheinlichkeit in % aus, ob ein vermeintlich gefundener Zusammenhang nur zufallsbedingt ist oder nicht ( $p = 0,05$  entspricht z.B. einer Wahrscheinlichkeit von 5%).

Es gilt: je größer eine Abhängigkeit, desto größer die Signifikanz. Im Falle der Wechselwirkungen zwischen den Faktoren „Zeit“ und „Gruppe“ bedeutet eine hohe Signifikanz, dass sich die Abhängigkeit der Parameter vom Faktor „Gruppe“ mit der Zeit stark ändert.

Zur Beschreibung der Signifikanzen werden die in der Statistik üblichen Bezeichnungen hochsignifikant, signifikant, schwach signifikant und nicht signifikant verwendet.

- |                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| 1.) Hoch signifikant (hs):    | $p < 0,001$        |
| 2.) Signifikant (s):          | $0,001 < p < 0,01$ |
| 3.) Schwach signifikant (ss): | $0,01 < p < 0,05$  |
| 4.) Nicht signifikant (ns):   | $0,05 < p < 1$     |

Verglichen wurden die Gruppen I mit II und III mit IV. Im Rahmen einer explorativen Datenanalyse wurden zusätzlich die Gruppen I mit III, I mit IV, II mit III und II mit IV auf vergleichsbezogenem Signifikanzniveau miteinander verglichen.

## 6 Ergebnisse

Um zu bestimmen, ob die Muskelrelaxans-Gabe (Atracurium) die Operationsbedingungen beeinflusst, wurden verschiedene, objektiv messbare Parameter zu unterschiedlichen Zeitpunkten während der Eingangsuntersuchung und des nachfolgenden Operationsverlaufs gemessen. Andere Parameter wurden subjektiv beurteilt.

Im einzelnen wurden folgende Messgrößen ausgewertet:

Messgröße 1: Augeninnendruck,

Messgröße 2: Herzfrequenz,

Messgröße 3: systolischer Blutdruck,

Messgröße 4: diastolischer Blutdruck,

Messgröße 5: Beschreibung des subjektiven Eindrucks des Operateurs, der Wertnoten entsprechend den Schulnoten 1 bis 6 vergab.

Die Bedeutung der objektiv messbaren Parameter liegt darin zu überprüfen, ob sich durch das Muskelrelaxans Atracurium keine negativen Veränderungen bei diesen Parametern ergeben. Positive Auswirkungen der Atracuriumgabe werden auf die später noch beschriebenen subjektiven Parameter erwartet.

## **6.1 Augennendruck**

Da dem Augennendruck bei der Kataraktoperation eine erhebliche Bedeutung zukommt, wurde er bei den Hunden aus allen Gruppen zu verschiedenen, durch den Operationsablauf festgelegten Zeitpunkten gemessen. Wegen des zum Teil abweichenden Narkoseregimes und Operationsverlaufs zwischen den Hunden der verschiedenen Gruppen wurden, wo nötig, vergleichbare Messzeitpunkte gewählt.

Detaillierte Angaben zu der Festlegung der Messzeitpunkte sind dem Kapitel 5.4.3 zu entnehmen.

### **6.1.1 Augennendruck der Tiere aus den Gruppen I und II**

Bei der Gesamtheit aller Tiere aus den Gruppen I und II (Tiere mit Kataraktoperation) variierte der Augennendruck beim wachen Hund während der Eingangsuntersuchung auf dem jeweils rechten Auge (Messung 1) zwischen 8 mmHg und 28 mmHg. Auf dem jeweils linken Auge (Messung 2) variierte der Augennendruck zwischen 8 mmHg und 23 mmHg.

Nach der Narkoseeinleitung lagen die Werte bei der Gesamtheit aller Tiere aus den Gruppen I und II auf dem jeweils rechten Auge (Messung 3) zwischen 10 mmHg und 28 mmHg. Auf dem jeweils linken Auge (Messung 4) wurden Werte zwischen 9 mmHg und 36 mmHg gemessen.

Nach der Intubation stiegen die Werte an. Sie lagen für das jeweils rechte Auge beider Gruppen (Messung 5) zwischen 10 mmHg und 35 mmHg. Der Augennendruck des jeweils linken Auges beider Gruppen (Messung 6) lag zwischen 10 mmHg und 35 mmHg.

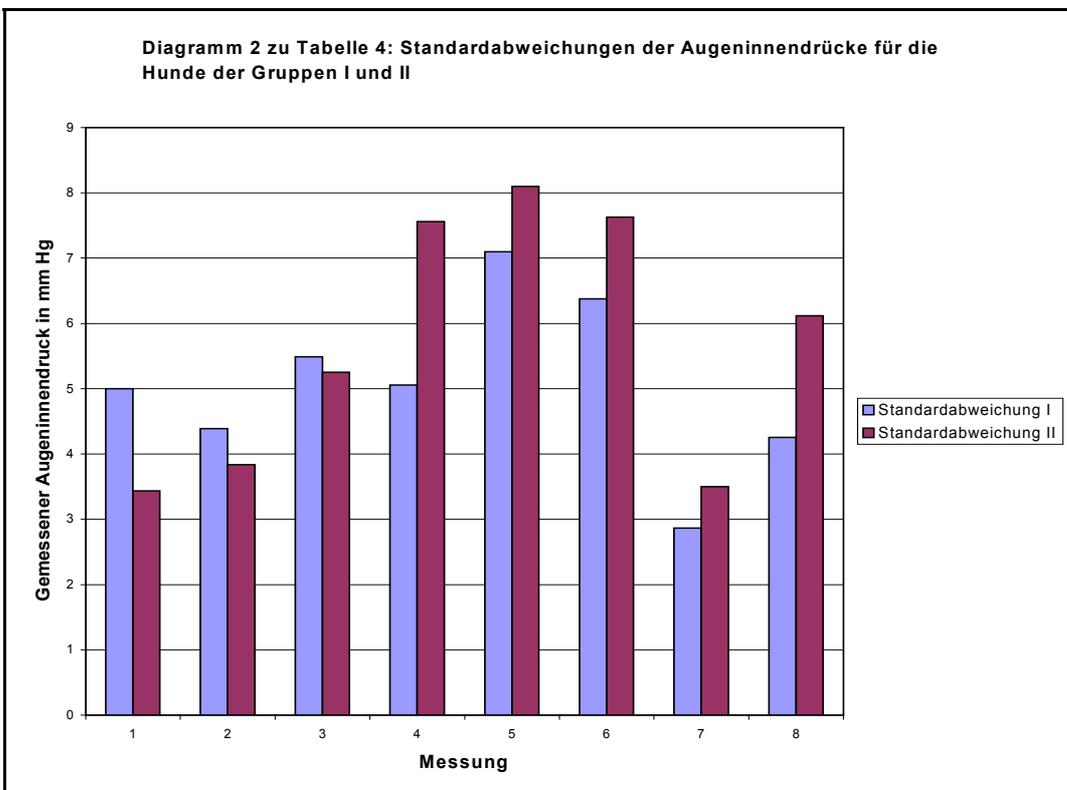
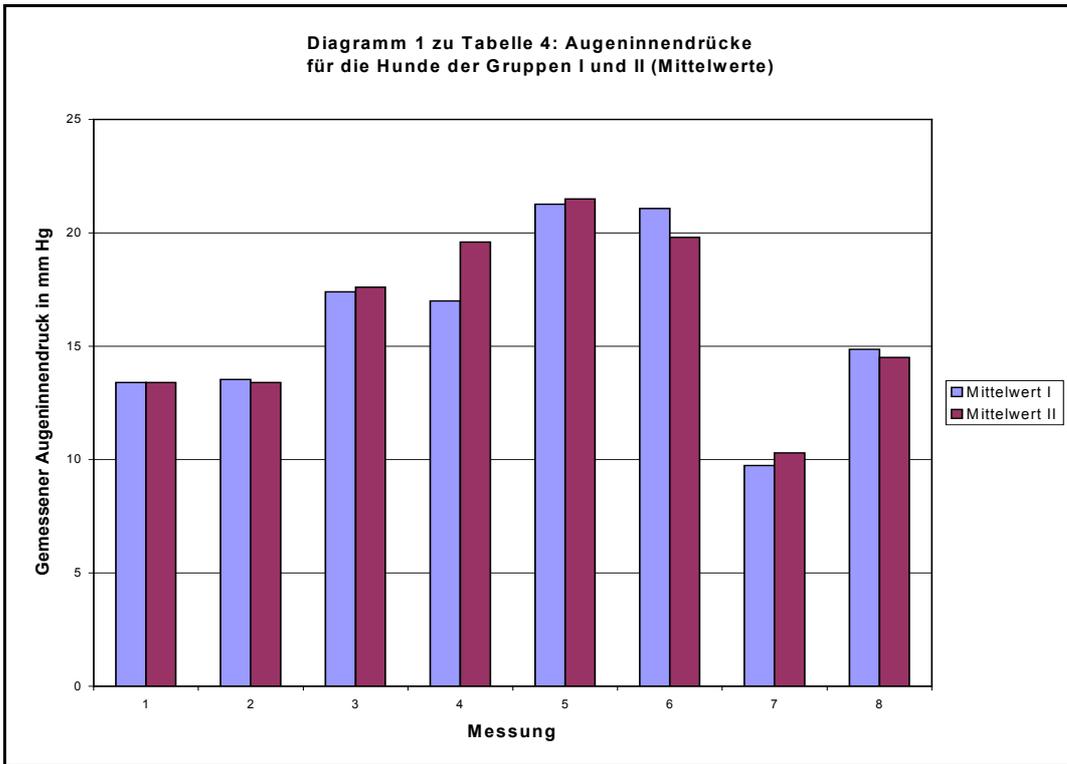
Messung 7 erfolgte am jeweils zu operierenden Auge. Bei den Hunden aus Gruppe I wurde die Messung zwei Minuten nach der Relaxierung und bei den Tieren der Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt (gerechnet nach dem Anschließen an das Narkosegerät) vorgenommen. Dabei zeigte sich ein Abfall der Druckwerte in beiden Gruppen. Die Werte für den Augennendruck lagen für beide Gruppen jeweils zwischen 5 mmHg und 15 mmHg. Messung 8 wurde

nach dem Ausleiten der Narkose am gegenüberliegenden, also unten liegenden Auge ausgeführt. Die Werte lagen zwischen 6 mmHg und 27 mmHg.

Die Werte beider Gruppen sind in **Tabelle 4** zusammengefasst. Die **Diagramme 1 und 2** zeigen die Mittelwerte der Augeninnendruckwerte, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Messung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittelwert [mmHg]	Standardabweichung [mmHg]
1	Während der Eingangsunter-suchung, am rechten Auge	I u. II	28	8	13.40	4.3589
		I	28	8	13.40	4.9971
		II	18	9	13.40	3.4383
2	Während der Eingangsunter-suchung, am linken Auge	I u. II	23	8	13.48	4.0939
		I	23	8	13.53	4.3894
		II	20	8	13.40	3.8355
3	Nach der Narko-seeinleitung, am rechten Auge	I u. II	28	10	17.48	5.2846
		I	28	10	17.40	5.4876
		II	24	10	17.60	5.2536
4	Nach der Narko-seeinleitung, am linken Auge	I u. II	36	9	18.04	6.1677
		I	28	9	17.00	5.0568
		II	36	12	19.60	7.5601
5	Nach der Intuba-tion, am rechten Auge	I u. II	35	10	21.36	7.3478
		I	33	11	21.27	7.0959
		II	35	10	21.50	8.1001
6	Nach der Intuba-tion, am linken Auge	I u. II	35	10	20.56	6.7767
		I	35	10	21.07	6.3748
		II	34	12	19.80	7.6274
7	<b>Gr. I:</b> Zwei Min. nach der Rela-xierung, am zu operierenden Auge <b>Gr. II:</b> Vergleich-barer Zeitpunkt wie Messung 7 für Gruppe I (ge-rechnet ab Zeit-punkt der Intuba-tion)	I u. II	15	5	9.96	3.0752
		I	15	5	9.73	2.8652
		II	15	5	10.30	3.4976
8	Nach Narkose-ausleitung, am gegenüber-liegenden Auge	I u. II	27	6	14.72	4.96
		I	22	8	14.87	4.26
		II	27	6	14.50	6.11

**Tabelle 4:** Augeninnendruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II



Wie aus **Tabelle 4** sowie den **Diagrammen 1 und 2** ersichtlich ist, ergeben sich bei den Mittelwerten der Augeninnendrucke der Hunde aus den Gruppen I und II während der Eingangsuntersuchung (Messungen 1 und 2) weder Unterschiede zwischen rechten und linken Augen, noch zwischen den beiden Gruppen.

Nach der Narkoseeinleitung (Messungen 3 und 4) stiegen die Werte des Augeninnendrucks an. Dabei waren bei den jeweils rechten Augen beider Gruppen keine Unterschiede nachweisbar. Auch zwischen rechten und linken Augen der Gruppe I bestand nur ein geringfügiger Unterschied. Bei Gruppe II war der Mittelwert des Drucks in den jeweils linken Augen etwas größer, aber nicht groß genug, den Zahlenwert der Varianzanalyse zu beeinflussen.

Nach der Intubation (Messungen 5 und 6) stiegen die Werte erneut an. Wieder waren bei den jeweils rechten Augen beider Gruppen keine Unterschiede nachweisbar. Auch zwischen rechten und linken Augen der Tiere in Gruppe I bestanden wiederum keine Unterschiede. Dagegen zeigten sich für die linken Augen der Tiere in Gruppe II etwas niedrigere Mittelwerte als für die rechten Augen der Tiere dieser Gruppe. Aber auch diese beeinflusste den Wert der Varianzanalyse nicht.

Messung 7, nach der Relaxierung und zeitlich entsprechend bei den Tieren der Gruppe II ohne Relaxierung, bestimmte nur die Augeninnendrucke der zu operierenden Augen. Bei beiden Gruppen fielen die Mittelwerte zu diesem Zeitpunkt stark ab, wiesen aber keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) stiegen die Werte wieder an und überstiegen geringfügig die vor der Operation gemessenen Werte. Wiederum war zwischen den Gruppen I und II kein Unterschied nachweisbar. Dies bestätigt auch die Varianzanalyse für den Parameter „Augeninnendruck“ der Gruppen I und II, deren Ergebnis **Tabelle 5** wiedergibt.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.8787	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.9184	ns

**Tabelle 5:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und II

Die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 5** zeigt, dass die Höhe des Augeninnendrucks in erster Linie vom Faktor „Zeit“ abhängt (hochsignifikant). Den Werten aus **Tabelle 4** kann entnommen werden, dass bei den Tieren der Gruppe I, denen das Muskelrelaxans Atracurium verabreicht wurde, die Werte der Messung 7 einen geringfügig niedrigeren Augeninnendruck zeigen, als bei den Tieren der Gruppe II. Dieser Einfluss ist jedoch so gering, dass die Varianzanalyse für die Abhängigkeit des Augeninnendrucks vom Faktor „Gruppe“ zum Ergebnis „nicht signifikant“ kommt.

Bei den Kontrollgruppen III (Operationen ohne Zugabe von Acetazolamid-Natrium, Acetylsalizylsäure, Dexamethason) und IV (Operationen ohne Zugabe von Acetazolamid-Natrium, Acetylsalizylsäure, Dexamethason und ohne Halothan) wurden die Augeninnendruckwerte zu gleichen bzw. vergleichbaren Zeitpunkten bestimmt wie bei den Gruppen I und II. Die Ergebnisse finden sich in den **Tabellen 6 und 7**.

### 6.1.2 Augeninnendruck der Tiere aus den Gruppen III und IV

Bei allen Tieren aus den Gruppen III und IV (Tiere ohne Kataraktoperation) variierte der Augeninnendruck beim wachen Hund während der Eingangsuntersuchung auf dem jeweils rechten Auge (Messung 1) zwischen 6 mmHg und 20 mmHg. Auf dem jeweils linken Auge (Messung 2) lagen die Werte des Augeninnendrucks zwischen 7 mmHg und 17 mmHg.

Nach der Narkoseeinleitung lagen die Werte bei allen Tieren aus den Gruppen III und IV auf dem jeweils rechten Augen (Messung 3) zwischen 7 mmHg und 22 mmHg. Auf dem jeweils linken Auge (Messung 4) wurden Werte zwischen 7 mmHg und 44 mmHg gemessen.

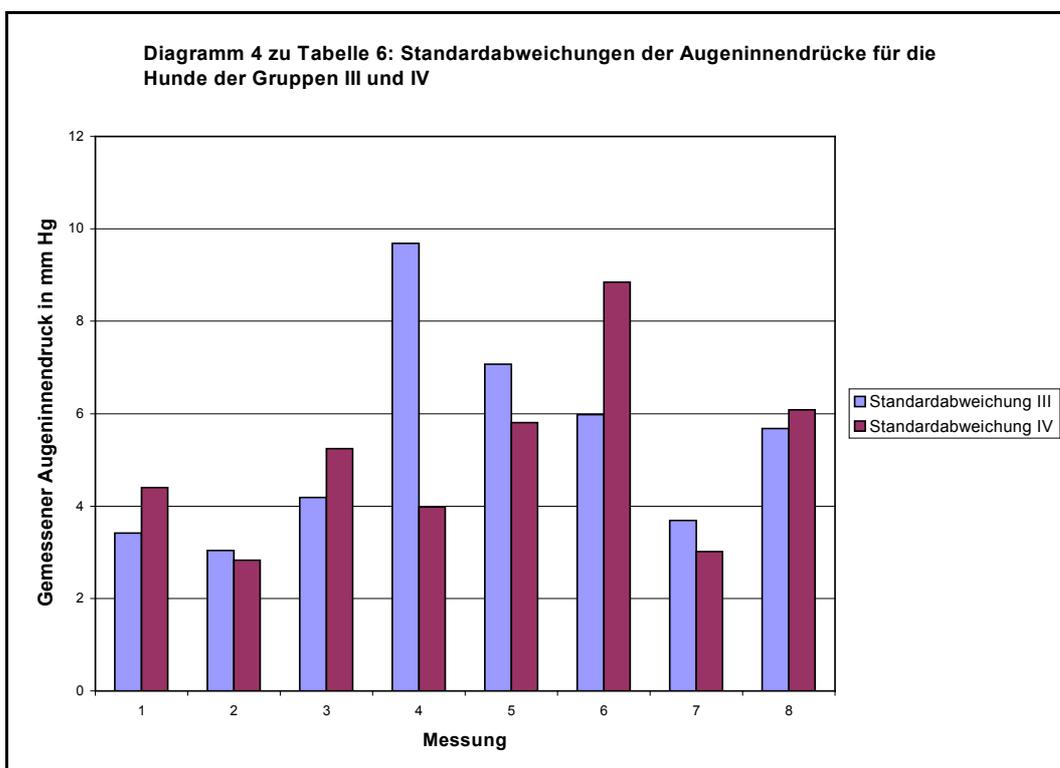
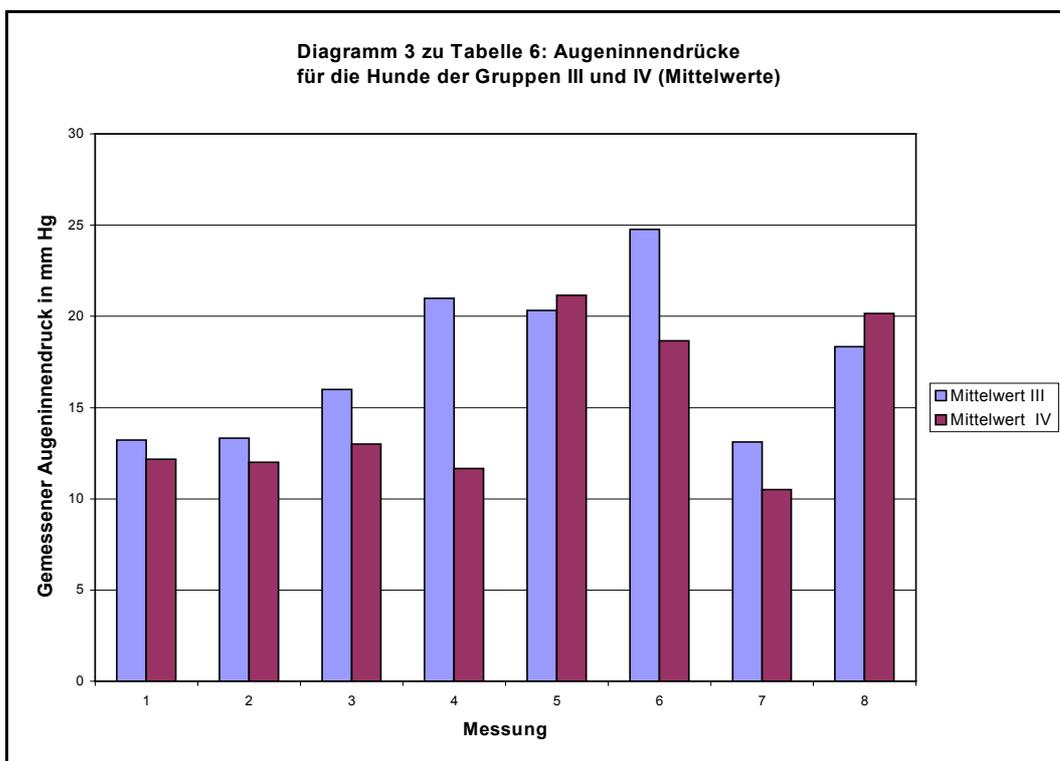
Nach der Intubation stiegen die Werte an. Sie lagen für das jeweils rechte Auge beider Gruppen (Messung 5) zwischen 10 mmHg und 28 mmHg. Der Augeninnendruck des jeweils linken Auges beider Gruppen (Messung 6) lag zwischen 8 mmHg und 34 mmHg.

Messung 7 erfolgte am jeweils zu operierenden Auge zwei Minuten nach der Relaxierung. Dabei zeigte sich ein Abfall der Druckwerte in beiden Gruppen. Die Werte für den Augeninnendruck lagen für beide Gruppen zwischen 6 mmHg und 19 mmHg. Messung 8 wurde nach dem Ausleiten der Narkose am gegenüberliegenden, also unten liegenden Auge ausgeführt. Die Werte lagen zwischen 11 mmHg und 30 mmHg.

Die Werte beider Gruppen sind in **Tabelle 6** zusammengefasst. Die **Diagramme 3 und 4** zeigen wieder die Mittelwerte der Augeninnendruckwerte, die zu den einzelnen Messzeitpunkten ermittelt wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Mes- sung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittel- wert [mmHg]	Standard- abweichung [mmHg]
1	Während der Eingangsunter- suchung, am rechten Auge	III u. IV	20	6	12.80	3.7264
		III	18	6	13.22	3.4197
		IV	20	8	12.17	4.4008
2	Während der Eingangsunter- suchung, am linken Auge	III u. IV	17	7	12.80	2.9326
		III	17	7	13.33	3.0414
		IV	17	9	12.00	2.8284
3	Nach der Narko- seeinleitung, am rechten Auge	III u. IV	22	7	15.00	4.6291
		III	22	9	16.00	4.1833
		IV	21	7	13.00	5.2440
4	Nach der Narko- seeinleitung, am linken Auge	III u. IV	44	7	17.27	9.0354
		III	44	8	21.00	9.6825
		IV	19	7	11.67	3.9833
5	Nach der Intuba- tion, am rechten Auge	III u. IV	28	10	20.67	6.3882
		III	28	10	20.33	7.0711
		IV	26	11	21.17	5.8109
6	Nach der Intuba- tion, am linken Auge	III u. IV	34	8	22.33	7.6126
		III	34	15	24.78	5.9745
		IV	28	8	18.67	8.8468
7	Zwei Min. nach der Relaxierung, am zu operieren- den Auge	III u. IV	19	6	12.07	3.5750
		III	19	8	13.11	3.6893
		IV	15	6	10.50	3.0166
8	Nach Narkose- ausleitung, am gegenüber- liegenden Auge	III u. IV	30	11	19.07	5.7005
		III	30	11	18.33	5.6789
		IV	28	14	20.17	6.0800

**Tabelle 6:** Augennendruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV



Die Betrachtung der jeweiligen Mittelwerte verdeutlicht den Verlauf des Augeninnendrucks während des Eingriffs. Bereits bei den Messungen 1 und 2 hatten die Hunde der Gruppe III einen höheren Augeninnendruck auf beiden Augen als die Hunde der Gruppe IV. Die Differenz war jedoch nicht groß genug, um die Varianzanalyse zu beeinflussen. Zwischen den rechten und linken Augen der jeweiligen Gruppe bestand kein Unterschied.

Nach der Narkoseeinleitung (Messungen 3 und 4) stiegen die Werte bei den Hunden der Gruppe III an, wobei der Mittelwert der linken Augen stärker anstieg als der der rechten Augen.

Bei den Hunden der Gruppe IV veränderten sich die Werte bei den Messungen 3 und 4 im Vergleich zu den Messungen 1 und 2 nicht. Dies schlug sich in der Varianzanalyse als schwach signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren „Gruppe“ und „Zeit“ nieder. Auch bei den Hunden der Gruppe IV bestand zwischen rechts und links kein Unterschied.

Nach der Intubation (Messungen 5 und 6) stiegen die Werte in beiden Gruppen an, wobei der Mittelwert der linken Augen der Tiere aus Gruppe III alle anderen Mittelwerte übertraf. Zwischen den Werten der rechten Augen beider Gruppen bestand kein Unterschied und auch die Werte der linken Augen in Gruppe IV wichen nicht von denen der rechten Augen ab.

Nach der Relaxierung (Messung 7) fielen die Werte in beiden Gruppen ab, bei den Hunden der Gruppe IV stärker als bei den Tieren der Gruppe III, was auch die Varianzanalyse bestätigt.

In der Ausleitungsphase stiegen die Werte in beiden Gruppen wieder an und übertrafen die eingangs gemessenen. Dabei war der Mittelwert in Gruppe IV geringfügig höher als in Gruppe III.

Das Ergebnis der Varianzanalyse der Gruppen III und IV zeigt **Tabelle 7**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.2130	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0296	ss

**Tabelle 7:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen III und IV

Wie bei den Gruppen I und II zeigen auch die Vergleichsgruppen III und IV nur eine Signifikanz beim Faktor Zeit und nicht bei der Gruppe. Allerdings ergibt sich eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

Im Rahmen einer explorativen Datenanalyse wurden zusätzlich die Ergebnisse für die Gruppenpaarungen I / III, I / IV, II / III und II / IV auf vergleichsbezogenem Signifikanzniveau miteinander verglichen. Die Ergebnisse finden sich in den **Tabellen 8 bis 11**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.3047	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.1719	ns

**Tabelle 8:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und III

Entsprechend **Tabelle 8** ergibt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang des Augeninnendrucks mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Auch eine Wechselwirkung ist nicht nachweisbar.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.5361	ns
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	0.0183	ss

**Tabelle 9:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und IV

Entsprechend **Tabelle 9** ergibt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang des Augeninnendrucks mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Allerdings besteht eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.4885	ns
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	0.2895	ns

**Tabelle 10:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen II und III

Es ergibt sich entsprechend **Tabelle 10** ein hochsignifikanter Zusammenhang des Augeninnendrucks mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Eine Wechselwirkung ist nicht nachweisbar.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.5528	ns
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	0.0074	s

**Tabelle 11:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen II und IV

Entsprechend **Tabelle 11** ergibt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang des Augeninnendrucks mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Allerdings besteht eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

Wie die Varianzanalysen zeigen, kommt es lediglich bei Einsatz der Gruppe IV (ohne Halothan) zu einer signifikanten Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit für den Augeninnendruck.

Dies wird auch noch einmal bei der Betrachtung aller Gruppen von I bis IV deutlich, deren Ergebnisse die **Tabelle 12** veranschaulicht sind.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.6067	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0357	ss

**Tabelle 12:** Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I bis IV

## 6.2 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz ist ein Maß für eine der wesentlichen Vitalfunktionen und sollte während der Narkose durch die Anwendung des Muskelrelaxans Atracurium möglichst wenig verändert werden. Sie wurde daher kontinuierlich gemessen und zu acht verschiedenen Zeitpunkten bei den Hunden aller vier Gruppen als Einzelmessung ausgewertet. Die Zeitpunkte wurden wie folgt definiert:

Messung	Zeitpunkt der Messung
1	nachdem der Hund an die Geräte angeschlossen war
2	vier Minuten vor der Relaxierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
3	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 2 und 4
4	zwei Minuten nach Adrenalingabe in die Augenvorderkammer (bei den Gruppen III und IV zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
5	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 4 und 6
6	zwei Minuten nach der Antagonisierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
7	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 6 und 8
8	parallel zur letzten Messung des Blutdrucks in der Ausleitungsphase

### **6.2.1 Herzfrequenz der Tiere aus den Gruppen I und II**

Bei allen Tieren aus den Gruppen I und II variierte die Herzfrequenz bei Messung 1, vor Beginn der Operation, nachdem die Hunde an die Geräte angeschlossen waren, zwischen 78 Schläge/min und 148 Schläge/min.

Bei Messung 2, vier Minuten vor der Relaxierung (bzw. zu einem vergleichbaren Zeitpunkt für die Tiere aus Gruppe II), lagen die Werte zwischen 69 Schläge/min und 138 Schläge/min.

Zum Zeitpunkt der Messung 3 (in Gruppe I nach der Relaxierung, in Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt) stieg die Herzfrequenz der Tiere aus der Gruppe I an. Sie lag für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 78 Schläge/min und 156 Schläge/min.

Zwei Minuten nach der Adrenalingabe (Messung 4) lag die Herzfrequenz für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 73 Schläge/min und 166 Schläge/min.

Bei Messung 5, zwischen der Adrenalinapplikation und der Antagonisierung des Muskelrelaxans in Gruppe I (bzw. zu einem vergleichbaren Zeitpunkt für die Tiere aus Gruppe II) sank die Herzfrequenz in beiden Gruppen ab. Sie variierte für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 73 Schläge/min und 150 Schläge/min.

Bei Messung 6, zwei Minuten nach der Antagonisierung und zu einem vergleichbaren Zeitpunkt für die Hunde der Gruppe II waren die Werte weiter gesunken und bewegten sich für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 70 Schläge/min und 145 Schläge/min.

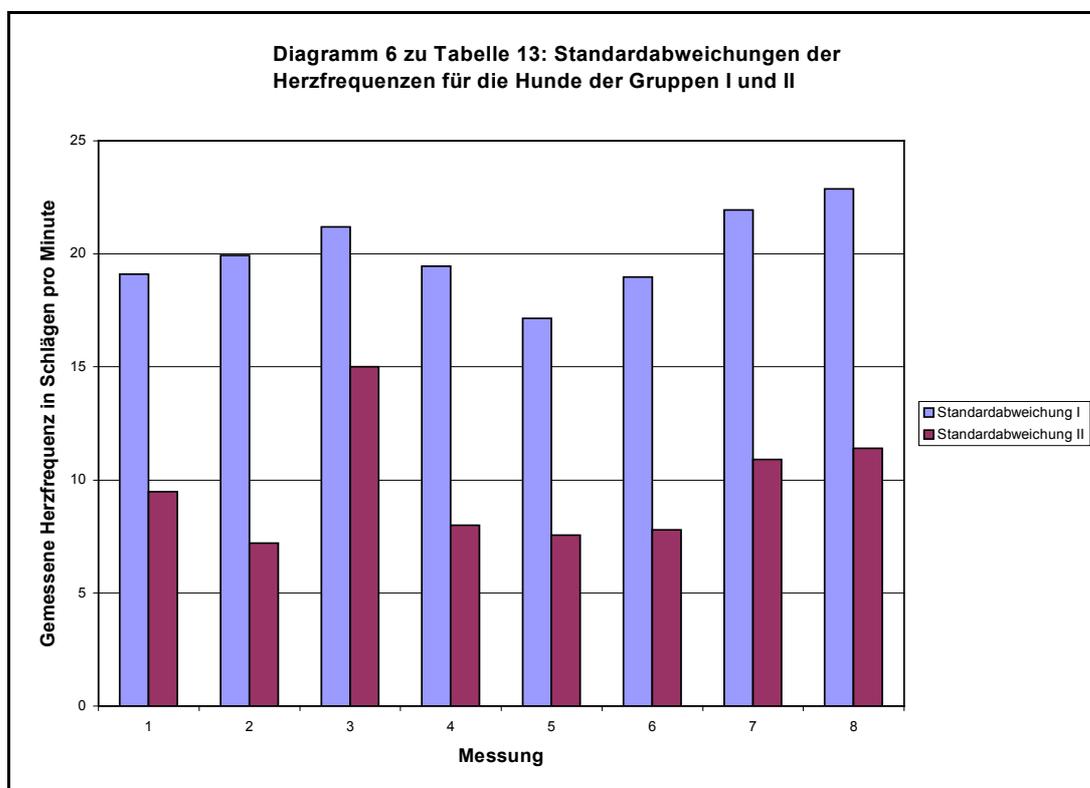
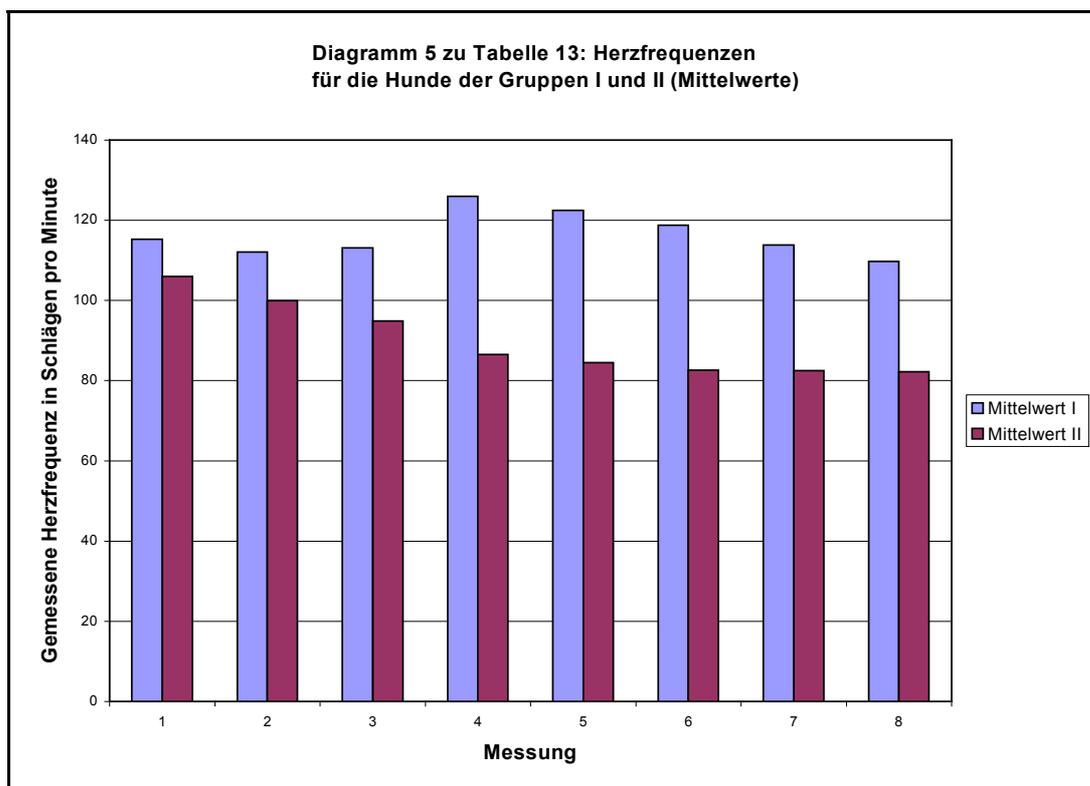
Zum Zeitpunkt der Messung 7 lag die Herzfrequenz für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 66 Schläge/min und 165 Schläge/min.

Bei Messung 8, während der Ausleitungsphase, fielen die Herzfrequenzen für alle Tiere aus beiden Gruppen zwischen 61 Schläge/min und 173 Schläge/min.

**Tabelle 13** gibt die gemessenen Werte der Gruppen I und II zu den einzelnen Messzeitpunkten wieder. Die **Diagramme 5 und 6** zeigen die Mittelwerte der Herzfrequenzen, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Mes- sung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [1/min]	Kleinster Wert [1/min ]	Mittel- wert [1/min ]	Standard- abweichung [1/min ]
1	Nach dem An- schließen der Geräte	I u. II	148	78	111.42	16.226
		I	148	78	115.29	19.101
		II	122	94	106.00	9.487
2	<b>Gr. I:</b> 4 Minuten vor Relaxierung <b>Gr. II:</b> Vergleich- barer Zeitpunkt, wie Messung 2 für Gruppe I	I u. II	138	69	107.24	16.988
		I	138	69	112.13	19.932
		II	110	88	99.90	7.203
3	Zeitl. Mittel zwi- schen 2 und 4	I u. II	156	78	105.80	20.716
		I	156	78	113.07	21.198
		II	134	78	94.90	15.014
4	2 Minuten nach Adrenalingabe	I u. II	166	73	110.20	25.198
		I	166	102	126.00	19.457
		II	100	73	86.50	8.004
5	Zeitl. Mittel zwi- schen 4 und 6	I u. II	150	73	107.28	23.522
		I	150	99	122.47	17.146
		II	94	73	84.50	7.561
6	<b>Gr. I:</b> 2 Minuten nach Antagoni- sierung <b>Gr. II:</b> Vergleich- barer Zeitpunkt wie Messung 6 für Gruppe I	I u. II	145	70	104.28	23.651
		I	145	92	118.73	18.983
		II	96	70	82.60	7.792
7	Zeitl. Mittel zwi- schen 6 und 8	I u. II	165	66	101.28	23.883
		I	165	69	113.80	21.939
		II	97	66	82.50	10.916
8	Während der Ausleitungs- phase	I u. II	173	61	98.68	23.298
		I	173	86	109.67	22.884
		II	102	61	82.20	11.400

**Tabelle 13:** Herzfrequenzen der Hunde aus den Gruppen I und II



Wie beim Augeninnendruck, veranschaulicht die Betrachtung der Mittelwerte auch bei der Herzfrequenz die Veränderungen während der Operation. Es zeigt sich, dass die Hunde der Gruppe I von Anfang an (Messung 1 = nach dem Anschließen an die Geräte) höhere Werte aufwiesen als die Hunde der Gruppe II. Dies ist an den Werten der Varianzanalyse ersichtlich, die einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit der Gruppe aufzeigt.

Vier Minuten vor der Relaxierung in Gruppe I und zeitlich entsprechend in Gruppe II (Messung 2) fielen die Herzfrequenzen der Tiere ab, wobei die Abnahme in Gruppe II stärker war als in Gruppe I.

Zum Zeitpunkt der Messung 3 stieg die Herzfrequenz der Gruppe I wieder leicht an, während sie in Gruppe II weiter abfiel.

Diese Tendenz setzte sich bei Messung 4, zwei Minuten nach der Adrenalingabe, fort: Die Herzfrequenz in Gruppe I stieg, während sie in Gruppe II weiter abnahm.

Bei Messung 5 begann die Herzfrequenz der Tiere in Gruppe I ebenfalls zu fallen. In der Gruppe II fiel der Wert nur geringfügig.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung für Gruppe I und zeitlich entsprechend für Gruppe II (Messung 6) fiel der Wert für die Herzfrequenz in Gruppe I weiter leicht ab, während er in Gruppe II nahezu unverändert blieb.

Diese Tendenz setzte sich auch bei den folgenden Messungen zum Zeitpunkt der Messung 7 und der Messung 8, der Ausleitungsphase, fort.

Diese Zusammenhänge bestätigt die Varianzanalyse, die in **Tabelle 14** dargestellt ist.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 14:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und II

Die Varianzanalyse (**Tabelle 14**) zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“ und mit dem Faktor „Gruppe“ sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

Bei den Tieren der Kontrollgruppen III (Operationen ohne Zugabe von Acetazolamid-Natrium, Acetylsalizylsäure, Dexamethason) und IV (Operationen ohne Zugabe von Acetazolamid-Natrium, Acetylsalizylsäure, Dexamethason und ohne Halothan) wurden ebenfalls die Herzfrequenzen zu den angegebenen Zeitpunkten ausgewertet. Die Ergebnisse finden sich in den **Tabellen 15 und 16**.

### **6.2.2 Herzfrequenz der Tiere aus den Gruppen III und IV**

Es zeigte sich, dass auch bei den Hunden dieser beiden Gruppen die zu Beginn errechneten Mittelwerte der Herzfrequenzen unterschiedlich waren. Bei den Hunden der Gruppe III war der Mittelwert der Herzfrequenz mit 111 Schläge/min niedriger als bei den Hunden der Gruppe IV (120 Schläge/min). Dieser Unterschied blieb über die gesamte Dauer der Operation erhalten.

Bei allen Tieren aus den Gruppen III und IV variierte die Herzfrequenz zum Zeitpunkt der Messung 1 zwischen 83 Schläge/min und 148 Schläge/min.

Bei Messung 2, vier Minuten vor der Relaxierung, lagen die Werte zwischen 83 Schläge/min und 143 Schläge/min.

Nach der Relaxierung (Messung 3) lag die Herzfrequenz für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 83 Schläge/min und 136 Schläge/min.

Zum Zeitpunkt der Messung 4 lag die Herzfrequenz für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 88 Schläge/min und 175 Schläge/min.

Bei Messung 5 sank die Herzfrequenz in beiden Gruppen ab und schwankte für alle Hunde zwischen 80 Schläge/min und 139 Schläge/min.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6), sanken die Werte weiter und bewegten sich für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 73 Schläge/min und 148 Schläge/min.

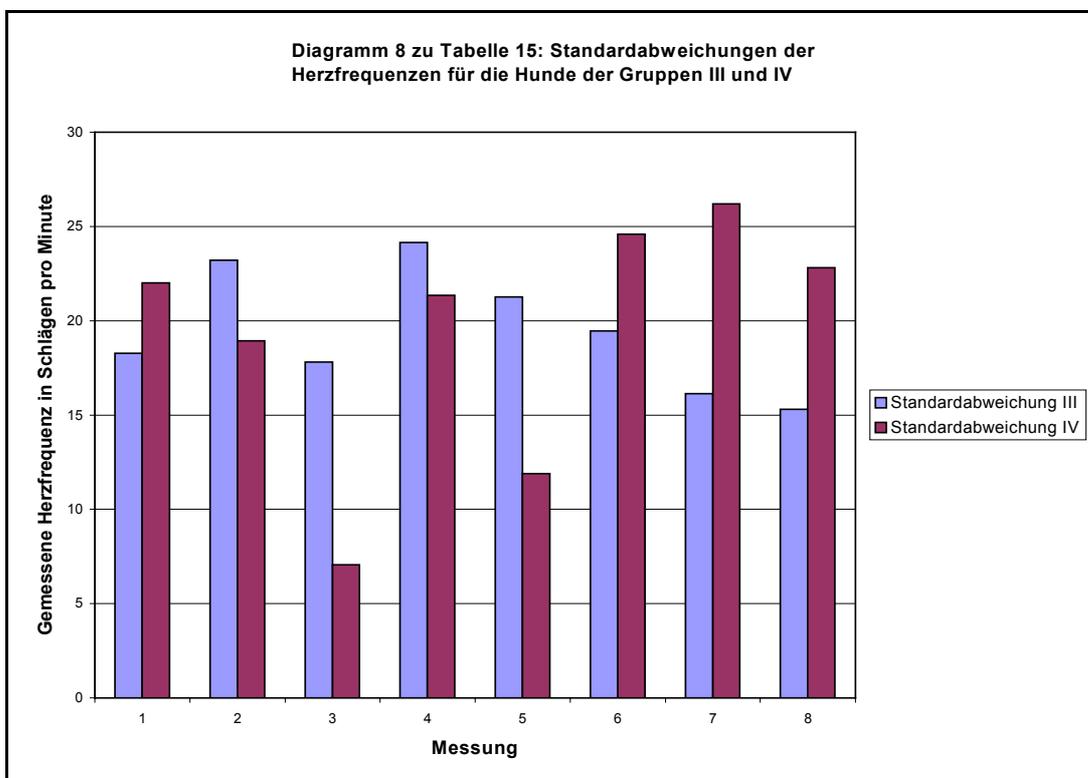
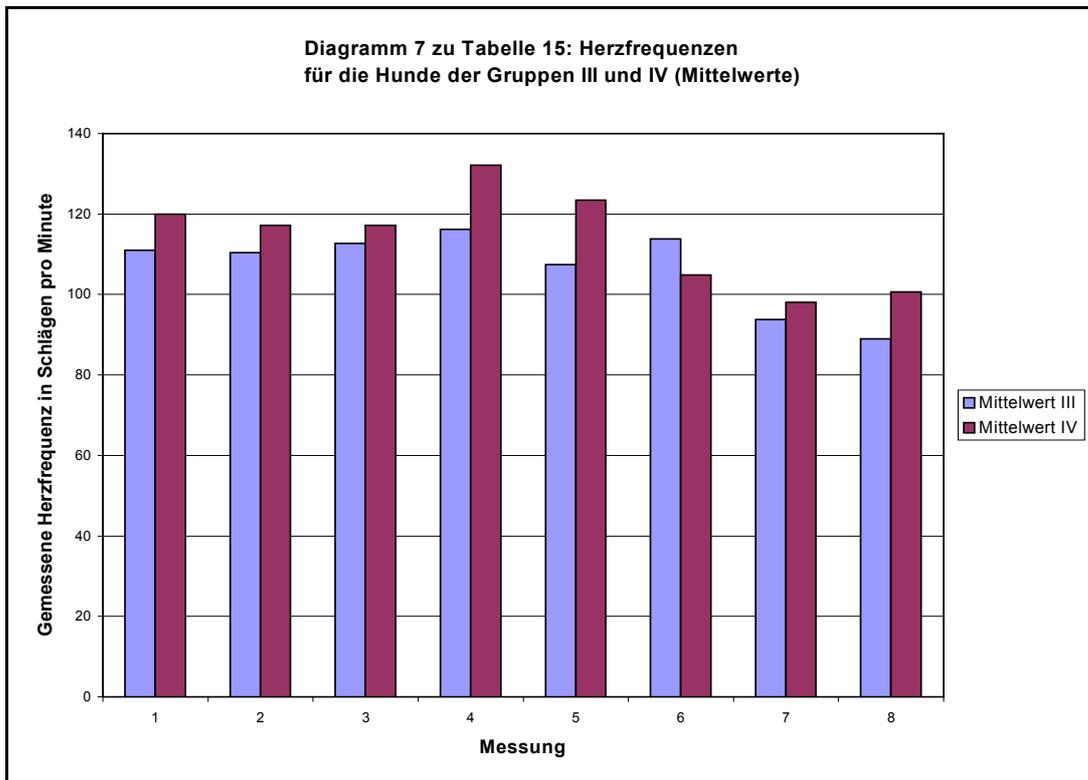
Zum Zeitpunkt der Messung 7 lag die Herzfrequenz für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 69 Schläge/min und 136 Schläge/min.

Bei Messung 8, während der Ausleitungsphase, lagen die Herzfrequenzen für alle Tiere aus beiden Gruppen zwischen 64 Schläge/min und 137 Schläge/min.

Die Werte beider Gruppen sind in **Tabelle 15** zusammengefasst. Die **Diagramme 7 und 8** zeigen wieder die Mittelwerte der Herzfrequenzen, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Messung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [1/min]	Kleinster Wert [1/min]	Mittelwert [1/min]	Standardabweichung [1/min]
1	Nach dem Anschließen der Geräte	III u. IV	148	83	114.86	19.682
		III	136	86	111.00	18.268
		IV	148	83	120.00	22.009
2	4 Minuten vor Relaxierung	III u. IV	143	83	113.13	21.159
		III	143	83	110.44	23.222
		IV	142	86	117.17	18.925
3	Zeitl. Mittel zwischen 2 und 4	III u. IV	136	83	114.47	14.292
		III	136	83	112.67	17.812
		IV	127	109	117.17	7.055
4	Vergleichbarer Zeitpunkt wie Messung 4 für die Gruppen I und II	III u. IV	175	88	122.60	23.688
		III	156	88	116.22	24.139
		IV	175	118	132.17	21.349
5	Zeitl. Mittel zwischen 4 und 6	III u. IV	139	80	113.87	19.372
		III	139	80	107.44	21.267
		IV	139	105	123.50	11.895
6	2 Minuten nach Antagonisierung	III u. IV	148	73	110.20	21.288
		III	148	92	113.78	19.473
		IV	128	73	104.83	24.588
7	Zeitl. Mittel zwischen 6 und 8	III u. IV	136	69	95.467	19.964
		III	113	69	93.78	16.131
		IV	136	74	98.00	26.207
8	Während der Ausleitungsphase	III u. IV	137	64	93.67	18.836
		III	106	64	89.00	15.305
		IV	137	75	100.67	22.818

**Tabelle 15:** Herzfrequenzen der Hunde aus den Gruppen III und IV



Die Betrachtung der Mittelwerte zeigt den Verlauf der Herzfrequenzen der Gruppen III und IV während der Operation. Die Werte dieser beiden Gruppen unterschieden sich zwar bei der Messung 1 geringfügig (wobei die Herzfrequenz der Gruppe IV höher war), allerdings war die Differenz nicht groß genug, um durch die Varianzanalyse angezeigt zu werden.

Vier Minuten vor der Relaxierung (Messung 2) hatten sich die Werte nur wenig verändert und waren in beiden Gruppen geringfügig abgefallen, wobei der Wert der Gruppe IV höher war als der der Gruppe III.

Zum Zeitpunkt der Messung 3 zeigte sich ebenfalls kaum eine Veränderung der Werte.

Dies änderte sich zum Zeitpunkt der Messung 4: die Herzfrequenz stieg in beiden Gruppen an, wobei die Zunahme in Gruppe IV stärker war als in Gruppe III. Allerdings war diese Differenz noch immer nicht ausreichend, um in der Varianzanalyse angezeigt zu werden.

Zum Zeitpunkt der Messung 5 fielen die Werte in beiden Gruppen erneut ab, wobei die Werte der Gruppe IV noch immer über denen der Gruppe III lagen.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6) stieg der Wert der Gruppe III kurzfristig an und übertraf zu diesem Zeitpunkt ein einziges Mal den Wert der Gruppe IV, der weiter sank und den eingangs gemessenen Wert unterschritt.

Zum Zeitpunkt der Messung 7 war auch die Herzfrequenz der Gruppe III wieder gefallen und lag erneut unter der der Gruppe IV. Dieser Wert der Gruppe IV war im Vergleich zur vorangegangenen Messung weiter gefallen. Die Herzfrequenzen beider Gruppen unterschritten die eingangs gemessenen Werte.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) fiel die Herzfrequenz in Gruppe III weiter ab, während sie in Gruppe IV leicht anstieg. Die Herzfrequenzen beider Gruppen unterschritten die eingangs gemessenen Werte, wobei die Gruppe IV die Gruppe III übertraf.

Diese Ergebnisse werden durch die Varianzanalyse bestätigt, die in **Tabelle 16** dargestellt ist.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.3162	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.2522	ns

**Tabelle 16:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen III und IV

Bei der Varianzanalyse ersichtlich in **Tabelle 16** stellt sich heraus, dass die Herzfrequenz für die Hunde der Gruppen III und IV (Kontrollgruppen) lediglich vom Faktor Zeit abhängt, nicht jedoch von den Gruppen.

Im Rahmen einer explorativen Datenanalyse wurden zusätzlich die Gruppenpaarungen I / III, I / IV, II / III und II / IV auf vergleichsbezogenem Signifikanzniveau miteinander verglichen. Die Ergebnisse finden sich in den **Tabellen 17 bis 20**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.1515	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0071	s

**Tabelle 17:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und III

Die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 17** zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Allerdings stellt sie auch eine signifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe dar.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.7454	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0274	ss

**Tabelle 18:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und IV

Die Varianzanalyse zeigt bezogen auf **Tabelle 18** einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“, nicht aber mit der Gruppe. Allerdings zeigt sie auch eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.001	hs

**Tabelle 19:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen II und III

Die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 19** lässt einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“ und dem Faktor „Gruppe“ sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe erkennen.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.001	hs

**Tabelle 20:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen II und IV

Die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 20** zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“ und dem Faktor „Gruppe“ sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

Immer dann, wenn die Gruppe I (Narkoseregime mit Muskelrelaxans) mit in die Analyse eingeschlossen ist, ist das Kriterium „Gruppe“ nicht signifikant. Anders bei den Analysen, bei denen die Gruppe II eingeschlossen ist. Hier ist das Kriterium Gruppe hoch signifikant und es gibt eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe in Bezug auf den Parameter Herzfrequenz.

In **Tabelle 21** werden sämtliche Gruppen in die Varianzanalyse einbezogen, wobei sich wieder das gleiche Bild ergibt: ein hochsignifikanter Zusammenhang der Herzfrequenz mit dem Faktor „Zeit“ und dem Faktor „Gruppe“ sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 21:** Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I bis IV

### 6.3 Blutdruck

Dem Blutdruck kommt bei der vorliegenden Arbeit eine zweifache Bedeutung zu:

1. Der Blutdruck ist eine der ganz wesentlichen Vitalfunktionen, deren Veränderung durch die Anwendung des Muskelrelaxans Atracurium möglichst genau bestimmt werden muss.
2. Er hat einen wesentlichen Einfluss auf den Augeninnendruck und muss auch aus diesem Grund gemessen werden. Während der Operation sollte er möglichst nicht ansteigen.

Entsprechend den Zeitpunkten, zu denen die Herzfrequenz gemessen wurde, wurden auch der systolische und der diastolische Blutdruck bei allen Tieren der vier Versuchsgruppen ausgewertet. Die Zeitpunkte waren daher wieder wie folgt definiert:

Messung	Zeitpunkt der Messung
1	nachdem der Hund an die Geräte angeschlossen war
2	vier Minuten vor der Relaxierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
3	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 2 und 4
4	zwei Minuten nach Adrenalingabe in die vorderen Augenkammer (bei den Gruppen III und IV zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
5	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 4 und 6
6	zwei Minuten nach der Antagonisierung (bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt)
7	zeitliches Mittel zwischen den Messzeitpunkten 6 und 8
8	letzte Messung des Blutdrucks in der Ausleitungsphase

### **6.3.1 Systolischer Blutdruck**

#### **6.3.1.1 Systolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen I und II**

Zu Beginn der Operation (Zeitpunkt 1) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 115 mmHg und 199 mmHg.

Vier Minuten vor der Relaxierung in Gruppe I bzw. zu einem vergleichbaren Zeitpunkt in Gruppe II (Zeitpunkt 2) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 89 mmHg und 177 mmHg.

Bei Messung 3 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 82 mmHg und 190 mmHg.

Zwei Minuten nach der Adrenalingabe (Messung 4) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 81 mmHg und 189 mmHg.

Zum Zeitpunkt der Messung 5 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 90 mmHg und 189 mmHg.

Bei Messung 6, in Gruppe I zwei Minuten nach der Antagonisierung, in Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt, lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde der beiden Gruppen zwischen 83 mmHg und 192 mmHg.

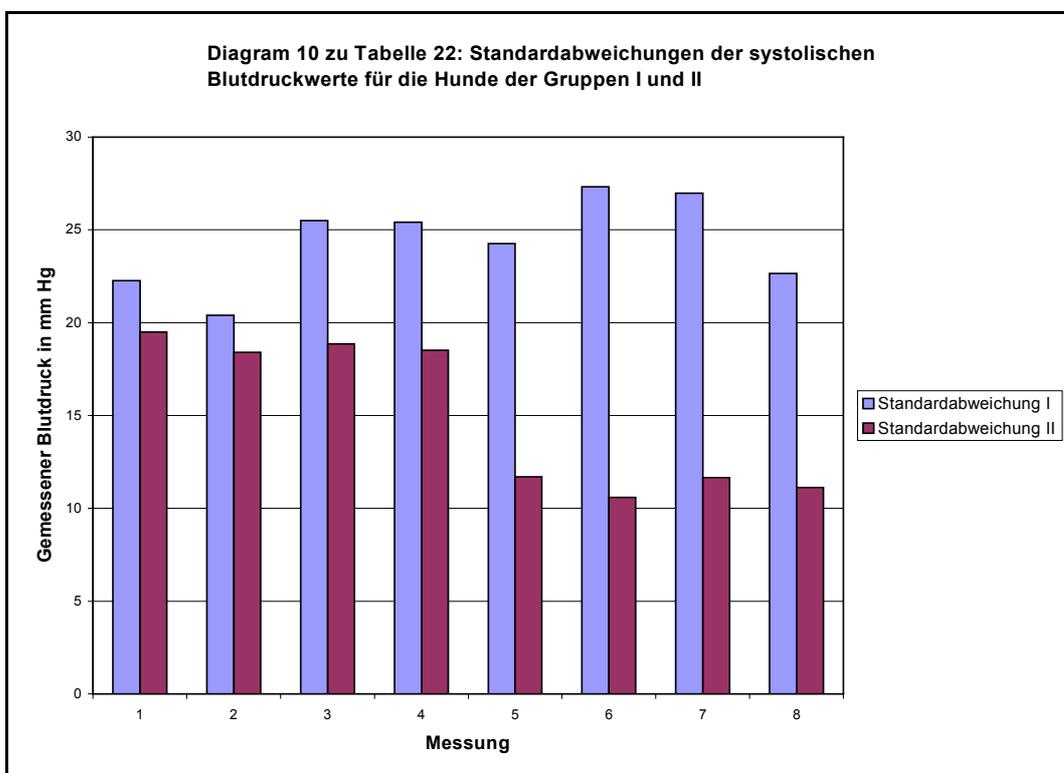
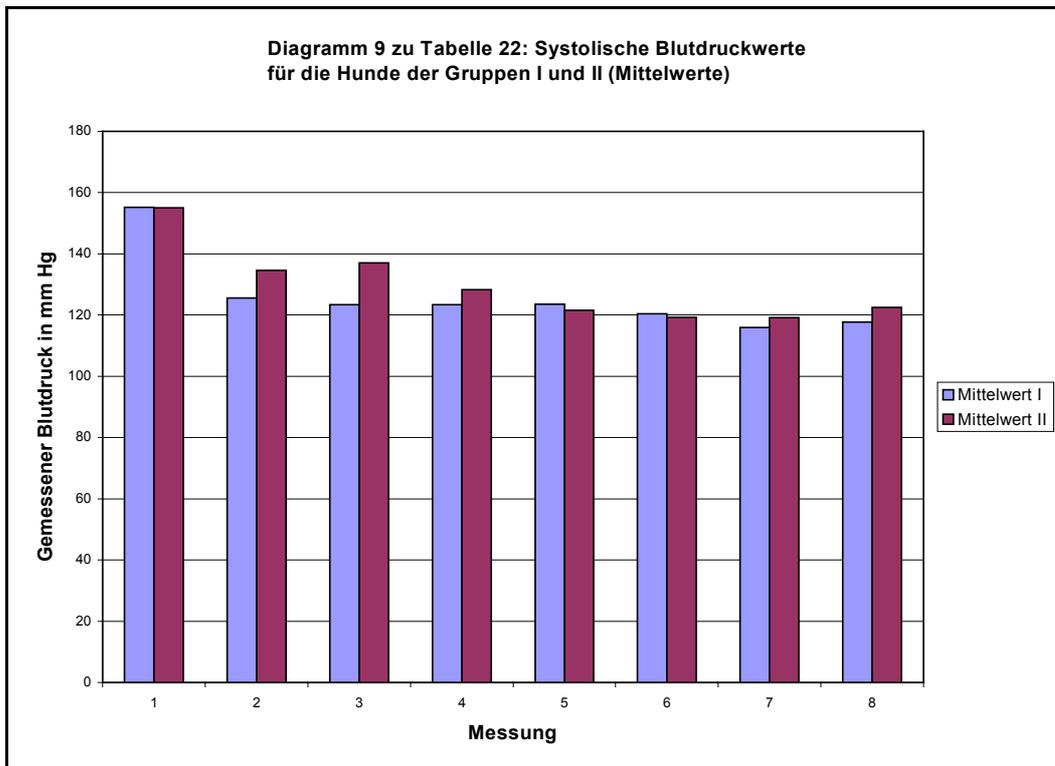
Zum Zeitpunkt der Messung 7 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 61 mmHg und 162 mmHg.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 73 mmHg und 158 mmHg.

Die Werte beider Gruppen für den systolischen Blutdruck sind in **Tabelle 22** dargestellt. Die **Diagramme 9 und 10** zeigen die Mittelwerte der systolischen Blutdruckwerte, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen auch in grafischer Form.

Mes- sung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittel- wert [mmHg]	Standard- abweichung [mmHg]
1	Nach dem An- schließen der Geräte	I u. II	199	115	155.12	20.785
		I	199	115	155.20	22.275
		II	180	121	155.00	19.499
2	<b>Gr. I:</b> 4 Minuten vor Relaxierung <b>Gr. II:</b> Vergleich- barer Zeitpunkt wie Messung 2 für Gruppe I	I u. II	177	89	129.20	19.746
		I	174	89	125.60	20.399
		II	177	120	134.60	18.398
3	Zeitl. Mittel zwi- schen 2 und 4	I u. II	190	82	128.80	23.652
		I	190	82	123.33	25.505
		II	174	121	137.00	18.850
4	2 Minuten nach Adrenalingabe	I u. II	189	81	125.36	22.607
		I	189	81	123.40	25.408
		II	171	109	128.30	18.512
5	Zeitl. Mittel zwi- schen 4 und 6	I u. II	189	90	122.72	19.886
		I	189	90	123.47	24.260
		II	146	109	121.60	11.692
6	<b>Gr. I:</b> 2 Minuten nach Antagoni- sierung <b>Gr. II:</b> Vergleich- barer Zeitpunkt wie Messung 6 für Gruppe I	I u. II	192	83	120.00	21.856
		I	192	83	120.47	27.318
		II	136	104	119.30	10.584
7	Zeitl. Mittel zwi- schen 6 und 8	I u. II	162	61	117.16	21.859
		I	162	61	115.87	26.968
		II	139	104	119.10	11.657
8	Während der Ausleitungs- phase	I u. II	158	73	119.64	18.744
		I	158	73	117.73	22.651
		II	146	106	122.50	11.118

**Tabelle 22:** Systolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II



Wie bei der Herzfrequenz erlaubt die Betrachtung der Mittelwerte des systolischen Blutdrucks beider Gruppen, den zeitlichen Verlauf dieser Werte während der Operation nachzuvollziehen. Nach dem Anschließen der Hunde an die Geräte (Messung 1) waren keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen messbar.

Bei der nächsten Messung, vier Minuten vor der Relaxierung der Gruppe I und zeitlich entsprechend bei Gruppe II (Messung 2), waren die Blutdruckwerte beider Gruppen mit einem nicht signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen abgefallen.

Messung 3 ergab einen geringfügig gesunkenen Wert für Gruppe I und einen geringfügig gestiegenen Wert für Gruppe II. Die Differenz der Mittelwerte beider Gruppen hatte sich zwar vergrößert, war aber noch nicht signifikant.

Zwei Minuten nach der Adrenalingabe (Messung 4) war der systolische Blutdruck in Gruppe I nahezu unverändert, während er in Gruppe II leicht abgefallen war. Diese Tendenz setzte sich auch bei Messung 5 fort, wobei die Werte der beiden Gruppen fast identisch waren.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung in Gruppe I und zeitlich entsprechend in Gruppe II (Messung 6) war der systolische Blutdruck beider Gruppen nahezu gleich und im Vergleich zur vorangegangenen Messung minimal abgefallen.

Messung 7 ergab für Gruppe I einen leichten Blutdruckabfall, während der Wert in Gruppe II unverändert blieb und den der Gruppe I geringfügig übertraf.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) stiegen die Werte beider Gruppen wieder leicht an, wobei zwischen den Gruppen kaum ein Unterschied messbar war.

Die Varianzanalyse bestätigt, dass der systolische Blutdruck lediglich vom Faktor Zeit abhängt – hier ergibt sich ein hochsignifikanter Zusammenhang – nicht jedoch von der Gruppe. Das Ergebnis veranschaulicht **Tabelle 23**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.6058	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.1737	ns

**Tabelle 23:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und II

### **6.3.1.2 Systolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen III und IV**

Bei den Tieren der Gruppen III und IV wurden die Blutdruckwerte zu Zeitpunkten ermittelt, die mit denjenigen bei den Tieren der Gruppen I und II korrespondierten. Bereits zu Beginn der Operation war ein Unterschied zwischen den Tieren beider Gruppen festzustellen. Bei den Tieren der Gruppe IV waren Maximalwert, Minimalwert und Mittelwert des systolischen Blutdrucks etwas höher als bei den Hunden der Gruppe III. Diese Tendenz blieb während der gesamten Operationszeit erhalten und prägte sich stärker aus. Stets lag der Mittelwert des systolischen Blutdrucks der Tiere aus Gruppe IV höher als der Blutdruck der Tiere aus der Gruppe III. Ab dem Zeitpunkt 3 betrug dieser Unterschied stets zwischen 20 mmHg und 30 mmHg.

Zu Beginn der Operation (Messung 1) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 99 mmHg und 189 mmHg.

Vier Minuten vor der Relaxierung (Messung 2) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 106 mmHg und 195 mmHg.

Bei Messung 3 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 114 mmHg und 212 mmHg.

Zum Zeitpunkt der Messung 4 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 95 mmHg und 183 mmHg.

Bei Messung 5 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 87 mmHg und 202 mmHg.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde der beiden Gruppen zwischen 113 mmHg und 210 mmHg.

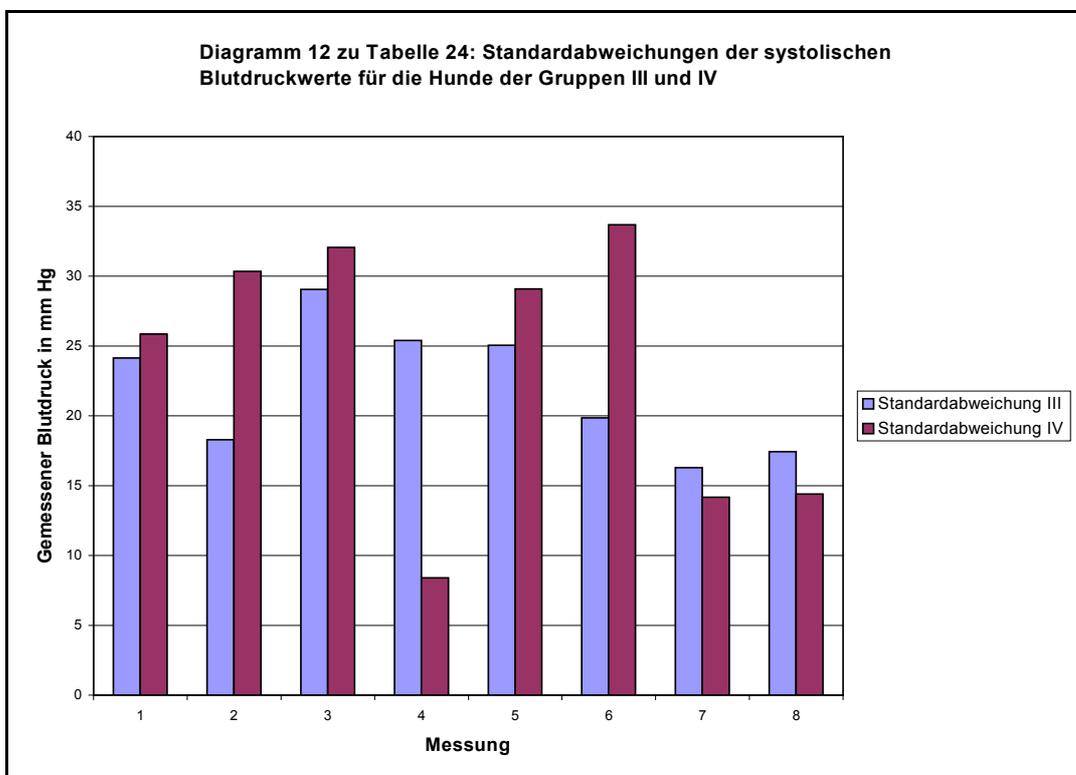
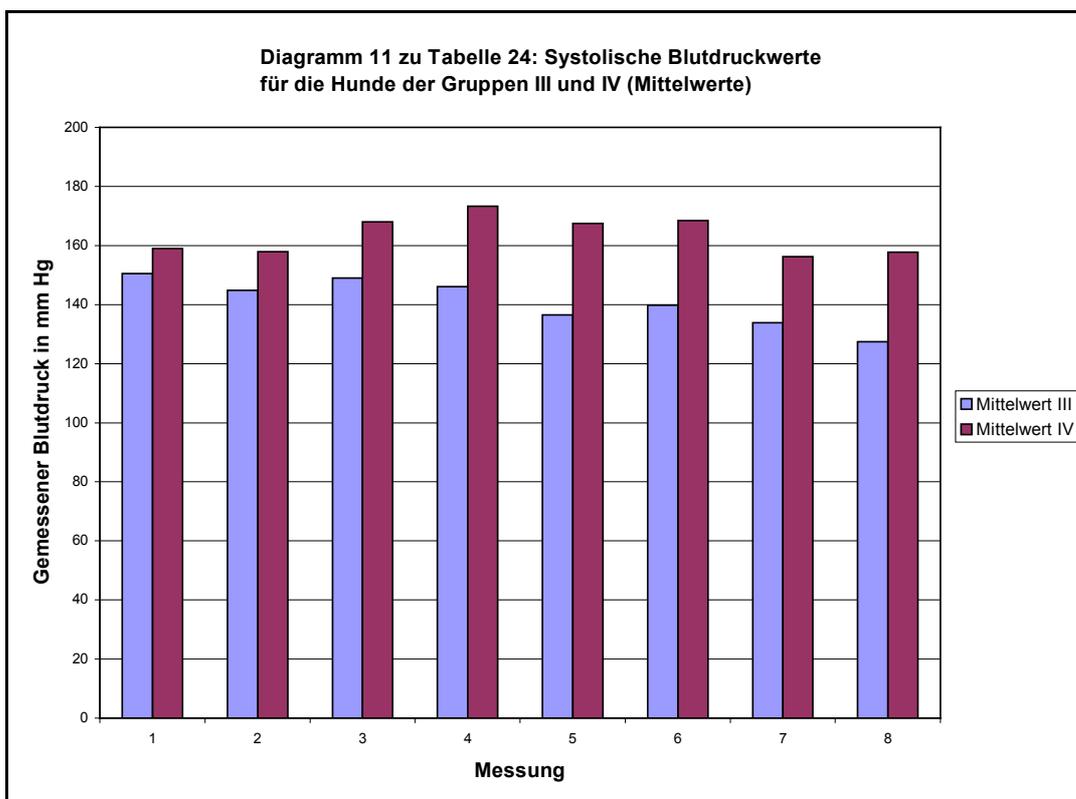
Zum Zeitpunkt 7 lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 116 mmHg und 176 mmHg.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) lagen die Werte des systolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 105 mmHg und 176 mmHg.

Die Werte beider Gruppen sind in **Tabelle 24** zusammengefaßt. Die **Diagramme 11 und 12** zeigen wieder die Mittelwerte der systolischen Blutdruckwerte, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Messung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittelwert [mmHg]	Standardabweichung [mmHg]
1	Nach dem Anschließen der Geräte	III u. IV	189	99	153.93	24.291
		III	176	99	150.56	24.130
		IV	189	125	159.00	25.869
2	4 Minuten vor Relaxierung	III u. IV	195	106	150.07	23.726
		III	168	106	144.89	18.286
		IV	195	118	157.83	30.341
3	Zeitl. Mittel zwischen 2 und 4	III u. IV	212	114	156.60	30.708
		III	207	114	149.00	29.069
		IV	212	121	168.00	32.069
4	Vergleichbarer Zeitpunkt wie Messung 4 für die Gruppen I und II.	III u. IV	183	95	153.55	25.049
		III	179	95	146.13	25.408
		IV	183	168	173.33	8.387
5	Zeitl. Mittel zwischen 4 und 6	III u. IV	202	87	146.00	29.195
		III	178	87	136.44	25.051
		IV	202	131	167.50	29.080
6	2 Minuten nach Antagonisierung	III u. IV	210	113	149.42	27.553
		III	172	113	139.88	19.860
		IV	210	132	168.50	33.690
7	Zeitl. Mittel zwischen 6 und 8	III u. IV	176	116	140.69	18.544
		III	163	116	133.78	16.300
		IV	176	145	156.25	14.175
8	Während der Ausleitungsphase	III u. IV	176	105	139.15	21.946
		III	155	105	127.50	17.419
		IV	176	139	157.80	14.412

**Tabelle 24:** Systolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV



Auch hier veranschaulicht die Betrachtung der Mittelwerte den zeitlichen Verlauf des systolischen Blutdrucks während des Eingriffs.

Es zeigt sich, dass die Tiere aus Gruppe IV bereits nach dem Anschließen an die Geräte (Messung 1) einen höheren systolischen Blutdruck hatten als die der Gruppe III. Dies blieb über die gesamte Dauer der Operation erhalten und führte zu einem schwach signifikanten Zusammenhang des Blutdrucks mit der Gruppe.

Vier Minuten vor der Relaxierung (Messung 2) waren die Werte der Tiere beider Gruppen leicht gefallen. Doch schon bei Messung 3 war der systolische Blutdruck der Tiere beider Gruppen wieder gestiegen.

Zum Zeitpunkt der Messung 4 war der Wert der Gruppe III wieder leicht gefallen, während der Wert der Gruppe IV weiter gestiegen war. Die Differenz zwischen beiden Gruppen vergrößerte sich.

Bei Messung 5 war der Wert der Gruppe III erneut leicht gefallen, und auch der Wert der Gruppe IV war gesunken.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6) waren beide Werte wieder geringfügig gestiegen, während sie bei Messung 7 wieder fielen.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) war der systolische Blutdruck der Gruppe III wieder gesunken, während er bei Gruppe IV nahezu unverändert blieb.

Diesen Verlauf spiegelt auch die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 25** wieder, die neben einem signifikanten Zusammenhang des systolischen Blutdrucks mit dem Faktor „Zeit“ auch einen schwach signifikanten Zusammenhang mit dem Faktor „Gruppe“ zeigt.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.0117	ss
<b>Zeit</b>	0.0085	s
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0501	ns

**Tabelle 25:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen III und IV

Noch deutlicher wird der Zusammenhang beim Vergleich der Tiere aus Gruppe I (mit Muskelrelaxans) mit denen aus Gruppe IV (ohne i.v. Injektionen und ohne Halothan). Die Varianzanalyse ist in **Tabelle 27** zusammengefasst und zeigt hoch signifikante Zusammenhänge zwischen den Parametern Gruppenzugehörigkeit, Zeit und der Kombination aus Gruppe und Zeit. Ähnlich deutlich präsentiert sich das Ergebnis beim Vergleich der Gruppen II (ohne Muskelrelaxans) und IV, das in **Tabelle 29** dargestellt ist. Hingegen ist beim Vergleichen der anderen Gruppen miteinander hauptsächlich eine Abhängigkeit vom Faktor Zeit feststellbar. Die entsprechenden Varianzanalysen finden sich in den **Tabellen 26 bis 29**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.0822	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.001	hs

**Tabelle 26:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und III

Die Varianzanalyse für die Gruppen I und III (**Tabelle 26**) zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang des systolischen Blutdrucks mit der Zeit und stellt eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit dar.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 27:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und IV

Die Varianzanalyse für die Gruppen I und IV (**Tabelle 27**) zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang des systolischen Blutdrucks mit der Zeit und der Gruppe sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	0.1226	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.0362	ss

**Tabelle 28:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen II und III

Die Varianzanalyse für die Gruppen II und III (**Tabelle 28**) zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang des systolischen Blutdrucks mit der Zeit und eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 29:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen II und IV

Die Varianzanalyse für die Gruppen II und IV (**Tabelle 29**) zeigt einen hochsignifikanten Zusammenhang des systolischen Blutdrucks mit der Zeit und der Gruppe sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

Zum gleichen Ergebnis kommt auch die Varianzanalyse unter Einbeziehung aller vier Gruppen, dargestellt in **Tabelle 30**.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 30:** Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks der Gruppen I bis IV

### 6.3.2 Diastolischer Blutdruck

Die Messzeitpunkte für den diastolischen Blutdruck wurden genau so gewählt wie beim systolischen Blutdruck und sind unter Kap. 6.3 beschrieben.

#### 6.3.2.1 Diastolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen I und II

Der diastolische Blutdruck wurde parallel zum systolischen Blutdruck ausgewertet und zeigt lediglich eine Abhängigkeit von der Zeit. Zu Beginn der Operation (Messung 1) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 54 mmHg und 136 mmHg.

Vier Minuten vor der Relaxierung in Gruppe I bzw. zu einem vergleichbaren Zeitpunkt in Gruppe II (Messung 2) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 46 mmHg und 111 mmHg. Zum Zeitpunkt der Messung 3 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 37 mmHg und 134 mmHg.

Zwei Minuten nach der Adrenalingabe (Messung 4) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 33 mmHg und 124 mmHg.

Bei Messung 5 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 40 mmHg und 113 mmHg.

Zum Zeitpunkt der Messung 6 (in Gruppe I zwei Minuten nach der Antagonisierung, in Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde der beiden Gruppen zwischen 33 mmHg und 123 mmHg.

Bei Messung 7 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 30 mmHg und 92 mmHg.

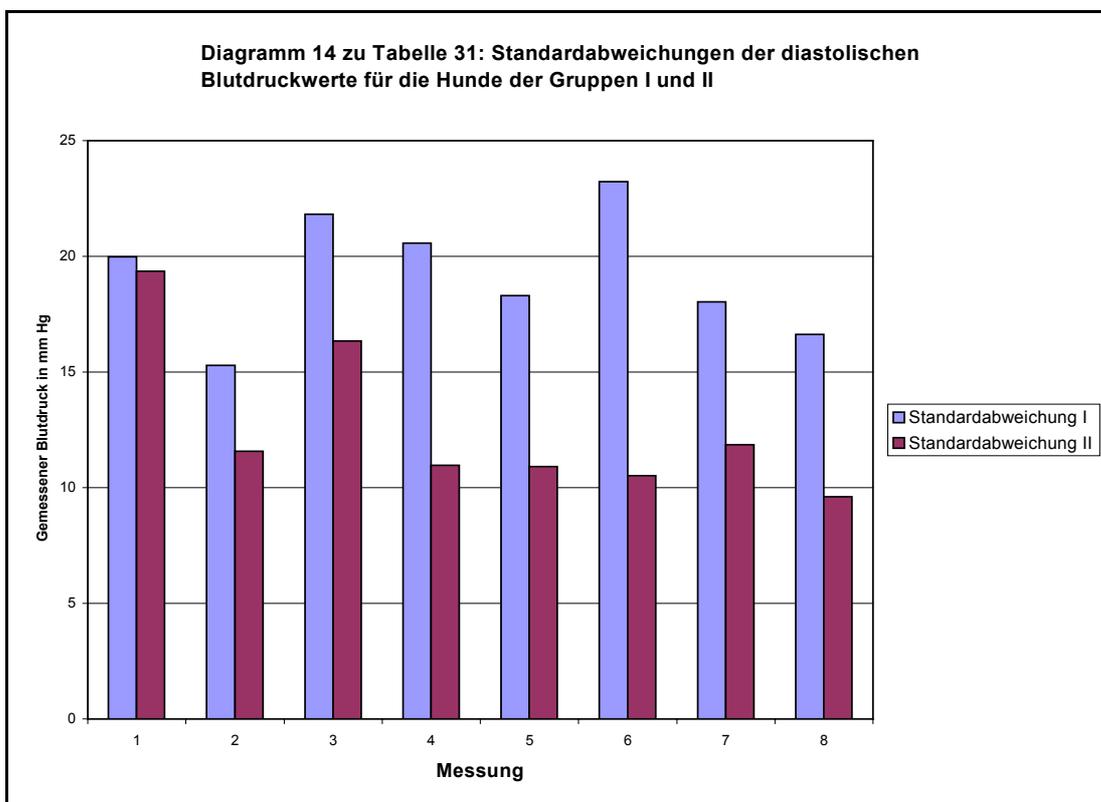
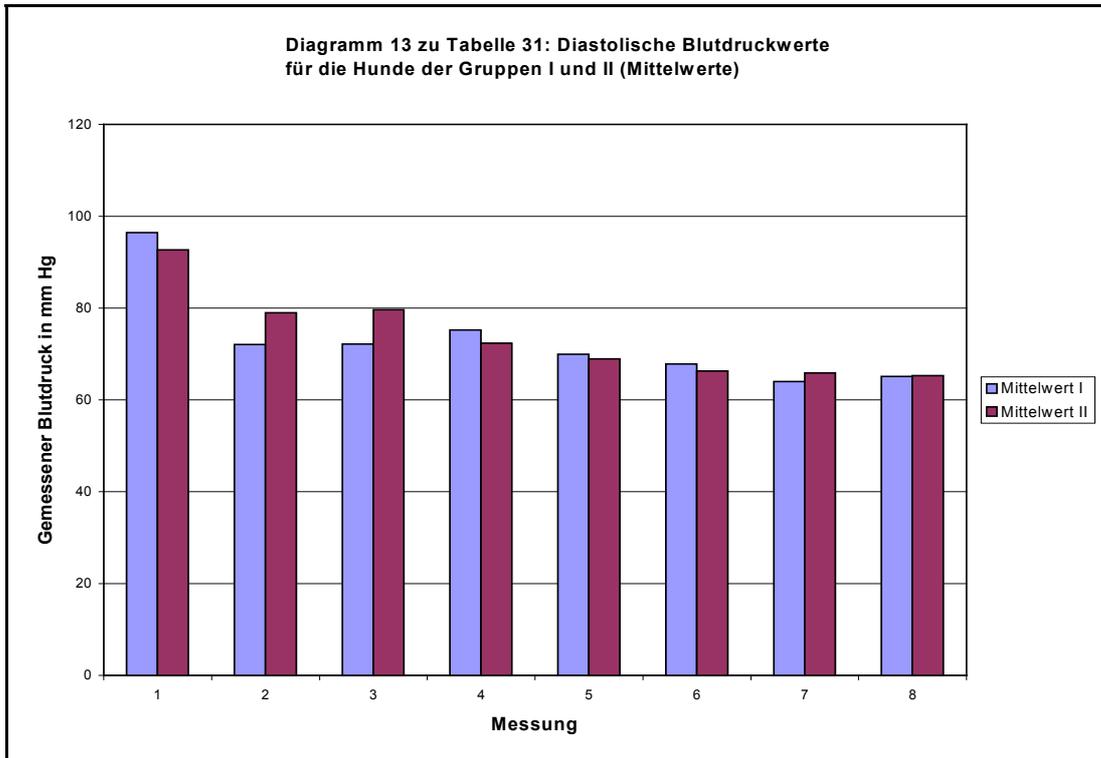
In der Ausleitungsphase (Messung 8) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen I und II zwischen 34 mmHg und 90 mmHg.

Die Werte für den diastolischen Blutdruck sind in **Tabelle 31** dargestellt. Die **Diagramme 13 und 14** zeigen die Mittelwerte der diastolischen Blutdruckwerte,

die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen auch in grafischer Form.

Messung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittelwert [mmHg]	Standardabweichung [mmHg]
1	Nach dem Anschließen der Geräte	I u. II	136	54	94.96	19.415
		I	136	56	96.47	19.978
		II	122	54	92.70	19.362
2	<b>Gr. I:</b> 4 Minuten vor Relaxierung <b>Gr. II:</b> Vergleichbarer Zeitpunkt wie Messung 2 für Gruppe I	I u. II	111	46	74.84	14.088
		I	111	46	72.07	15.285
		II	105	68	79.00	11.566
3	Zeitl. Mittel zwischen 2 und 4	I u. II	134	37	75.16	19.809
		I	134	37	72.13	21.827
		II	119	65	79.70	16.344
4	2 Minuten nach Adrenalingabe	I u. II	124	33	74.04	17.143
		I	124	33	75.20	20.564
		II	93	54	72.30	10.965
5	Zeitl. Mittel zwischen 4 und 6	I u. II	113	40	69.56	15.498
		I	113	40	70.00	18.295
		II	87	52	68.90	10.908
6	<b>Gr. I:</b> 2 Minuten nach Antagonisierung <b>Gr. II:</b> Vergleichbarer Zeitpunkt wie Messung 6 für Gruppe I	I u. II	123	33	67.20	18.888
		I	123	33	67.80	23.229
		II	84	48	66.30	10.510
7	Zeitl. Mittel zwischen 6 und 8	I u. II	92	30	64.76	15.595
		I	92	30	64.00	18.028
		II	80	42	65.90	11.855
8	Während der Ausleitungsphase	I u. II	90	34	65.16	13.999
		I	90	34	65.07	16.628
		II	80	51	65.30	9.615

**Tabelle 31:** Diastolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II



Die Betrachtung der Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks erlaubt es, den zeitlichen Verlauf während der Operation zu beschreiben.

Nach dem Anschließen an die Geräte (Messung 1) hatte Gruppe I einen geringfügig höheren diastolischen Blutdruck als Gruppe II. Die Differenz reichte jedoch nicht, um die Varianzanalyse zu beeinflussen.

Bei Messung 2, vier Minuten vor der Relaxierung in Gruppe I und zeitlich entsprechend in Gruppe II, waren die Werte beider Gruppen gesunken, wobei die Werte von Gruppe II unter denen von Gruppe I lagen. Doch auch dieser Unterschied war nicht signifikant.

Zum Zeitpunkt der Messung 3 waren die Werte beider Gruppen nahezu unverändert, während bei Messung 4, zwei Minuten nach der Adrenalingabe, der Wert in Gruppe I anstieg und in Gruppe II abfiel, so dass erstmalig der Wert der Gruppe I über dem von Gruppe II lag.

Bei Messung 5 fielen beide Werte erneut ab, wobei Gruppe I noch immer die Gruppe II übertraf. Diese Tendenz setzte sich fort bei Messung 6 (zwei Minuten nach der Antagonisierung in Gruppe I und zeitlich entsprechend in Gruppe II).

Zum Zeitpunkt der Messung 7 fiel der diastolische Blutdruck der Gruppe I weiter ab, während er in Gruppe II unverändert blieb. Dies führte dazu, dass der Wert der Gruppe II den der Gruppe I übertraf.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) war der Wert der Gruppe I leicht gestiegen, während der Wert der Gruppe II nahezu unverändert blieb. Dies führte dazu, dass die Werte beider Gruppen zu diesem Zeitpunkt fast identisch waren.

Die Varianzanalyse bestätigt, dass der diastolische Blutdruck für die Hunde der Gruppen I und II lediglich vom Faktor Zeit abhängt, für den ein hochsignifikanter Zusammenhang aufgezeigt wird, nicht jedoch von der Gruppe. Das Ergebnis veranschaulicht **Tabelle 32**.

	<b>Wert der VA</b>	<b>Signifikanz</b>
<b>Gruppe</b>	0.8785	ns
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.3255	ns

**Tabelle 32:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I und II

### **6.3.2.2 Diastolischer Blutdruck der Tiere aus den Gruppen III und IV**

Auch bei den Tieren der Gruppen III und IV wurde ein Zusammenhang zwischen den gemessenen diastolischen Blutdruckwerten und dem Faktor Zeit festgestellt.

Zu Beginn der Operation (Messung 1) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 60 mmHg und 146 mmHg.

Vier Minuten vor der Relaxierung (Messung 2) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 57 mmHg und 144 mmHg.

Zum Zeitpunkt der Messung 3 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus beiden Gruppen zwischen 58 mmHg und 155 mmHg.

Bei Messung 4 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 48 mmHg und 134 mmHg.

Zum Zeitpunkt der Messung 5 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 60 mmHg und 150 mmHg.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6), lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde der beiden Gruppen zwischen 67 mmHg und 161 mmHg.

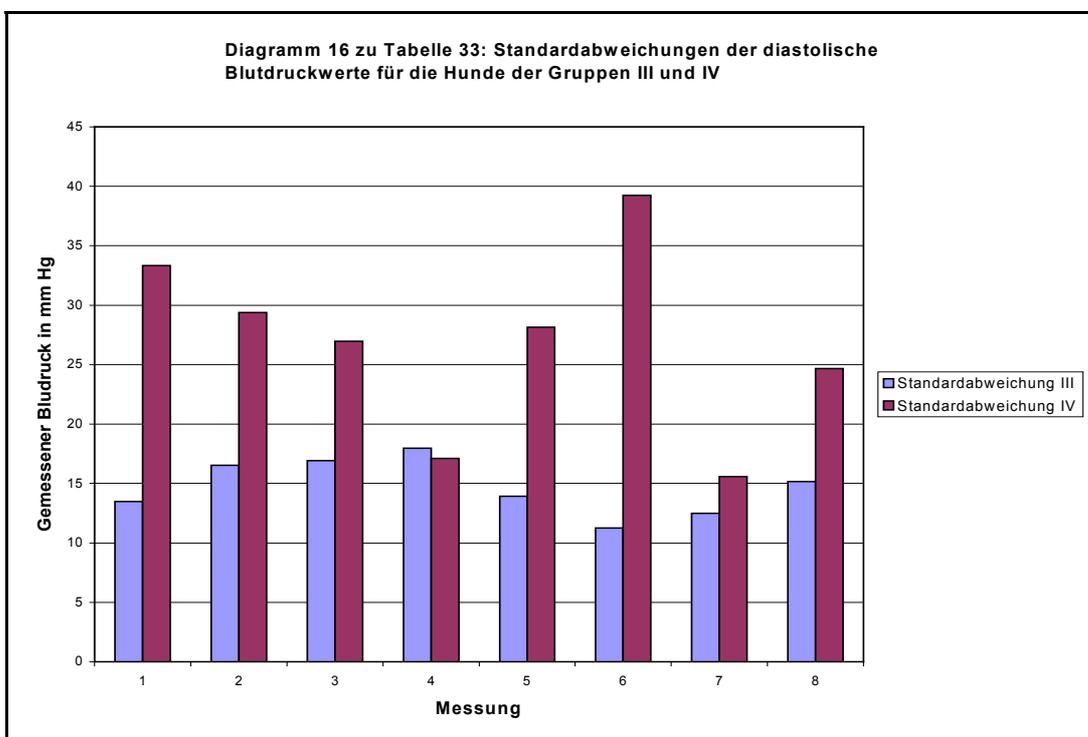
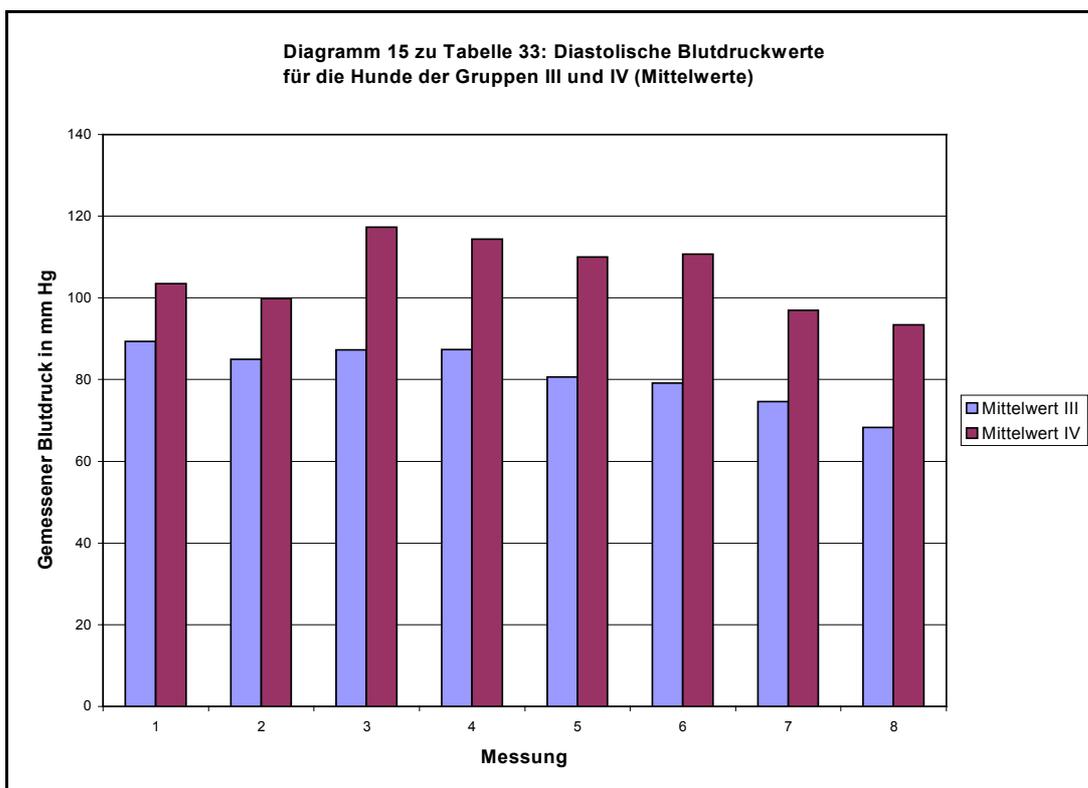
Bei Messung 7 lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 59 mmHg und 117 mmHg.

In der Ausleitungsphase (Messung 8) lagen die Werte des diastolischen Blutdrucks für alle Hunde aus den Gruppen III und IV zwischen 57 mmHg und 124 mmHg.

**Tabelle 33** stellt die Werte für die beiden Kontrollgruppen dar. Die **Diagramme 15 und 16** zeigen wieder die Mittelwerte der diastolischen Blutdruckwerte, die zu den einzelnen Messzeitpunkten gemessen wurden und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Messung	Zeitpunkt	Gruppe	Größter Wert [mmHg]	Kleinster Wert [mmHg]	Mittelwert [mmHg]	Standardabweichung [mmHg]
1	Nach dem Anschließen der Geräte	III u. IV	146	60	95.00	23.504
		III	109	63	89.33	13.500
		IV	146	60	103.50	33.327
2	4 Minuten vor Relaxierung	III u. IV	144	57	90.93	22.827
		III	113	57	85.00	16.538
		IV	144	60	99.83	29.376
3	Zeitl. Mittel zwischen 2 und 4	III u. IV	155	58	99.27	25.586
		III	114	58	87.22	16.932
		IV	155	86	117.33	26.960
4	Vergleichbarer Zeitpunkt wie Messung 4 für die Gruppen I und II.	III u. IV	134	48	94.73	21.053
		III	107	48	87.38	17.976
		IV	134	103	114.33	17.098
5	Zeitl. Mittel zwischen 4 und 6	III u. IV	150	60	90.42	23.423
		III	106	60	80.63	13.917
		IV	150	85	110.00	28.154
6	2 Minuten nach Antagonisierung	III u. IV	161	67	89.67	27.257
		III	100	67	79.13	11.269
		IV	161	69	110.75	39.229
7	Zeitl. Mittel zwischen 6 und 8	III u. IV	117	59	81.46	16.766
		III	96	59	74.56	12.501
		IV	117	79	97.00	15.578
8	Während der Ausleitungsphase	III u. IV	124	57	77.92	22.344
		III	93	57	68.25	15.173
		IV	124	67	93.40	24.664

**Tabelle 33:** Diastolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV



Die Beschreibung des Verlaufs des diastolischen Blutdrucks der beiden Gruppen während der Operation erfolgt wieder anhand der Mittelwerte.

Wie bei der Herzfrequenz und dem systolischen Blutdruck fällt auf, dass die Hunde in der Gruppe IV (ohne Halothan) bereits zu Beginn (Messung 1) einen höheren Mittelwert des diastolischen Blutdrucks (103,5 mmHg) hatten als die Hunde der Gruppe III, denen Halothan verabreicht wurde (89,33 mmHg). Dieser Unterschied blieb während der gesamten Zeit erhalten und beeinflusste dementsprechend auch die Varianzanalyse, die der Gruppenzugehörigkeit eine hohe Signifikanz zuweist.

Vier Minuten vor der Relaxierung (Messung 2) waren die Werte beider Gruppen gesunken, wobei das Verhältnis der Werte zwischen den beiden Gruppen sich nicht veränderte.

Nach der Relaxierung (Messung 3) nahm der diastolische Blutdruck der Gruppe III geringfügig zu, während er in Gruppe IV stark anstieg und den eingangsgemessenen Wert übertraf.

Bei der Messung 4 war der Wert der Gruppe III fast unverändert, während er in Gruppe IV gefallen war.

Messung 5 zeigte einen leicht gefallenen diastolischen Blutdruck bei beiden Gruppen, während bei Messung 6 (zwei Minuten nach der Antagonisierung) der Wert der Gruppe III leicht sank und der Wert der Gruppe IV leicht stieg.

Bei Messung 7 waren beide Werte erneut gefallen, wobei der diastolische Blutdruck der Gruppe IV den Wert der ersten Messung unterschritt. Dies setzte sich bei Messung 8 in der Ausleitungsphase fort.

Die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 34** bestätigt die hohe Signifikanz bei den Faktoren „Gruppe“ und „Zeit“.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	0.2175	ns

**Tabelle 34:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen III und IV

Wie beim systolischen Blutdruck wird der Zusammenhang beim Vergleich der Gruppe I (mit iv. Injektionen und mit Halothan) mit Gruppe IV (ohne i.v. Injektionen und ohne Halothan) noch deutlicher. Die Varianzanalyse ist für den diastolischen Blutdruck in **Tabelle 36** zusammengefasst und zeigt einen hoch signifikanten Zusammenhang bei den Parametern Gruppe und Zeit sowie eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Gruppe.

Ähnlich ist das Ergebnis beim Vergleich der Gruppe II (ohne Muskelrelaxans und mit Halothan) mit Gruppe IV (mit Muskelrelaxans und ohne Halothan). Auch hier zeigt die Varianzanalyse jeweils einen hoch signifikanten Zusammenhang. Entsprechend den Ergebnissen beim systolischen Blutdruck zeigt auch der diastolische Blutdruck bei den Vergleichen der anderen Gruppen miteinander hauptsächlich eine Abhängigkeit vom Faktor Zeit. Die entsprechenden Varianzanalysen finden sich in den **Tabellen 35 bis 38**.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.1793	ns
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	0.0081	s

**Tabelle 35:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I und III

Die Varianzanalyse zeigt in **Tabelle 35**, dass bei den Gruppen I und III der diastolische Blutdruck in einem hochsignifikanten Zusammenhang mit dem Faktor „Zeit“ steht. Darüber hinaus besteht eine signifikante Wechselwirkung der Gruppe mit der Zeit.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	< 0.0001	hs
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	< 0.0001	hs

**Tabelle 36:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I und IV

Wie die Varianzanalyse ersichtlich aus **Tabelle 36** für die Werte der Gruppen I und IV zeigt, besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang des diastolischen Blutdrucks mit den Faktoren „Zeit“ und „Gruppe“. Auch zeigt sich eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.1070	ns
Zeit	< 0.0001	hs
Gruppe / Zeit	0.1638	ns

**Tabelle 37:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen II und III

Beim Vergleich der Gruppen II und III zeigt die Varianzanalyse entsprechend **Tabelle 37** lediglich einen hochsignifikanten Zusammenhang zwischen dem Blutdruck und der Zeit.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.001	hs

**Tabelle 38:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen II und IV

Die Varianzanalyse zeigt angelehnt an **Tabelle 38** neben hochsignifikanten Zusammenhängen des diastolischen Blutdrucks mit den Faktoren „Gruppe“ und „Zeit“ auch eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

Die Betrachtung aller vier Gruppen zeigt, dass der diastolische Blutdruck sowohl von der Gruppe als auch vom Faktor „Zeit“ abhängt. Auch ergibt sich eine hochsignifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit. Das Ergebnis ist in **Tabelle 39** dargestellt.

	Wert der VA	Signifikanz
<b>Gruppe</b>	< 0.0001	hs
<b>Zeit</b>	< 0.0001	hs
<b>Gruppe / Zeit</b>	< 0.0001	hs

**Tabelle 39:** Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I bis IV

#### 6.4 Subjektive Befunde (Parameter) der Gruppen I und II

Neben den objektiv messbaren Parametern wurden bei jeder Operation der Hunde aus den Gruppen I und II vom Chirurgen auch Beurteilungen abgefragt, die seine Sicht der Operationsbedingungen wiedergeben sollten. Erfragt wurden:

Befund Nr.	Art des Befundes
1	Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation
2	Einsinken des Bulbus in die Orbita
3	Glaskörperdruck
4	Veränderung der Vorderkammertiefe
5	Reaktion der Pupillen auf Adrenalin
6	Reaktion der Pupillen auf Azetylcholin
7	Anzahl der benötigten Positionierungshefte zur Fixierung des Bulbus
8	Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende der Operation

Der Operateur konnte Noten auf einer Skala von 1 (beste Bedingung, erwünschter Effekt) bis 6 vergeben (schlechteste Bedingung, unerwünschter Effekt). Diese Befunde wurden nur einmal, nach dem Ende des jeweiligen Eingriffs, abgefragt und notiert. Die Werte sind in **Tabelle 40** dargestellt. Die **Diagramme 17 und 18** zeigen die Mittelwerte der Bewertungsnoten und die zugehörigen Standardabweichungen in graphischer Form.

Für die Hunde der Kontrollgruppen III und IV wurden diese subjektiven Werte nicht erhoben, da es sich bei diesen Fällen nicht um intraokulare Eingriffe handelte.

Den subjektiven Befunden kommt ganz besondere Bedeutung zu, da sich die positiven Auswirkungen des Muskelrelaxans Atracurium hier am deutlichsten zeigen.

Im **Befund 1** wird die Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation beurteilt. Je größer die Rotierbarkeit, desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Deutlich zeigt sich, dass die Tiere der Gruppe I mit Muskelrelaxans bessere Noten bekommen (Mittelwert 1,6; Standardabweichung 0,5071) als die Tiere der Gruppe II ohne Muskelrelaxans (Mittelwert 3,0; Standardabweichung 0,9428). Die Noten für die Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation liegen bei den Hunden der Gruppe I zwischen 1 und 2 (jeweils beste und schlechteste Note), während sie bei den Tieren der Gruppe ohne Muskelrelaxans zwischen 2 und 4 liegen.

Im **Befund 2** wird das Einsinken des Bulbus in die Orbita beurteilt. Je weniger der Bulbus einsinkt, desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Das Ergebnis ist ähnlich, wenn auch nicht ganz so deutlich wie für Befund 1. Die Noten bei den Tieren der Gruppe I liegen zwischen 1 und 4, der Mittelwert beträgt 2,2 mit einer Standardabweichung von 1,2071. Bei den Hunden der Gruppe II reichen die Noten von 2 bis 4, der Mittelwert beträgt 2,9, die Standardabweichung 0,5677.

Im **Befund 3** wird der Glaskörperdruck beurteilt. Je kleiner der Glaskörperdruck desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Auch im Bezug auf diesen Befund sind die Bedingungen für den Operateur bei den Hunden der Gruppe I mit Muskelrelaxans besser als bei den Hunden der Gruppe II (nicht relaxierte Hunde). Die Noten für die Hunde der Gruppe I liegen zwischen 1 und 3, der Mittelwert beträgt rund 1,27 mit einer Standardabweichung von 0,5936. Bei den Hunden der Gruppe II variiert die Noten zwischen 1 und 4, der Mittelwert betrug 2,7, die Standardabweichung 1,2517.

Im **Befund 4** wird die eventuelle Veränderung der Vorderkammertiefe beurteilt. Je weniger sich die Vorderkammertiefe verändert desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Auch diesen Parameter beurteilt der Operateur bei den Tieren der Gruppe I günstiger als bei den Tieren der Gruppe II. Er verteilt Noten zwischen 1 und 3 für die Tiere der Gruppe I, was zu einem Mittelwert von rund 1,47 mit einer Standardabweichung von 0,7432 führt. Die Hunde der Gruppe II

erreichen zwar ebenfalls Noten zwischen 1 und 3, der Mittelwert liegt allerdings bei 1,8 mit einer Standardabweichung von 1,0328.

Im **Befund 5** wird die Reaktion der Pupillen auf Adrenalin beurteilt. Je größer die Reaktion der Pupillen auf das Adrenalin ist, desto besser ist auch die vergebene Bewertungsnote, da die durch das Adrenalin hervorgerufene Weitstellung (Mydriasis) wichtig für das Einbringen der Kunstlinse ist. Bei diesem Befund fällt der Unterschied zwischen beiden Gruppen weniger deutlich aus. Für beide Gruppen liegen die Noten zwischen 2 und 4. Gruppe I erreicht jedoch einen Mittelwert der Noten von rund 2,67 (Standardabweichung 0,7238), gegenüber dem Mittelwert der Gruppe II von 2,9 (Standardabweichung 0,9944).

Im **Befund 6** wird die Reaktion der Pupillen auf Azetylcholin beurteilt. Je größer die Reaktion der Pupillen auf das Azetylcholin ist, desto besser ist auch die vergebene Bewertungsnote. Hier kehrt sich die Beurteilung um. Einschränkend muss hier jedoch gesagt werden, dass der Operateur bei diesem Parameter von den insgesamt 25 Hunden nur 13 beurteilt hat (davon nur zwei aus Gruppe II). Insofern ist dieses Ergebnis nur bedingt aussagefähig. Der Operateur gibt den Tieren in Gruppe I Noten zwischen 2 und 4, der Mittelwert beträgt rund 2,91 (Standardabweichung 0,9439). Die Tiere der Gruppe II erhalten durchweg die Note 2, der Mittelwert beträgt somit ebenfalls 2, die Standardabweichung Null.

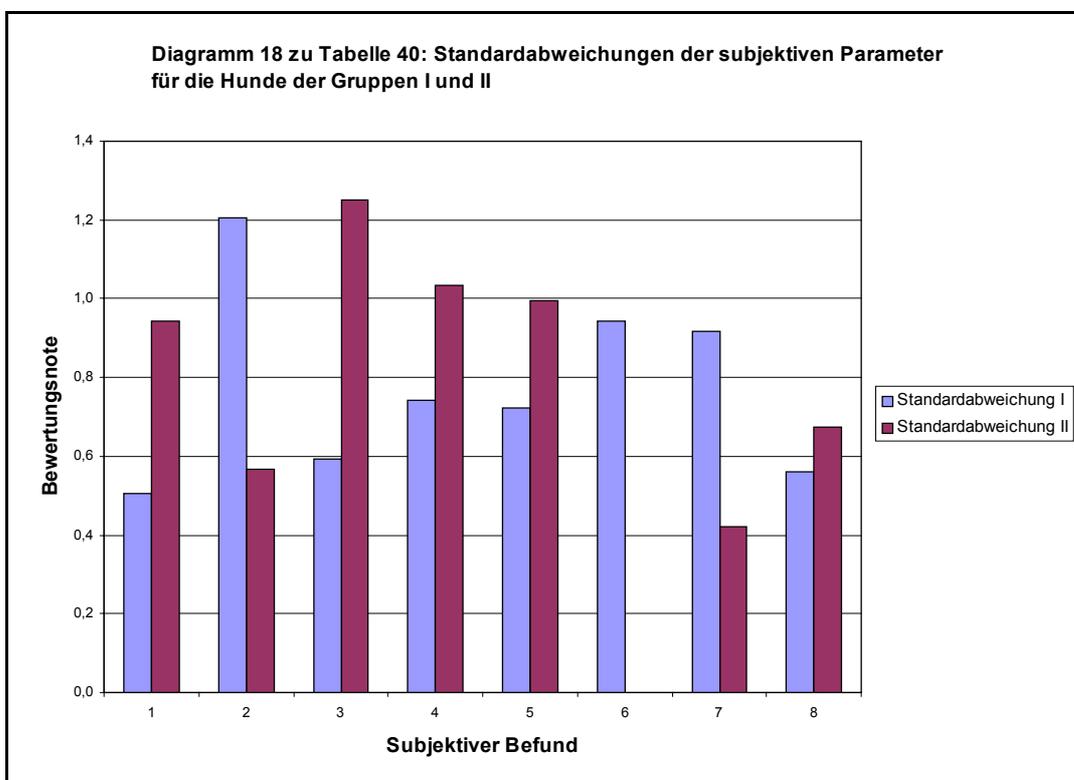
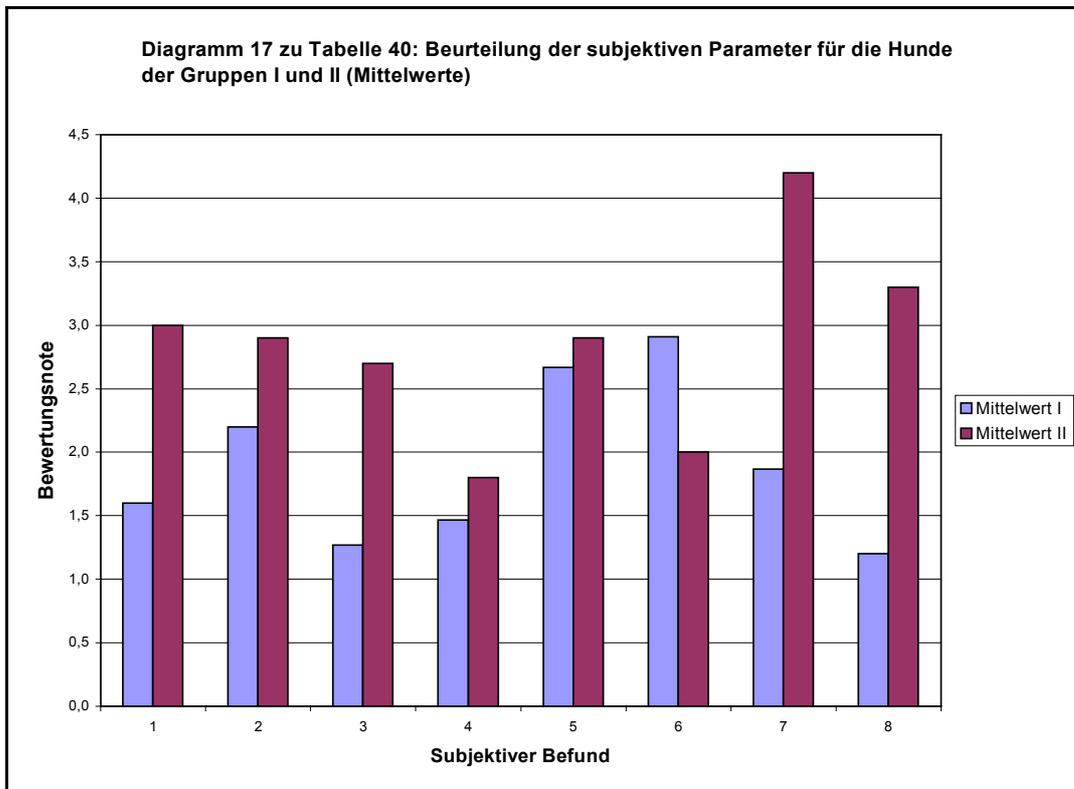
Im **Befund 7** wird die Anzahl der benötigten Fixierungshefte beurteilt. Je geringer die Anzahl der benötigten Fixierungshefte ausfiel, desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Der Einfachheit halber wird die Anzahl der Fixierungshefte mit denen der vergebenen Note gleichgesetzt. Bei den Hunden der Gruppe I benötigt der Chirurg zwischen einem und vier Fixierungsheften, der Mittelwert beträgt rund 1,87 Hefte (Standardabweichung 0,9155). Bei den Hunden der Gruppe II benötigt er vier bis fünf Fixierungshefte, der Mittelwert beträgt 4,2 Hefte (Standardabweichung 0,4216). Insofern fällt dieses Ergebnis sehr deutlich zugunsten der Hunde aus Gruppe I aus.

Im **Befund 8** wird die Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende der Operation beurteilt. Je größer die Rotierbarkeit, desto besser ist die vergebene Bewertungsnote. Wie schon zu Beginn der Operation, erzielen auch zum Ende des Eingriffs die Hunde, die ein Muskelrelaxans erhalten hatten, bei diesem Befund ein besseres Ergebnis, als die Tiere, die ohne Muskelrelaxierung operiert wurden. Die Noten für die Gruppe I liegen zwischen 1 und 3 und erreichen einen Mittelwert von 1,2 mit einer Standardabweichung von 0,5606. Bei Gruppe II liegen die Noten zwischen 2 und 4, der Mittelwert beträgt 3,3, die Standardabweichung 0,6749.

Die Werte für die Bewertungsnoten sind in **Tabelle 40** dargestellt. Die **Diagramme 17 und 18** zeigen die Mittelwerte der Noten und die zugehörigen Standardabweichungen in grafischer Form.

Be- fund	Art des Befunds	Gruppe	Beste Note	Schlechtes- te Note	Mittel- wert	Standard- abweichung
1	Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation	I u. II	1	4	2.16	0.9866
		I	1	2	1.60	0.5071
		II	2	4	3.00	0.9428
2	Einsinken des Bulbus in die Orbita	I u. II	1	4	2.48	1.0456
		I	1	4	2.20	1.2071
		II	2	4	2.90	0.5677
3	Glaskörperdruck	I u. II	1	4	1.84	1.1431
		I	1	3	1.27	0.5936
		II	1	4	2.70	1.2517
4	Veränderung der Vorderkammer- tiefe	I u. II	1	3	1.60	0.8660
		I	1	3	1.47	0.7432
		II	1	3	1.80	1.0328
5	Reaktion der Pupillen auf Ad- renalin	I u. II	2	4	2.76	0.8307
		I	2	4	2.67	0.7238
		II	2	4	2.90	0.9944
6	Reaktion der Pupillen auf Azetylcholin	I u. II	2	4	2.77	0.9268
		I	2	4	2.91	0.9439
		II	2	2	2.00	0
7	Anzahl der benö- tigten Positionie- rungs-hefte zur Fixierung des Bulbus	I u. II	1	5	2.80	1.3844
		I	1	4	1.87	0.9155
		II	4	5	4.20	0.4216
8	Rotierbarkeit des Bulbus zum En- de der Operation	I u. II	1	4	2.04	1.2069
		I	1	3	1.20	0.5606
		II	2	4	3.30	0.6749

**Tabelle 40:** Beurteilung der subjektiven Befunde der Hunde aus den Gruppen I und II



Die Betrachtung aller Mittelwerte der subjektiven Befunde zeigt den Notenunterschied zwischen den Gruppen I und II. Die Beschreibung eines Verlaufs über die Dauer des Eingriffs entfällt, da diese Befunde nur einmal erhoben wurden.

Es zeigt sich, dass die Patienten der Gruppe I bei allen Befunden bessere Noten erreichten, als die der Gruppe II mit Ausnahme des Befunds 6 (Reaktion der Pupillen auf Azetylcholin). Hier reagierten die Pupillen der Hunde, die nicht relaxiert waren, besser auf die Substanz. Da hierbei jedoch nur zwei Hunde aus Gruppe II beurteilt wurden, ist diese Beobachtung nur von bedingter Aussagekraft.

Die deutlichsten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zeigten sich bei den Befunden 1 (Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation), 3 (Glaskörperdruck), 7 (Zahl der benötigten Fixierungshefte) und 8 (Rotierbarkeit des Bulbus am Ende der Operation). Hier waren die Mittelwerte bei der Gruppe I um etwa 1,4 bis 2,3 Noten besser als die bei der Gruppe II.

Weniger ausgeprägt waren die Differenzen zwischen den beiden Gruppen bei den Befunden 2 (Einsinken des Bulbus) und 4 (Veränderung der Vorderkammertiefe) sowie 5 (Reaktion der Pupillen auf Adrenalin). Auch hier waren die Mittelwerte der Noten von Gruppe I besser als die der Gruppe II.

Die Varianzanalysen zeigen, dass ein Großteil der subjektiven Parameter vom Narkoseregime abhängt. Es gibt einen signifikanten bzw. hochsignifikanten Zusammenhang für die Befunde 1, 3, 7 und 8 beim Faktor „Gruppe“. Bei den Befunden 2, 4 und 5 waren die Differenzen zwischen beiden Gruppen zwar nicht groß genug, um bei den entsprechenden Varianzanalysen signifikante Unterschiede zu zeigen, beim Vergleich der Noten-Mittelwerte zeigt sich aber für die Gruppe I dennoch ein besseres Ergebnis. Beim Befund 6 beurteilte der Operateur von den insgesamt 25 operierten Hunden nur 13 (davon nur zwei aus Gruppe II). Diese Anzahl war zu gering, um eine aussagefähige Varianzanalyse durchführen zu können.

Die Ergebnisse der Varianzanalysen veranschaulichen die **Tabellen 41 bis 48** (da die Befunde nur einmalig erhoben wurden, findet hier keine Betrachtung des Faktors „Zeit“ statt).

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.0004	hs

**Tabelle 41:** Varianzanalyse des Befundes 1 (Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.12	ns

**Tabelle 42:** Varianzanalyse des Befundes 2 (Einsinken des Bulbus) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.003	s

**Tabelle 43:** Varianzanalyse des Befundes 3 (Glaskörperdruck) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.5	ns

**Tabelle 44:** Varianzanalyse des Befundes 4 (Veränderung der Vorderkammertiefe) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.62	ns

**Tabelle 45:** Varianzanalyse des Befundes 5 (Pupillenreaktion auf Arenalin) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	0.45	ns (bedingt aussagefähig)

**Tabelle 46:** Varianzanalyse des Befundes 6 (Pupillenreaktion auf Aze-tylcholin) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	< 0.0001	hs

**Tabelle 47:** Varianzanalyse des Befundes 7 (Anzahl der benötigten Posi-tionierhefte) für die Gruppen I und II

	Wert der VA	Signifikanz
Gruppe	< 0.0001	hs

**Tabelle 48:** Varianzanalyse des Befundes 8 (Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende) für die Gruppen I und II

## **6.5 Zeitliche Parameter der Operationen**

Die Relaxationsdauer bei den Hunden der Gruppe I und die Beatmungsdauer bei den Hunden der Gruppe II lag zwischen 19 Minuten und 52 Minuten. Im Durchschnitt betrug die Relaxationsdauer bei den Tieren der Gruppe I 29,6 Minuten und die Beatmungsdauer bei den Tieren der Gruppe II 39,8 Minuten. Relaxationsdauer und Beatmungsdauer können mit den Operationszeiten gleichgesetzt werden.

Die vordere Augenkammer des operierten Auges war zwischen 6,6 Minuten und 18,2 Minuten eröffnet, im Durchschnitt waren es 11,9 Minuten (bei den Tieren der Gruppe I betrug der Durchschnitt 11,8 Minuten, bei den Tieren der Gruppe II 11,9 Minuten).

Bei den Vergleichsmessungen der Gruppen III und IV betrug die Relaxationsdauer 18 bis 63 Minuten, im Durchschnitt waren es 37,8 Minuten.



## 7 Diskussion

### 7.1 Diskussion der Methode

Augenoperationen beim Hund können aus verschiedenen Gründen indiziert sein, zum Beispiel bei Verletzungen. Eingriffe am inneren Auge des Hundes werden notwendig, wenn eine Katarakt vorliegt. Der graue Star, eines der ältesten beschriebenen Krankheitsbilder, betrifft Mensch und Tier. Er ist gekennzeichnet durch die Eintrübung der Augenlinse und ist eine der häufigsten Ursachen für Erblindung beim Menschen. Auch bei Hunden handelt es sich um eine häufig auftretende Erkrankung (Sommer und Schmitt 1985, Barnett 1992, Wenzel 1992). Deshalb hat sich in Anlehnung an die Fortschritte der Kataraktchirurgie beim Menschen auch in der Veterinärphthamologie ein Wandel der operativen Behandlung des grauen Stars vollzogen (Neumann 1986, Walde 1982, William et al. 1996).

Kataraktoperationen am Hundeauge werden in den letzten Jahren häufiger durchgeführt, da die Nachfrage durch aufgeklärte Patientenbesitzer gestiegen ist.

Das Hundeauge weist einige strukturelle Unterschiede zum Menschaugen auf. So sind die Zonulafasern trotz des im Vergleich zum Menschen gering entwickelten Ziliarmuskels sehr kräftig ausgebildet. Zudem sind die Verbindungen zwischen dem sekundären Glaskörper und der Linsenrückfläche besonders stark entwickelt (Magrane, 1969, Draeger et al. 1982, Dziezyc 1990). Aus den vorgenannten Gründen wird beim Hund bei Kataraktoperationen vor allem die extrakapsuläre Extraktion ausgeführt (Renwick 1997). Beim sehr alten Hund ist gelegentlich die intrakapsuläre Extraktion möglich. Die Phakoemulsifikation mit Aspiration ist bei ausgewachsenen oder alten Hunden nicht in jedem Fall geeignet, da bei diesen der Linsenkern sehr hart und deshalb schwierig zu zerkleinern sein kann (Slatter 1990, Dziezyc 1990, Gilger et al. 1994).

So war im Zusammenhang mit dieser Arbeit die extrakapsuläre Extraktion durch Phakoemulsifikation die Methode der Wahl.

Es wurde untersucht, inwieweit sich die Operationsbedingungen für den Chirurgen bei Eingriffen am Hundeauge (vor allem bei Kataraktoperationen) durch die Art des Narkoseregimes, und hier insbesondere durch den Einsatz des Muskelrelaxans Atracurium, positiv beeinflussen lassen. Dabei kam es auch darauf an, das Auftreten von möglichen Nebenwirkungen durch Atracurium zu untersuchen, zu dokumentieren und mit den Ergebnissen in der Literatur zu vergleichen.

Operationen am Hundeauge sind für den Chirurgen eine Herausforderung. Dies liegt zum einen an den besonderen anatomischen und physiologischen Gegebenheiten. Zum anderen ist das Operationsfeld sehr eng begrenzt und wird zusätzlich durch die Apparaturen zur Narkoseführung und -überwachung eingengt (Larsen 1987, Schulte-Neumann 1993). Die chirurgische Arbeit am Augapfel des Hundes wird zudem durch die spezielle Form der Augenhöhle und die Lage des Augapfels in der Narkose erschwert (Drehung in ventro-mediale Lage, Abdeckung durch das dritte Augenlid), (Williams 1996). Außerdem neigt der Augapfel bei einigen Rassen zur Enophthalmie. Daher mussten spezielle Techniken zur Fixierung und Freilegung entwickelt werden (Neumann 1991). Diese Techniken wurden, entsprechend den Erfordernissen des Einzelfalls, bei den zu operierenden Hunden eingesetzt und sind in Kap. 5 „Eigene Untersuchungen - Material und Methoden“ im Detail beschrieben.

Die anästhesiologischen Probleme bei Eingriffen am Auge liegen in der spezifischen Pathophysiologie. Der Anästhesist muss vor allem die Wechselwirkungen der Volumenverhältnisse (Blutvolumen / Kammerwasservolumen) sowie die systemischen Auswirkungen lokal applizierter Pharmaka kennen, um eine geeignete Narkoseführung zu gewährleisten (Heuser und Decker 1988). Die Chorioidea und der Ziliarkörper sind extrem gut durchblutete Gewebe. Chirurgische Eingriffe im inneren Auge erfordern aber ein möglichst blutloses Operationsgebiet. Eine vorsichtige hypotensive Narkose kann die Durchblutung des Gewebes vermindern und so bessere Operationsbedingungen schaffen (Foulds 1980). Auch Hyperventilation der Lungen bewirkt Gefäßkonstriktion in der Chorioidea und verringert Blutungen (Holloway 1980, Cameron 1982).

Dabei ist jedoch Vorsicht geboten, denn der plötzliche Druckabfall eines sehr festen Augapfels kann zur Ruptur der kleinen ziliaren Blutgefäße führen und starke Blutung auslösen (Holloway 1980, Sekine et al. 1996, Williams 1996), vergleiche auch Kap. 3.6.

Um den vorgenannten anästhesiologischen Problemen zu begegnen, wurde zur Narkoseeinleitung eine Medikation aus  $\mu$ -Methadon, Diazepam, Ketamin und Xylazin gewählt. Außerdem hat sich diese Kombination der Injektionsnarkotika an der Chirurgischen Veterinärmedizin (Kleintierchirurgie) der Justus-Liebig-Universität Gießen gut bewährt (Kap. 3.6). Das gleiche gilt für die zur Erhaltung der Narkose angewandte Inhalationsanästhesie aus einem Gemisch von Sauerstoff, Lachgas und Halothan.

Günstig auf die Operationsbedingungen bei Eingriffen am inneren Auge wirkt sich auch ein leicht erniedrigter Augeninnendruck aus. Der Augeninnendruck wird durch unterschiedliche Faktoren wie tageszeitliche Schwankungen, Körperhaltung, Aufregung, körperliche Aktivität, Atmung und in geringem Maß durch den Blutdruck beeinflusst (Aboul-Eish 1973, Brunson 1980, Holloway 1980, Hvidberg et al. 1981, Khouri 1982, Shapiro 1983, Cunningham und Barry 1986, Heuser und Decker 1988, Schäffer 1989, Collins et al. 1995). Durch die Auswahl der verwendeten Narkotika und intravenöser Medikamentenzugaben wurde versucht, diesem Faktor zu begegnen, (siehe Kapitel 5).

Wegen der Bedeutung des Augeninnendrucks im Zusammenhang mit Operationen am inneren Auge wurde dieser Parameter mehrfach gemessen. Weitere messbare Parameter (Herzfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck) wurden herangezogen, weil sie sich ebenfalls auf den Augeninnendruck und somit indirekt auf die Operationsbedingungen auswirken. Der Blutdruck blieb bei den eigenen Untersuchungen aber ohne signifikante Beeinflussung durch die Applikation des Muskelrelaxans Atracurium – im Gegensatz zur Herzfrequenz, die sich hierdurch zwar erhöhte, ohne dass dies jedoch klinische Relevanz gehabt hätte. Von daher konnten keine indirekten Auswirkungen durch die Applikation von Atracurium auf die Operationsbedingungen gefunden werden.

In der Literatur wird als Komplikation bei Kataraktoperationen häufig das Auftreten eines stark erhöhten Augeninnendrucks beschrieben, der zu Schäden des Sehnerven und der Netzhaut führen kann (Smith et al. 1996). Zudem droht bei einem zu hohen Druck im Moment der Inzision die Gefahr, dass Bestandteile des Auges wie Iris, Linse, Glaskörper und Retina herausgedrückt werden (Duncalf 1974, Collins et al. 1995). Daher ist es wichtig, den Augeninnendruck während der Operation soweit wie möglich zu senken und konstant zu halten, auch um die Uveitisneigung durch die Phakoemulsifikation herabzusetzen (Bagley 1994, Earnshaw 1985). Dies wurde zusätzlich unterstützt durch die intravenöse Zugabe von Acetazolamid-Natrium, Acetylsalicylsäure und Dexamethason.

In den durchgeführten Messungen waren die Augeninnendruckwerte nie deutlich erhöht. Der minimale Mittelwert des Augeninnendrucks betrug 9,7 mmHg, der maximale 21,5 mmHg bei den Gruppen I und II.

Auch Narkotika haben Auswirkungen auf den Augeninnendruck. Er wird bei der Anwendung allgemeiner Narkoseverfahren erniedrigt (Jantzen 1988), da Narkotika das zentrale Nervensystem dämpfen (Cunningham und Barry 1986), wie z.B. Barbiturate, Benzodiazepine, Neuroleptika und Opioide (Hahnenberger 1976, Heuser und Decker 1988, Jantzen 1988). Barbiturate sollen zusätzlich den Kammerwasserabfluss auf die Trabekelwerke begünstigen. Aus der Gruppe der Opiate und Opioide senkt Fentanyl den Augeninnendruck, besonders ausgeprägt in Kombination mit Neuroleptika (Jantzen 1988). Morphine intramuskulär injiziert, bewirken einen leichten intraokularen Druckabfall in gesunden und glaukomatösen Augen (Duncalf und Foldes 1973).

Die in der Tiermedizin gebräuchlichen volatilen Narkotika Halothan, Enfluran und Isofluran senken den Augeninnendruck in Abhängigkeit von der verabreichten Dosis. Bei einer Operation unter Allgemeinnarkose ist Halothan wegen der schnellen und ruhigen Einleitung zu bevorzugen. Die Angaben in der Literatur, wie stark der Augeninnendruck unter Halothan abfällt, schwanken erheblich. Die Angaben variieren zwischen 27% und 45% (Adams et al. 1979, Thomson et al. 1982). In reflexfreier Narkose erreicht der Augeninnendruck einen

---

Wert um 10 mmHg (Duncalf 1974, Larsen 1987). Halothan verringert den Augeninnendruck durch Senkung des Blutdrucks, Förderung des Kammerwasserabflusses und Relaxation der Augenmuskulatur (Brunson 1980, Cunningham und Barry 1986, Zindel, Meistelman und Gaudy, 1987, Jantzen 1988, Collins et al. 1995). Die Messungen in der vorliegenden Arbeit konnten diesen Sachverhalt bestätigen.

Neben der Absenkung des Augeninnendruckes ist es von Vorteil, eine Bulbusrotation zu unterbinden oder einen bestehenden Nystagmus zu unterdrücken, wenn es darum geht, die Bedingungen für Operationen am inneren Auge zu verbessern. In diesem Zusammenhang ist der Einsatz von Muskelrelaxanzien interessant. Nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien in niedrigen Dosierungen können bei jeder Narkosemethode im Sinne der „Balanced Anaesthesia“ zur Vorbeugung und Aufhebung (Seidinger et al. 1999) eines bestehenden Nystagmus oder einer Bulbusrotation zusätzlich verabreicht werden. Verschiedene Studien zeigen für alle nichtdepolarisierenden Relaxanzien einen tendenziellen Druckabfall, der einige Minuten anhält. Diese Erscheinung ist ein indirekter Effekt der neuromuskulären Blockade. Der Ruhetonus der Skelettmuskulatur wird aufgehoben und es kommt zur Verlagerung des Blutvolumens in die Peripherie. Daneben wird bei volumengesteuerter Beatmung der intrathorakale Mitteldruck durch die Relaxation gesenkt. Beide Mechanismen senken den zentralen Venendruck und verbessern die Drainage der Orbita (Murphy et al. 1985, Cunningham und Barry 1986, Jantzen et al. 1987, Jantzen 1988). Atracurium, Vecuronium oder Tubocurarin, intravenös in Schritten von 0,1 mg/kg KM jede Minute angewandt, können zu einer selektiven Relaxation der orbitalen Muskeln und damit zur Immobilisation des Bulbus und zur Aufhebung des Vorfalls des dritten Augenlids führen, ohne Paralyse der Skelett- und Atemmuskulatur (Dziezyc 1990).

Eine andere Möglichkeit ist die weiterführende Relaxation bis zum Ausschalten der spontanen Atemtätigkeit. Diese Methode wurde bei den eigenen Untersuchungen angewandt. Hierzu wurde eine Dosierung von 0,2 mg/kg KM des Muskelrelaxans Atracurium intravenös verabreicht.

0,2 mg/kg KM Atracurium sind nach der Produktmonographie der Firma Wellcome die geringste für diesen Zweck einsetzbare Dosis. Diese Dosis führt zur vollständigen Relaxation mit Aufhebung der Bulbusrotation und des Nyctagmus (Glover 1997).

## 7.2 Diskussion der Ergebnisse

### 7.2.1 Augeninnendruck

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 4**.

In den Gruppen I und II (Tiere mit Kataraktoperationen) variierte der Augeninnendruck beim wachen Hund während der Eingangsuntersuchung (Messung 1 = rechtes Auge, Messung 2 = linkes Auge) zwischen 8 mmHg und 28 mmHg. Er lag damit im physiologischen Bereich. Signifikante Unterschiede zwischen jeweils rechtem und linkem Auge traten nicht auf, auch nicht zwischen den beiden Gruppen. Somit war eine wesentliche Voraussetzung für aussagekräftige Messungen des Augeninnendrucks unter den unterschiedlichen Narkoseregimen gegeben. Bei der Beurteilung der Messergebnisse muss berücksichtigt werden, dass verschiedene Stadien des Katarakt unterschiedliche Augeninnendrucke entstehen lassen. So sinkt der Augeninnendruck mit der Reife der Katarakt (Leasure 2001).

Die Werte des Augeninnendruckes wurden im Rahmen der Untersuchungen zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen und aus den Augeninnendruckwerten einer jeden Gruppe wurden Mittelwerte gebildet. Die Betrachtung der jeweiligen Mittelwerte über der Zeit erlaubte eine Beschreibung der Veränderungen des Augeninnendrucks im Verlauf der Operation und so auch eine Aussage über die Auswirkung der eingesetzten Narkotika.

Der Mittelwert des Augeninnendrucks des rechten Auges am wachen Tier betrug bei beiden Gruppen jeweils 13,4 mmHg. Bei den linken Augen wurde in Gruppe I ein Mittelwert von 13,533 mmHg und in Gruppe II 13,4 mmHg ermittelt. Diese Ergebnisse bildeten eine gute Voraussetzung, um die Wirkung der Muskelrelaxanzien auf den Augeninnendruck zu untersuchen.

Nach der Narkoseeinleitung (Messung 3 = rechtes Auge, Messung 4 = linkes Auge) stiegen die Werte für den Augeninnendruck in beiden Gruppen (I und II) an. Dies kann durch die Aufregung der Hunde (fremder Ort, fremde Personen) und die Manipulation am Tier durch Festhalten und Injektion erklärt werden. Aufregung führt im allgemeinen zur Ausschüttung von Stresshormonen, die eine Beschleunigung der Herzfrequenz hervorrufen und den Blutdruck steigern.

Erhöhter Blutdruck wirkt sich, wie von verschiedenen Autoren beschrieben, auf den Augeninnendruck aus (Aboul-Eish 1973, Brunson 1980, Holloway 1980, Hvidberg et al. 1981, Khouri 1982, Shapiro 1983, Cunningham und Barry 1986, Heuser und Decker 1988, Schäffer 1989, Collins et al. 1995). Dabei waren die Werte von rechten und linken Augen weitgehend gleich. Der Mittelwert des Augeninnendrucks lag bei den rechten Augen bei 17,48 mmHg und bei den linken Augen bei 18,04 mmHg. Im Vergleich der beiden Gruppen miteinander zeigte sich, dass auch hier keine signifikanten Unterschiede bestanden. Dies war zu diesem Zeitpunkt auch nicht zu erwarten, da den Hunde beider Gruppen die gleichen Substanzen verabreicht wurde.

Nach der Intubation stiegen die Werte durch die Manipulation erwartungsgemäß an. Sie lagen beim rechten Auge (Messung 5) und beim linken Auge (Messung 6) in beiden Gruppen zwischen 10 mmHg und 35 mmHg. Dabei wurden keine signifikanten Differenzen zwischen rechten und linken Augen beider Gruppen festgestellt. Der Mittelwert des Innendrucks der rechten Augen lag bei 21,36 mmHg, der der linken Augen bei 20,56 mmHg. Auch die Unterschiede zwischen beiden Gruppen waren gering. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine Relaxation erfolgt war, entsprachen die Ergebnisse den Erwartungen.

Die nächste Messung (Messung 7) erfolgte nur noch am zu operierenden Auge, weil die Hunde bereits für die Operation gelagert waren. Bei Gruppe I wurde zwei Minuten nach der Relaxation gemessen und bei Gruppe II zu einem vergleichbaren Zeitpunkt. Es zeigte sich, dass bei allen Tieren der Augeninnendruck deutlich gefallen war. Dies entsprach den Erwartungen, weil zu diesem Zeitpunkt die Wirkung des Narkosegases Halothan auf den Augeninnendruck spürbar wurde (Duncalf 1974, Brunson 1980, Cunningham und Barry 1986, Zindel, Meistelman und Gaudy, 1987, Larsen 1987, Jantzen 1988, Collins et al. 1995). Der Augeninnendruck variierte zwischen 5 mmHg und 15 mmHg. Der Mittelwert des Augeninnendrucks betrug bei den relaxierten Hunden der Gruppe I 9,73 mmHg. Bei den Tieren der Gruppe II, die kein Muskelrelaxans erhalten hatten, lag er bei durchschnittlich 10,3 mmHg und somit nur geringfügig über dem Mittelwert der Gruppe I. Die Differenz war statistisch nicht signifikant.

---

Diese Ergebnisse zeigen, dass der Abfall des Augeninnendrucks bei allen Tieren vor allem durch die Wirkung des Halothans zu erklären ist, während die Relaxation nur einen untergeordneten Effekt auf den Augeninnendruck hat. Schon Larsen (1987) erreichte in tiefer Narkose mit Halothan einen Augeninnendruck von 10 mmHg (Kap. 2). Diesen Sachverhalt bestätigen verschiedene Studien aus der Humanmedizin, die dem Muskelrelaxans Atracurium keine deutlich senkende Wirkung auf den Augeninnendruck zuschreiben (Maharaj et al. 1984, Tattersall et al. 1985, Cunningham und Barry 1986, Schneider et al. 1986, Chiu und Stirt 1987, McMurphy et al. 2004), auch wenn einige Autoren (Murphy et al. 1985, Jantzen et al. 1987, Jantzen 1988, Polarz et al. 1995) einen tendenziellen Abfall fanden. Ein niedriger Augeninnendruck ist wichtig, damit keine ziliaren Blutungen entstehen, die Netzhaut sich nicht ablöst und der Glaskörper nicht angehoben wird (Duncalff 1974, Larsen 1987, Collins 1995).

Die letzte Messung erfolgte beim Ausleiten der Narkose am gegenüberliegenden, also unten liegenden Auge (Messung 8). Auch hier traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen auf. Der Mittelwert des Augeninnendrucks lag bei den Hunden der Gruppe I bei 14,867 mmHg, bei den Hunden der Gruppe II bei 14,5 mmHg. Der erneute Anstieg wurde durch die Reaktionen der Hunde auf die Lage des Kopfes und die abklingende Wirkung der Narkotika ausgelöst.

Die Varianzanalyse lässt keinen Zusammenhang zwischen der Gabe eines Muskelrelaxans und dem Augeninnendruck erkennen, da der Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu gering ist. Dagegen besteht aufgrund der Veränderungen des Augeninnendrucks während des Verlaufs des Eingriffs ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem Augeninnendruck und der Zeit. Da die Veränderungen des Augeninnendrucks über die Zeit bei beiden Gruppen jeweils gleich verliefen, konnte statistisch auch keine Wechselwirkung zwischen der Gruppenzugehörigkeit und der Zeit in Bezug auf den Augeninnendruck festgestellt werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass in der vorliegenden Untersuchung die Gabe von Muskelrelaxanzien keine statistisch signifikante Auswirkung auf die Veränderungen des Augeninnendrucks während einer Operation hatte. Die bei den Hunden der Gruppen I und II festgestellten Veränderungen des Augeninnendrucks wurden durch andere Ursachen ausgelöst. Dazu gehörten die Manipulationen am Tier selbst sowie das Intubieren und die Gabe von Inhalationsnarkotika (wie Halothan).

Die im folgenden angesprochenen Messungen beziehen sich auf **Tabelle 6**.

In den beiden Gruppen III und IV ohne intraokularen Eingriff wurden die Messungen des Augeninnendrucks zeitlich entsprechend wie bei den Hunden der Gruppen I und II vorgenommen. Zunächst ist auffällig, dass die Hunde der Gruppe III fast bei jeder Messung einen höheren Augeninnendruck hatten als die Hunde der Gruppe IV. Dies kann daran liegen, dass das Verhältnis von Hündinnen zu Rüden in Gruppe III größer war als in Gruppe IV.

Bei der Eingangsuntersuchung (Messung 1 = rechts, Messung 2 = links) lagen die Werte beider Gruppen zwischen 6 mmHg und 20 mmHg für das jeweils rechte Auge sowie zwischen 7 mmHg und 17 mmHg für das jeweils linke Auge und damit im physiologischen Bereich. Die Mittelwerte des Augeninnendrucks der rechten und linken Augen innerhalb einer Gruppe unterschieden sich nicht. Wohl aber waren diese Werte bei den Hunden der Gruppe III um rund 1 mmHg höher als bei den Hunden der Gruppe IV.

Dies ist möglicherweise dadurch zu erklären, dass es innerhalb der Gruppe III mehr Hündinnen als Rüden gab und weibliche Tiere nach Walde und Forisch (1980) im allgemeinen einen höheren Augeninnendruck haben als Rüden und ältere Hunde.

Nach der Narkoseeinleitung (Messung 3 = rechts; Messung 4 = links) stiegen die Mittelwerte für beide Augen in jeder Gruppe an. Sie erreichten bei den rechten Augen 15 mmHg, bei den linken 17,27 mmHg. Die Ursachen waren wie bei den Gruppen I und II Aufregung und Angst, die durch die ungewohnte Umgebung und die Manipulationen selbst ausgelöst wurden. Auch hier lagen die

Mittelwerte der Gruppe III höher als die der Gruppe IV (rechts: 16 mmHg vs. 13 mmHg; links 21 mmHg vs. 11,67 mmHg).

Bei der Betrachtung der einzelnen Gruppen zeigt sich, dass die Mittelwerte der Gruppe III stark anstiegen, während sie bei Gruppe IV nur geringfügig stiegen oder sogar fielen. Im Einzelnen: der Mittelwert des Innendrucks der jeweils rechten Augen von Gruppe III stieg von 13,22 mmHg auf 16 mmHg, der Mittelwert der jeweils linken Augen von 13,33 mmHg auf 21 mmHg. In dieser Gruppe wurde auch der absolut höchste Wert für den Augeninnendruck gemessen: 44 mmHg. Ein Blick auf die Standardabweichung (9,68 mmHg) zeigt eine breite Streuung der Werte. Für den stark gestiegenen Mittelwert des Augeninnendrucks ist vor allem der erwähnte Spitzenwert verantwortlich.

Dies ist bei genauer Betrachtung auch tatsächlich der Fall. Der Wert wurde bei einem männlichen Boxer am unten liegenden Auge gemessen. So war der erhöhte Augeninnendruck bereits in dieser Phase eine Reaktion auf die untenliegende Augenposition. Diese kann zu einer Störung des Kammerwasserabflusses führen, was besonders bei brachiocephalen Rassen vorkommt. Möglicherweise hatte sich das Tier während der Narkoseeinleitung auch besonders aufgeregt, was ebenfalls den Augeninnendruck steigern kann. Da dieser Spitzenwert nur am linken Auge gemessen wurde, spricht dies jedoch gegen eine Reaktion auf systemische Einflüsse und eher für eine lokale, auf das Auge beschränkte Ursache.

Bei den Hunden der Gruppe IV stieg der Mittelwert der jeweils rechten Augen von 12,17 mmHg auf 13 mmHg, der Mittelwert der jeweils linken Augen fiel hingegen von 12,00 mmHg auf 11,67 mmHg. Dieser Abfall war statistisch nicht signifikant.

Nach der Intubation (Messung 5 = rechts; Messung 6 = links) stiegen die Mittelwerte beider Augen in beiden Gruppen erneut an, was durch die Manipulation selbst zu erklären ist. Bei dieser Messung war der Mittelwert des Augeninnendrucks der rechten Augen aus Gruppe III niedriger (20,33 mmHg) als der entsprechende Wert der Gruppe IV (21,17 mmHg). Der Unterschied war statistisch nicht signifikant.

Zwei Minuten nach der Relaxation (Messung 7) fielen die Werte in beiden Gruppen auf ein ähnliches Niveau: Gruppe III erreichte einen Mittelwert von 13,11 mmHg, Gruppe IV einen Mittelwert von 10,5 mmHg. Dieser Druckabfall könnte für einen Effekt des Muskelrelaxans Atracurium sprechen, das alle Tiere dieser beiden Gruppen erhalten hatten. Werden jedoch die Ergebnisse der Gruppen I und II in die Betrachtung einbezogen, so ist dies eher unwahrscheinlich. Daher liegt der Schluss nahe, dass der Abfall des Augeninnendrucks bei den Gruppen III und IV auf die Wirkung der Inhalationsnarkose zurückzuführen ist, wobei durch das Fehlen intravenös verabreichter Medikamente bei den Gruppen III und IV ein insgesamt höheres Niveau des Augeninnendrucks erreicht wird als bei den Gruppen I und II. Die Tiere der Gruppe III erhielten Halothan, das für eine starke drucksenkende Wirkung am Auge bekannt ist (Collins et al. 1995). Die Tiere der Gruppe IV wurden zwar ohne Halothan narkotisiert und erhielten lediglich ein Lachgas/Sauerstoff-Gemisch, aber auch Sauerstoff wirkt drucksenkend am Auge, wie im Kapitel 3, "Narkoseverfahren bei ophthalmologischen Eingriffen" beschrieben wurde.

Bei der letzten Messung in der Ausleitungsphase waren die Mittelwerte wieder angestiegen. Zu diesem Zeitpunkt lag der Mittelwert des Augeninnendrucks bei den Hunden aus Gruppe IV bei 20,17 mmHg und bei den Tieren aus Gruppe III bei 18,33 mmHg. Verursacht wurde der Druckanstieg in dieser Phase, wie bei den Gruppen I und II, durch Reaktionen der Tiere auf das Abklingen der Narkose.

Insgesamt war das Niveau der Augeninnendruckwerte bei den Tieren der Gruppen I und II durch die Zugabe von Narkoseadjuvantien niedriger als bei den Tieren der Gruppen III und IV.

Wie bei den Gruppen I und II zeigte die Varianzanalyse bei den Gruppen III und IV einen signifikanten Zusammenhang zwischen Augeninnendruck und der Zeit, nicht aber zwischen Augeninnendruck und der Gruppe.

Der Grund für die Abhängigkeit des Augeninnendrucks von der Zeit kann in erster Linie auf Manipulationen am Hund (z.B. Intubation) oder auch in der Gabe

von Narkotika gesehen werden. Darüber hinaus zeigte sich auch eine schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit.

Zum besseren Vergleich der Gruppen untereinander wurden zusätzlich Varianzanalysen der Gruppenpaare I/III, I/IV, II/III und II/IV vorgenommen. Sie brachten im wesentlichen das gleiche Ergebnis: einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Augeninnendruck und dem Faktor Zeit. Lediglich bei denjenigen Analysen, die die Gruppe IV (ohne Halothan) einschlossen, fand sich eine signifikante oder schwach signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit bezüglich des Parameters "Augeninnendruck". Das lässt darauf schließen, dass Halothan einen stärkeren Einfluss auf den Augeninnendruck hat als die Muskelrelaxanzien.

Aus den statistischen Auswertungen aller vier Gruppen, insbesondere der Messungen 7 lässt sich schließen, dass die Anwendung des Muskelrelaxans Atracurium nur einen untergeordneten Einfluss auf den Augeninnendruck hat.

Andere Autoren, darunter Maharaj et al. (1984), Schneider et al. (1986) sowie Chiu und Stirt (1987), bestätigen diesen Sachverhalt für das menschliche Auge.

### 7.2.2 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wird von den eingesetzten Narkotika bei der Operation beeinflusst. Während Halothan und Xylazin die Herzfrequenz senken, wird sie durch Ketamin gesteigert. Die klinisch gebräuchlichen, nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien haben kardiovaskuläre Nebenwirkungen (Ausnahme: Vecuronium). Sie werden durch Effekte auf das autonome Nervensystem und Histaminfreisetzung verursacht. Klinisch zeigen sich die Nebenwirkungen je nach Substanz in Tachykardie, gelegentlich kommt es zu Arrhythmien (Larsen 1987). In der vorliegenden Arbeit wurden bei jedem Hund die Messwerte für die Herzfrequenz (und auch den Blutdruck) zu acht Zeitpunkten ausgewertet.

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 13**.

Die Hunde der Gruppe I wiesen durchgehend eine höhere Herzfrequenz auf als die Hunde der Gruppe II. Die Ursache hierfür könnte sein, dass sich die Hunde der einzelnen Gruppen in Bezug auf die Größe unterschiedlich zusammensetzten. In Gruppe I befanden sich vermehrt kleinere Hunde, die eine höhere Herzfrequenz haben.

Im Einzelnen betrachtet ergab sich folgender Verlauf der Herzfrequenz. Nach dem Anschließen an die Geräte (Messung 1) wurden Mittelwerte von 115,29 Schläge/min bei den Hunden der Gruppe I und 106 Schläge/min bei den Hunden der Gruppe II ermittelt. Vor der Relaxierung (Messung 2) fiel die Herzfrequenz bei allen Tieren ab (um 3 Schläge/min bei Gruppe I und um 6 Schläge/min bei Gruppe II). Dies ist durch die Wirkung der Narkotika zu erklären. Das zur Narkoseeinleitung verabreichte Ketamin hat tachykarde Wirkung (Hackett 1989). Diese wird aber durch die frequenzsenkende Wirkung von Xylazin und vor allem von Halothan mehr als kompensiert.

Bei Messung 3 hatten die Tiere der Gruppe I bereits das Muskelrelaxans erhalten und die Herzfrequenz dieser Gruppe stieg im Mittel auf 113,07 Schläge/min an. Dies erklärt sich durch die Muskelrelaxans-Gabe, denn Atracurium hat eine tachykarde Wirkung. Bei den Hunden der Gruppe II fiel die

Frequenz hingegen weiter auf 94,9 Schläge pro Minute ab, was sich weiterhin durch die Halothan-Wirkung erklären lässt.

Zum Zeitpunkt der Messung 4 (nach Adrenalingabe in die vordere Augenkammer) ergaben sich bei den Hunden der Gruppe I deutlich erhöhte Herzfrequenzen, deren absolute Werte weit über die Ausgangswerte hinausgingen. So bewegten sich die Werte bei den Hunden der Gruppe I zwischen 102 Schläge/min und 166 Schläge/min, im Durchschnitt 126 Schläge/min, während sie bei den Hunden der Gruppe II deutlich niedriger lagen, nämlich zwischen 73 Schläge/min und 100 Schläge/min. Die Ursache für diesen unterschiedlichen Verlauf ist die Wirkung des Atracuriums, das die Herzfrequenz erhöhte, was durch die Adrenalingabe noch verstärkt wurde. Bei den Hunden der Gruppe II wurde dagegen die Wirkung von Adrenalin durch die Wirkung des Halothans kompensiert.

Die nächste Messung (5) im zeitlichen Mittel zwischen den Messungen 4 und 6, zeigte einen Abfall der Herzfrequenz in beiden Gruppen, was auf die nachlassende Adrenalinwirkung zurückzuführen war. Bei den Hunden der Gruppe I lag die Herzfrequenz zwischen 99 Schläge/min und 150 Schläge/min, im Mittel bei 122,47 Schläge/min. In Gruppe II lag sie zwischen 73 Schläge/min und 94 Schläge/min, im Mittel bei 84,5 Schläge/min.

Ebenso deutlich waren die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zum Zeitpunkt der Messung 6 (nach der Antagonisierung). In Gruppe I lagen sie zwischen 92 Schläge/min und 145 Schläge/min, im Mittel bei 118,73 Schläge/min, in der Gruppe II zwischen 70 Schläge/min und 96 Schläge/min, im Mittel bei 82,6 Schläge/min. Die Werte der Gruppe I waren somit deutlicher gesunken als die der Gruppe II. Dies kann in der Wirkung von Neostigmin begründet sein, das selbst die Herzfrequenz senkte und außerdem die Wirkung des Muskelrelaxans aufhob, was zusätzlich die Herzfrequenz erniedrigte. Die herzfrequenzsteigernde Wirkung von Atropin (Clutton et. al. 1988), das oft bei der Antagonisierung in Kombination mit Neostigmin gegeben wird, hatte dagegen keinen signifikanten Einfluss auf die Herzfrequenz.

Dies setzte sich auch bei der Messung 7 fort. Die Hunde der Gruppe I hatten Herzfrequenzen zwischen 69 Schläge/min und 165 Schläge/min, im Mittel lagen sie bei 113,8 Schläge/min – ein leichter Abfall gegenüber der vorhergehenden Messung. Die Tiere der Gruppe II hatten deutlich niedrigere Herzfrequenzen. Sie lagen zwischen 66 Schläge/min und 97 Schläge/min, im Mittel bei 82,5 Schläge/min – blieben also gegenüber Messung 6 weitgehend konstant. Somit näherten sich die Messwerte der beiden Gruppen einander an.

Nach dem Ende der Operation hatten die Hunde der Gruppe I noch immer höhere Werte als die der Gruppe II. Sie bewegten sich zwischen 86 Schläge/min und 173 Schläge/min, der Mittelwert lag bei 109,67 Schläge/min. Die Hunde der Gruppe II hatten Herzfrequenzen von 61 bis 102 Schläge/min, der Mittelwert lag bei 82,2 Schläge/min.

Die Varianzanalyse ergibt einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und der jeweiligen Gruppe (I / II). Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Hunde der Gruppe I bereits von Beginn an die höheren Herzfrequenzen aufwies, und dieser Unterschied somit nicht ausschließlich in Zusammenhang mit der Art der Narkoseführung gebracht werden kann. Zumal andere Autoren (McMurphy et al. 2004) keine Veränderungen der Herzfrequenzwerte durch Atracurium fanden.

Die Varianzanalyse zeigt darüber hinaus auch einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Faktor Zeit, was sich – wie beschrieben – aus der Wirkung der im Laufe der Narkose verabreichten Substanzen auf die Herzfrequenz erklärt.

Weiterhin zeigt die Varianzanalyse eine hoch signifikante Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit. Dies ist auf den unterschiedlichen Verlauf zurückzuführen, den die Herzfrequenz in den beiden Gruppen nahm. Dabei spielte die Wirkung des Muskelrelaxans offensichtlich eine Rolle. Andererseits spiegelte sich hier der bereits zu Beginn feststellbare Unterschied der Herzfrequenz zwischen Gruppe I und Gruppe II wieder.

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 15**.

Auch bei den Hunden der Gruppen III und IV zeigte sich ein ähnlicher Verlauf der gemessenen Werte, wobei die Hunde der Gruppe III fast durchgehend einen niedrigeren Mittelwert der Herzfrequenz aufwiesen als die Tiere der Gruppe IV. Nach dem Anschließen an die Geräte (Zeitpunkt der Messung 1) wurde bei den Tieren der Gruppe III ein Mittelwert von 111 Schläge/min ermittelt, bei Gruppe IV hingegen 120 Schläge/min. Dies war zu erwarten, da sich durch das fehlende Halothan eine mangelnde Analgesie ergibt und dies zu einer Erhöhung der Herzfrequenz führt (Schmidt-Oechtering und Alef 1993).

Wie die Varianzanalyse bestätigt, ist dieser Unterschied jedoch statistisch nicht signifikant.

Vier Minuten vor der Relaxation (Messung 2) ist die Herzfrequenz bei beiden Gruppen geringfügig abgefallen, was sich durch die Wirkung der zur Narkose eingesetzten Substanzen erklärt. Nach der Relaxation (Messung 3), die bei beiden Gruppen vorgenommen wurde, zeigte sich ein nur unwesentlicher Anstieg der Herzfrequenz in Gruppe III, bei Gruppe IV blieb die Herzfrequenz hingegen konstant. Dies lässt darauf schließen, dass die Relaxation bei den Tieren der Gruppe IV keinen Einfluss auf die Herzfrequenz hatte.

Auch in diesen beiden Gruppen wurden zum Zeitpunkt der Messung 4 deutlich erhöhte Werte gemessen. Die Werte gingen absolut und im Mittel über die bei Messung 1 bestimmten Werte hinaus, dagegen zeigte Messung 5 bei beiden Gruppen wieder einen Abfall der Herzfrequenz.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6) stieg der Mittelwert der Herzfrequenz in Gruppe III an, während er in Gruppe IV weiter abfiel. Wie die Varianzanalyse zeigt, war dieser Unterschied jedoch statistisch nicht signifikant. Bei der Messung 7 fielen die Mittelwerte der Herzfrequenz in beiden Gruppen ab, was wahrscheinlich wieder auf die Wirkung von Neostigmin zurückzuführen war.

In der Ausleitungsphase fielen die Werte bei den Hunden der Gruppe III weiter ab, während sie bei den Tieren der Gruppe IV wieder anstiegen. Dieses Phänomen beruht auf den unterschiedlichen Narkoseregimen für die beiden Grup-

pen: Weil die Tiere der Gruppe IV kein Halothan erhalten hatten, fiel ihre Reaktion auf die nachlassende Wirkung der Narkoseeinleitung heftiger aus, als bei den Tieren der Gruppe III, die durch Halothangabe eine größere Narkosetiefe hatten.

Die Varianzanalyse weist einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Faktor Zeit aus, aber keinen Zusammenhang mit der Art der Narkose (mit/ohne Halothan). Auch eine Wechselwirkung zwischen dem Faktor Zeit und dem Narkoseregime auf die Herzfrequenz war nicht nachweisbar.

Bei den Varianzanalysen der Gruppenpaare I/II, I/IV, II/III und II/IV wird in jedem Fall der hoch signifikante Zusammenhang zwischen der Herzfrequenz und dem Faktor Zeit bestätigt. Daneben zeigen die Varianzanalysen, die die Gruppe II einschlossen, jeweils hoch signifikante Zusammenhänge zwischen der Herzfrequenz und der Gruppenzugehörigkeit sowie eine Wechselwirkung zwischen der Zeit und der Art der Narkoseführung auf die Herzfrequenz. Der Grund hierfür ist, dass die Hunde der Gruppe II von Anfang an im Durchschnitt die niedrigsten Herzfrequenzen aller vier Gruppen hatten. Zudem sanken die Durchschnittswerte der Herzfrequenz während der Dauer der Operation kontinuierlich ab, da sie nicht durch die Anwendung von Atracurium angehoben wurden. Zwar lässt sich aus diesem Ergebnis eine Wirkung des Muskel-relaxans auf die Herzfrequenz ableiten, bei der Interpretation muss aber berücksichtigt werden, dass die Hunde der Gruppe II von Anbeginn die niedrigsten Herzfrequenzen aller Gruppen hatten.

Die Analysen, die die Gruppe I einbezogen, zeigen immerhin noch eine signifikante bzw. schwach signifikante Wechselwirkung zwischen dem Faktor Zeit und der Art der Narkose auf die Herzfrequenz. Dieses Ergebnis könnte jedoch durch die von Anfang an erhöhte Herzfrequenz der Gruppe I beeinflusst worden sein. Bei den Hunden dieser Gruppe handelte es sich, wie erwähnt, vorwiegend um kleinere Rassen mit einer physiologisch höheren Herzfrequenz.

Es lässt sich feststellen, dass die Herzfrequenz in der vorliegenden Untersuchung hauptsächlich vom Faktor Zeit abhängt und nur in untergeordnetem Maße von der Art der hier verwandten Narkoseregime. Insbesondere das Muskelrelaxans Atracurium hat keine klinisch relevante Veränderungen der Herzfrequenz zur Folge, weil seine frequenzsteigernde Wirkung durch die anderen Narkotika zum Teil wieder kompensiert wird.

### 7.2.3 Blutdruck

Die klinisch gebräuchlichen nichtdepolarisierenden Muskelrelaxanzien wirken auch auf den Blutdruck. Die diesen Wirkungen zugrunde liegenden Mechanismen wurden im Kapitel 7.2.2. „Herzfrequenz“ beschrieben. Sie äußern sich in einem gelegentlichen Blutdruckabfall, aber auch in einem Blutdruckanstieg (Larsen 1987).

Die acht Zeitpunkte, zu denen die Messwerte des systolischen und diastolischen Blutdrucks aufgezeichnet wurden, entsprachen bei allen Gruppen den Zeitpunkten der Aufzeichnung der Herzfrequenz.

#### 7.2.3.1 Systolischer Blutdruck

Die nachstehend diskutierten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 22**.

Über die zur Narkoseeinleitung verabreichten Narkotika gehen die Meinungen in der Literatur zum Teil auseinander.

Während  $\mu$ -Methadon laut Erhardt und Henke (1996) sich neutral verhält, gibt Egner (2002) eine blutdrucksenkende Wirkung an.

Bei Diazepam sind sich Egner (2002) und Collins (1995) einig, dass durch intravenöse Gaben die Senkung des Blutdrucks erreicht wird, während Erhardt und Henke von einer neutralen Wirkung ausgehen. Azepromazin senkt den Blutdruck laut Egner (2002).

Bei Ketamingaben gehen die Autoren Erhardt und Egner konform, dass dies zu einer Blutdrucksteigerung führt.

Xylazin, initial angewandt, steigert laut Erhardt und Egner den Blutdruck, kann aber auch im Verlauf der Narkose den Blutdruck senken.

Von den intravenös verabreichten Substanzen haben Glukokortikoide und nichtsteroidale Antiphlogistika eine blutdrucksteigernde Wirkung, während Diuretika eine blutdrucksenkende Wirkung haben (Egner 2002) und (Lederle®1994).

Bayer® gibt in seiner Produktbeschreibung für Acetylsalizylsäure eine blutdrucksenkende Wirkung an.

Erwartungsgemäß sank der systolische Blutdruck im Verlauf der Operation ab. Dabei waren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Hunden, die ein Muskelrelaxans erhalten hatten, und den Tieren, die ohne Muskelrelaxans operiert wurden, zu erkennen, während Egner (2002) bei Curare-ähnlichen Muskelrelaxanzien eine blutdrucksenkende Wirkung angibt.

Vier Minuten vor der Relaxation (Messung 2) sanken die Werte in beiden Gruppen ab, was auf den Einfluss von Halothan zurückzuführen war. Dieser Vorgang setzte sich selbst nach Gabe von Adrenalin in die vordere Augenkammer (Messung 4) fort. Dies zeigt, dass die Wirkung von Adrenalin nicht stark genug war, um den blutdrucksenkenden Effekt von Halothan zu kompensieren (Erhardt und Henke 1996).

Den niedrigsten Wert erreichten beide Gruppen zum Zeitpunkt der Messung 7: Gruppe I mit 115,87 mmHg, Gruppe II mit 119,1 mmHg. Die Ursache hierfür war die Narkosetiefe und die Dauer der Halothanzufuhr. Während der Ausleitungsphase stieg der systolische Blutdruck beider Gruppen wieder geringfügig an, was auf Reaktionen der Hunde auf die schwächer werdende Narkose beruhte.

Die Varianzanalyse zeigt lediglich einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Blutdruck und dem Faktor Zeit.

Dies bestätigt die Schlussfolgerung, die bereits aus der Betrachtung der absoluten Werte gezogen werden kann: Die Dauer der Narkose, nicht aber die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium beeinflusst den systolischen Blutdruck.

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 24**.

Bei den Hunden der Gruppen III und IV zeigte sich ein etwas anderer Verlauf des systolischen Blutdrucks als bei den Gruppen I und II. Interessant ist, dass die Tiere der Gruppe IV (Operationen ohne Halothan) sowohl beim Mittelwert als auch bei den absoluten Zahlen einen durchweg höheren systolischen Blutdruck hatten als die Tiere der Gruppe III. Dies deckt sich mit dem Befund, dass diese Gruppe auch eine höhere Herzfrequenz hatte. Bereits nach dem Anschließen an die Geräte (Messung 1) wurden bei den Hunden der Gruppe IV

der Mittelwert des systolischen Blutdrucks von 159 mmHg gemessen, während die Tiere der Gruppe III im Durchschnitt 150,56 mmHg aufwiesen. Der etwas höhere Blutdruck der Tiere von Gruppe IV könnte durch die Narkoseführung ohne Halothan begründet sein. Möglicherweise liegt es auch daran, dass sich in Gruppe III mehr weibliche als männliche Tiere befanden (6 weibliche und 3 männliche); Bodey und Michell (1996) fanden bei weiblichen Tieren niedrigere Blutdruckwerte als bei männlichen.

Vier Minuten vor der Relaxation (Messung 2) sank der Druck in Gruppe III auf durchschnittlich 144,89 mmHg, in Gruppe IV auf 157,83 mmHg. Da die Hunde der Gruppe IV ohne Zugabe von Halothan operiert wurden, fiel dessen blutdrucksenkende Wirkung aus. Folglich zeigte sich ein deutlich geringerer Abfall des systolischen Blutdrucks bei Gruppe IV.

Nach der Relaxation (Messung 3) stieg der systolische Druck in Gruppe III unwesentlich auf 149 mmHg und in Gruppe IV auf 168 mmHg. Diese Steigerung war nicht auf die Wirkung des Atracuriums zurückzuführen, da dieses Muskelrelaxans eine eher blutdrucksenkende Wirkung hat (Wellcome 1992, Hackett 1989). Wahrscheinlicher ist hingegen, dass die geringere Narkosetiefe durch das fehlende Halothan diesen Anstieg verursachte.

Bei Messung 4 fiel der Blutdruck in Gruppe III auf 146,13 mmHg, in Gruppe IV stieg er auf 173,33 mmHg. Hier zeigte sich deutlich der Effekt von Halothan. Zwischen der Messung 4 und der Antagonisierung (Messung 5) fiel der Druck ab, er lag bei den Tieren der Gruppe III im Mittel bei 136,44 mmHg und in Gruppe IV bei durchschnittlich 167,5 mmHg.

Zwei Minuten nach der Antagonisierung (Messung 6) stiegen die Mittelwerte des systolischen Blutdrucks wieder leicht an und lagen bei Gruppe III bei 139,88 mmHg, während die Tiere der Gruppe IV im Mittel einen systolischen Blutdruck von 168,5 mmHg hatten. Der Grund für den leichten Anstieg dürfte in der für die Antagonisierung verwendete Medikamentenkombination aus Atropin und Neostigmin zu suchen sein; während Neostigmin leicht blutdrucksenkend wirkt, hat Atropin die umgekehrte Wirkung (Larsen 1987).

Bei Messung 7 und in der Ausleitungsphase (Messung 8) fiel der durchschnittliche Wert des systolischen Blutdrucks in beiden Gruppen weiter ab; hierbei lagen die Werte der Hunde aus Gruppe IV im Durchschnitt über denen der Tiere aus Gruppe III.

Die Varianzanalyse bestätigt die signifikante Verbindung zwischen dem systolischen Blutdruck und dem Faktor Zeit und zeigt daneben einen schwach signifikanten Zusammenhang mit der Gruppenzugehörigkeit.

Auch hier muss einschränkend gesagt werden, dass dieses Ergebnis davon beeinflusst wurde, dass die Tiere der Gruppe IV von Anfang an einen höheren systolischen Blutdruck aufwiesen als die Hunde der Gruppe III.

Auch die weiteren Varianzanalysen zeigen einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen dem systolischen Blutdruck und dem Faktor Zeit. Immer dann, wenn die Gruppe IV in die Analyse einbezogen wird, zeigt sich zusätzlich ein hoch signifikanter Zusammenhang mit der Gruppenzugehörigkeit sowie eine Wechselwirkung der Gruppe und der Zeit in Bezug auf den systolischen Blutdruck. Dieser Effekt beruht auf den höheren Ausgangswerten der Gruppe IV sowie der blutdrucksenkenden Wirkung von Halothan bei den drei anderen Gruppen.

Beim Vergleich der gemeinsamen Mittelwerte der systolischen Blutdruckwerte aller Hunde aus Gruppen I und II mit den gemeinsamen Mittelwerten aller Hunde aus den Gruppen III und IV zeigt sich zudem ein Effekt, der auf die Substanzen Acetazolamid-Natrium, Acetylsalicylsäure und Dexamethason zurückzuführen ist (die den Hunden aus den Gruppen I und II intravenös verabreicht wurden). Die Hunde aller Gruppen wiesen nach dem Anschließen an die Geräte (Messung 1) noch ähnliche Werte für den systolischen Blutdruck auf (155,12 mmHg bei Gruppe I/II und 153,93 mmHg bei Gruppe III/IV). Bei der sich anschließenden Messung 2 fiel der Mittelwert des Blutdrucks der Hunde aus den Gruppen I/II jedoch auf 129,2 mmHg ab. Diesen Abfall löste die blutdrucksenkende Wirkung der vorgenannten Substanzen aus. Bei den Hunden der Gruppe III/IV sank der Mittelwert des systolischen Blutdrucks dagegen nur geringfügig auf 150,07 mmHg.

Diese Tendenz setzte sich bei den weiteren Messungen fort, wobei der gemeinsame Mittelwert des systolischen Blutdrucks der Hunde aus den Gruppen I und II bei Messung 7 mit 117,16 mmHg seinen niedrigsten Wert erreichte. In der Ausleitungsphase (Messung 8) stieg er wieder leicht an (119,64 mmHg), verursacht durch die nachlassende Medikamentenwirkung.

Der gemeinsame Mittelwert des systolischen Blutdrucks der Hunde aus den Gruppen III und IV stieg nach der Relaxation (Messung 3) zunächst auf 156,6 mmHg an und fiel dann langsam ab. Dabei kam es zwei Minuten nach der Antagonisierung erneut zu einem geringfügigen Anstieg des Mittelwertes, was einerseits durch einzelne „Ausreißer“ verursacht worden sein kann (bei Messung 6 wurde als höchster absoluter Wert 210 mmHg gemessen) und andererseits durch die Gabe von Atropin bedingt sein kann. Während der Ausleitungsphase erreichte der gemeinsame Mittelwert der beiden Gruppen 139,15 mmHg und lag damit noch immer höher als der systolische Blutdruck der Hunde aus den Gruppen I/II.

Der systolische Blutdruck wird nach den vorliegenden Ergebnissen im wesentlichen vom Faktor Zeit, nicht jedoch vom Muskelrelaxans Atracurium beeinflusst, wie auch die Literatur bestätigt (Miller 1982, Rupp et al. 1983, Hilgenberg et al. 1983, Frank et al. 1983, Philbin et al. 1983, Rowlands 1983, Sokoll et al. 1983, Ramsey et al. 1984, Wellcome 1992). Die intravenös verabreichten Substanzen, insbesondere Acetazolamid-Natrium und Acetylsalicylsäure, übten dagegen, wie erwartet, einen signifikant blutdrucksenkenden Einfluss aus (Fachinformation Fa. Lederle<sup>®</sup> und Fa. Bayer<sup>®</sup>).

### 7.2.3.2 Diastolischer Blutdruck

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 31**.

Wie der systolische Blutdruck, unterlag auch der diastolische Blutdruck den Wirkungen der zur Prämedikation und Narkose eingesetzten Substanzen. Auch hier führten Xylazin und Ketamin zu einer Steigerung des Blutdrucks. Die Hunde der Gruppen I und II zeigten gegenüber den Normwerten von 65 mmHg bis 85 mmHg erhöhte Blutdruckwerte von durchschnittlich 96,47 mmHg (Gruppe I) und 92,7 mmHg (Gruppe II). Dabei war der Unterschied zwischen den Gruppen aber nicht signifikant. Wie der systolische Blutdruck, so sank auch der diastolische Blutdruck im Verlauf der Operation ab. Dabei fanden sich keine gravierenden Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. So lagen bei Messung 2 (vier Minuten vor der Relaxation in Gruppe I und zeitlich entsprechend in Gruppe II) die Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks bei Gruppe I bei 72,07 mmHg und bei Gruppe II bei 79 mmHg. Dies ist bei beiden Gruppen in der Wirkung von Halothan begründet. Diese Werte veränderten sich auch bei der nächsten Messung, die in Gruppe I nach der Relaxation und in Gruppe II zeitlich entsprechend vorgenommen wurde, nicht signifikant.

Dies zeigt, dass das Muskelrelaxans Atracurium bei den in dieser Arbeit untersuchten Hunden keine nennenswerte Wirkung auf den diastolischen Blutdruck hat.

Zwei Minuten nach der Adrenalingabe (Messung 4) stieg der diastolische Blutdruck der Gruppe I leicht auf durchschnittlich 75,2 mmHg an, während er bei Gruppe II leicht absank (72,3 mmHg). Der leichte Anstieg des diastolischen Blutdrucks bei Gruppe I könnte durch das Adrenalin ausgelöst worden sein. Im Anschluss fielen die Werte in beiden Gruppen kontinuierlich ab, was in der Wirkung von Halothan und der Narkosetiefe begründet sein kann. Die Durchschnittswerte beider Gruppen unterscheiden sich dabei nicht signifikant, was auch die anschließende Varianzanalyse belegt. In der Ausleitungsphase lag der diastolische Blutdruck in Gruppe I bei einem Mittelwert von 65,07 mmHg und in Gruppe II bei einem Mittelwert von 65,3 mmHg. Ein Unterschied zwischen beiden Gruppen bestand also nicht.

Die Varianzanalyse der Gruppen I und II bestätigt, dass lediglich ein hoch signifikanter Zusammenhang zwischen dem diastolischen Blutdruck und der Zeit bestand. Die Gruppenzugehörigkeit der Hunde hatte dagegen keine Auswirkungen auf den diastolischen Blutdruck. Auch eine Wechselwirkung zwischen der Gruppe und der Zeit in Bezug auf den diastolischen Blutdruck konnte nicht nachgewiesen werden.

Damit zeigt sich, dass in der vorliegenden Untersuchung die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium den diastolischen Blutdruck nicht signifikant beeinflusst.

Die nachstehend genannten Messungen beziehen sich auf **Tabelle 33**.

Bei den Hunden der Gruppen III und IV zeigte sich ein anderer Verlauf des diastolischen Blutdrucks. Bereits nach dem Anschließen an die Geräte hatten die Hunde der Gruppe IV mit 103,5 mmHg (entsprechend ihres systolischen Blutdruckwertes) einen höheren Mittelwert als die Tiere der Gruppe III (89,33 mmHg). Dieser Unterschied blieb während des gesamten Operationsverlaufes erhalten und beeinflusste dementsprechend auch die Varianzanalyse. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen wurde darüber hinaus durch die Narkose verstärkt. Die Tiere der Gruppe IV, die kein Halothan erhalten hatten, wiesen deutlich höhere Mittelwerte während des gesamten Verlaufs der Operation auf als die Tiere der Gruppe III. Nach dem Anschließen der Tiere an die Geräte betrug die Differenz der Mittelwerte der beiden Gruppen 14,17 mmHg. Vier Minuten vor der Relaxation (Messung 2) hatte die Differenz sich bereits auf 14,83 mmHg erhöht. Nach der Gabe des Muskelrelaxans (Messung 3) steigerte sich die Differenz zwischen beiden Gruppen weiter auf 30,11 mmHg. Dies macht die zunehmende Wirkung von Halothan deutlich.

Zum Zeitpunkt der Messung 4 erreichte der diastolische Blutdruck der Hunde aus Gruppe III einen Wert von 87,38 mmHg; neben dem Ergebnis von Messung 1 war dies der höchste Wert im gesamten OP-Verlauf dieser Gruppe. Vom Zeitpunkt dieser Messung an nahmen die Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks kontinuierlich ab und erreichten in der Ausleitungsphase einen Mittelwert von

---

68,25 mmHg. Die Ursache für diesen Blutdruckabfall war die fortschreitende Narkosetiefe während der Operation.

Bei Gruppe IV war der höchste Wert bereits bei Messung 3 erreicht (117,33 mmHg). Von dieser Messung an fiel der diastolische Blutdruck der Hunde kontinuierlich ab und erreichte in der Ausleitungsphase 93,4 mmHg. Die Differenz zu den Mittelwerten der Gruppe III blieben jedoch erhalten. So lag der Mittelwert des diastolischen Blutdrucks der Gruppe IV zum Zeitpunkt der Messung 4 mit 26,95 mmHg höher als der Mittelwert der Gruppe III. Bei Messung 5 betrug die Differenz 29,37 mmHg und bei Messung 6 (zwei Minuten nach der Antagonisierung) 31,62 mmHg – die größte Differenz zwischen den beiden Gruppen. Bei Messung 7 verringerte sich der Abstand zwischen den Mittelwerten der beiden Gruppen auf 22,44 mmHg und erreichte bei Messung 8 (Ausleitungsphase) 24,15 mmHg. Berücksichtigt man den bereits zu Beginn bestehenden Unterschied der Mittelwerte des diastolischen Blutdrucks, der 14,17 mmHg betrug, so sind die zum Teil großen Differenzen nur durch die blutdrucksenkende Wirkung von Halothan zu erklären. Dies entspricht den Erwartungen.

Bei der Varianzanalyse der beiden Gruppen III und IV wird der hoch signifikante Zusammenhang mit der Gruppenzugehörigkeit bestätigt, der seine Ursache zum einen in dem von Anfang an höheren diastolischen Blutdruck der Hunde der Gruppe IV, zum anderen in der Wirkung des Halothans hat. Dies lässt es zu, einen Zusammenhang mit dem Narkoseregime abzuleiten.

Den Ergebnissen der Varianzanalysen entsprechend, die für den systolischen Blutdruck vorgenommen wurden, zeigen auch die Analysen beim diastolischen Blutdruck einen hoch signifikanten Zusammenhang zwischen der Gruppenzugehörigkeit sowie eine Wechselwirkung der Gruppe und der Zeit in Bezug auf den diastolischen Blutdruck, sobald die Gruppe IV in die Analyse mit einbezogen wird. Dies lag ebenfalls daran, dass die Tiere in dieser Gruppe kein Halothan erhalten hatten. Das gleiche gilt für die Varianzanalyse unter Einbeziehung aller vier Gruppen.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde auch ein Vergleich der gemeinsamen Mittelwerte der diastolischen Blutdruckwerte der Hunde aus dem Gruppenpaar I / II mit den gemeinsamen Mittelwerten der Blutdruckwerte der Hunde aus dem Gruppenpaar III / IV angestellt. Es zeigte sich auch hier der Effekt der intravenös verabreichten Substanzen (Acetazolamid-Natrium, Acetylsalicylsäure und Dexamethason), die die Hunde der Gruppen I und II erhalten hatten. So wiesen die Hunde aller Gruppen nach dem Anschließen an die Geräte noch ähnliche Werte für den diastolischen Blutdruck auf: 94,96 mmHg bei Gruppenpaar I / II und 95 mmHg bei Gruppenpaar III / IV. Anschließend (Messung 2) fiel der Mittelwert des Blutdrucks der Hunde aus dem Gruppenpaar I/II jedoch auf 74,84 mmHg ab, was auf der blutdrucksenkenden Wirkung der vorgenannten Mittel beruhte. Bei den Hunden des Gruppenpaars III / IV sank der Mittelwert des diastolischen Blutdrucks nur geringfügig ab, auf 90,93 mmHg.

Diese Tendenz setzte sich bei den weiteren Messungen fort, wobei der gemeinsame Mittelwert des diastolischen Blutdrucks der Hunde der Gruppen I und II bei Messung 7 mit 64,76 mmHg seinen niedrigsten Wert erreichte. In der Ausleitungsphase (Messung 8) stieg er wieder leicht an (65,16 mmHg), was auf die nachlassende Wirkung der Narkoseadjuvantien zurückgeführt werden kann. Der gemeinsame Mittelwert des diastolischen Blutdrucks der Hunde aus den Gruppen III und IV stieg nach der Relaxation (Messung 3) zunächst auf 99,27 mmHg an und fiel dann langsam ab. Wie schon beim Verlauf des systolischen Blutdrucks, kam es auch hier zwei Minuten nach der Antagonisierung erneut zu einem geringfügigen Ansteigen des Mittelwertes. Ursachen für diese Erscheinung könnten einerseits einzelne „Ausreißer“ sein (bei dieser Messung wurde als höchster absoluter Wert 161 mmHg gemessen), andererseits die Gabe von Atropin. Während der Ausleitungsphase erreichte der gemeinsame Mittelwert der beiden Gruppen 77,92 mmHg und liegt damit noch immer höher als der systolische Blutdruck des Gruppenpaars I/II.

Dies bedeutet, dass der diastolische Blutdruck (wie auch der systolische) vom Narkoseregime bestimmt wurde, in diesem Fall vor allem durch die Gabe von Halothan. Ein blutdrucksenkender Einfluss durch die Applikation von Atracurium

ließ sich bei den hier beschriebenen Untersuchungen nicht feststellen. Diese Beobachtung deckt sich mit den Untersuchungsergebnissen aus der Humanmedizin von Maharaj et al. (1984). Die intravenös verabreichten Substanzen, insbesondere Acetazolamid-Natrium und Acetylsalicylsäure, übten dagegen, wie erwartet, einen signifikant blutdrucksenkenden Einfluss aus (Fachinformation Fa. Lederle<sup>®</sup> und Fa. Bayer<sup>®</sup>).

#### **7.2.4 Subjektive Befunde**

Neben den objektiv messbaren Parametern wurden bei den Gruppen I und II auch subjektiv beurteilte Parameter der Operationsbedingungen abgefragt. Diese sind besonders wichtig, da sie direkte Hinweise auf mögliche Vorteile bei der Anwendung des Muskelrelaxans Atracurium geben. Beurteilt wurden die Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation, das Einsinken des Bulbus durch die Narkose, der Glaskörperdruck, eine mögliche Veränderung der vorderen Augenkammertiefe, die Pupillenbeweglichkeit, die Anzahl der benötigten Positionierungshefte zur Fixation des Bulbus und die Rotierbarkeit des Bulbus am Ende der Operation. Dabei wurden Noten von 1 (beste Bedingung, erwünschter Effekt) bis 6 (schlechteste Bedingung, unerwünschter Effekt) vergeben. Diese Befunde gab der Operateur nach dem Ende der Operation zu Protokoll.

##### **Befund 1: Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn der Operation**

Bei Hunden hat die Inhalationsnarkose immer eine Rotation des Bulbus zur Folge. Dies erschwert die Operation, weil der Bulbus sich nach innen wegdreht und mit Positionierungsheften fixiert werden muss, um den Eingriff zu ermöglichen. Damit es nicht zur unerwünschten Bulbusrotation kommt, werden von einigen Veterinärophthalmologen mit Erfolg verschiedene Muskelrelaxanzien angewandt (Dziezyc 1990, Stades 1991, McMurphy et al. 2004). Atracurium wurde in diesem Zusammenhang jedoch noch nicht erwähnt.

Die Werte der Tiere aus Gruppe I (mit Atracurium) waren in diesem Punkt erwartungsgemäß deutlich besser (Durchschnittsnote 1,6) als die der Tiere aus Gruppe II (Durchschnittsnote 3,0). Das bedeutet, dass sich der Bulbus nach der Gabe von Atracurium bereits zu Beginn der Operation besser drehen lässt und nicht nach innen wegrotiert. Dies erleichtert dem Chirurgen die Arbeit und beeinflusst direkt einen weiteren der abgefragten subjektiven Befunde: die Anzahl der benötigten Fixierungshefte. Auf diesen Befund wird noch eingegangen (Befund 7).

### **Befund 2: Einsinken des Bulbus in die Orbita**

Inhalationsnarkosen lösen beim Hund auch regelmäßig einen Enophthalmus aus. Dies erschwert die Arbeit des Operateurs, weil der Bulbus schlechter zugänglich ist. Auch hiergegen setzen Veterinärophthalmologen vorbeugend Muskelrelaxanzien ein, da retrobulbäre Nervenblockaden zusätzlich die Gefahr von retrobulbären Blutungen bergen (Kap. 2) (Dziezyc 1990, Stades 1991). Daher war zu erwarten, dass auch bei den eigenen Untersuchungen die Beurteilung des Einsinkens des Bulbus in die Orbita ähnliche Ergebnisse brachte. Die Gruppe I war mit einer Durchschnittsnote von 2,2 der Gruppe II (2,9) überlegen. Auch wenn dieser Unterschied nicht ganz so groß ist wie bei Befund 1, lässt sich dennoch ableiten, dass der Bulbus unter dem Einfluss des Muskelrelaxans Atracurium weniger tief in die Orbita einsinkt als dies ohne Relaxation der Fall ist. Der Einsatz von Atracurium ist also auch bezüglich dieses Kriteriums von Vorteil.

### **Befund 3: Glaskörperdruck**

Wie Untersuchungen in der Humanmedizin gezeigt haben, können durch Muskelrelaxanzien und durch das Vermeiden jeglicher Zug- oder Druckkräfte auf den Bulbus die druckerhöhenden Faktoren im Glaskörper kompensiert oder in ihrer Wirkung geschwächt werden (Nasissse 1991, Gilger et al. 1994). Dies ist wichtig, weil ein zu hoher Glaskörperdruck zur Ruptur der Glaskörpermembran und zum Verlust des Glaskörpers führen kann – eine der wichtigsten Komplikation der intraokularen Chirurgie. Der Verlust des Glaskörpers bei einer Kataraktoperation führt meist zu Sehverlust (Kettesy 1967, Foulds 1980).

Bei den eigenen Untersuchungen waren hinsichtlich des Glaskörperdrucks die Bedingungen für den Operateur bei der Gruppe unter Muskelrelaxans deutlich besser als bei der nicht relaxierten Gruppe. Bei der Gruppe I lag der Mittelwert bei rund 1,27. Bei der Gruppe II erreichte der Mittelwert aber nur die Note 2,7. Das heißt, dass der Glaskörperdruck unter Relaxation niedriger war als ohne die Gabe des Muskelrelaxans. Damit verminderte sich auch die Gefahr von Komplikationen (z.B. Glaskörpervorfall).

**Befund 4: Veränderung der Vorderkammertiefe**

Die Tiefe der vorderen Augenkammer sollte sich unter der Narkose möglichst wenig verändern, um dem Chirurgen genügend Raum für den Eingriff zu geben (Neumann 1990). Unter der Narkose und durch die Wirkung der Zugkräfte der Fixierungshefte kommt es jedoch häufig zur Abflachung der vorderen Augenkammer und somit zur Behinderung des Chirurgen. Außerdem verstärkt sich die Gefahr des Glaskörperverlustes. Die genannte Abflachung ist für den Chirurgen darüber hinaus auch ein Hinweis auf eine Instabilität der Zonularfasern (Baran 1971, Kuchle 2000). Die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium soll diese Abflachung verhindern. Außerdem ist die postoperative vordere Augenkammertiefe entscheidend für die gewählte Dioptrienschärfe der Kunstlinse (Slatter 1990). Eine solche Verbesserung durch die Gabe von Atracurium konnte in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls gezeigt werden, da der Operateur diesen Parameter bei der Gruppe I günstiger beurteilte als bei Gruppe II. Gruppe I erhielt eine Durchschnittsnote von 1,47, während Gruppe II einen Mittelwert von 1,8 erreichte.

**Befund 5: Reaktion der Pupillen auf Adrenalin**

Bei intraokularen Eingriffen ist die Weitstellung der Pupillen erwünscht, damit der Zugang zur Linse erleichtert wird (William et al. 1996, Trede 2001). Da bei der vorliegenden Narkoseform auch Morphine verwandt wurden, die eine Miosis verursachen (Kaswan 1992, Collins 1995), wurde als Gegenmaßnahme eine Injektion von Adrenalin in die vordere Augenkammer durchgeführt (Wormser 1948, Williams 1996, Peterson-Jones 1994).

Der Unterschied zwischen beiden Gruppen fiel weniger deutlich aus als bei anderen subjektiven Beurteilungen. In beiden Gruppen schwankten die Noten zwischen 2 und 4. Gruppe I erreichte als Mittelwert eine geringfügig bessere Note (2,67), während Gruppe II im Durchschnitt bei 2,9 lag.

Eine unerwünschte Wechselwirkung zwischen dem Muskelrelaxans Atracurium und Adrenalin konnte bei der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Es war möglich die Antagonisierung des Atracuriums mit Atropin in Kombination mit Neostigmin gefahrlos einzusetzen, da sie die Pupillengröße nur wenig beeinflusst (Larsen 1987).

### **Befund 6: Reaktion der Pupillen auf Acetylcholin**

Acetylcholin ruft eine Kontraktion des M. ciliaris und des M. sphincter iridis hervor, führt also zur Engstellung der Iris (Pilz 1980). Dieser Effekt wurde im Anschluss an das Einsetzen einer Intraokularlinse genutzt, um die Linse zu fixieren, bis sie mit der Umgebung verklebt und der physiologische Zustand wieder hergestellt war.

Diese Methode ist allerdings umstritten, so dass sie durch den Operateur verlassen wurde und auch von anderen Autoren nicht mehr angewandt wird (Trede 2001).

Die erwünschte Kontraktion wird durch das Muskelrelaxans Atracurium vermindert oder aufgehoben. Daher kehrte sich die bislang stets positive Beurteilung dieses Medikaments bei diesem Befund zum ersten Mal um. Der Operateur gab den Tieren in Gruppe I Noten zwischen 2 und 4, der Mittelwert lag bei durchschnittlich 2,91. Die Tiere der Gruppe II erhielten jedoch durchweg die Note 2. Da von den 15 Tieren der Gruppe I nur 11 gemessen wurden und von den 10 Tieren der Gruppe II nur zwei, ist hier eine Aussage aber nur bedingt möglich. Dies bedeutet, dass durch den Einsatz von Atracurium die Gefahr, dass die eingesetzte Kunstlinse verrutscht, möglicherweise höher sein könnte. Dieser Fall ist bei den eigenen Untersuchungen jedoch nicht eingetreten.

**Befund 7: Anzahl der benötigten Fixierungshefte**

Dieses Kriterium zur Beurteilung der Operationsbedingungen wurde bereits unter Befund 1 („Rotation des Bulbus“) erwähnt und hängt auch direkt mit diesem zusammen. Je mehr Fixierungshefte der Operateur anlegen muss, um das Wegdrehen des Bulbus zu verhindern, um so unübersichtlicher wird das Operationsfeld. Die Übersichtlichkeit wird ohnehin durch die benötigten Geräte etc. begrenzt. Viele Fixierungshefte behindern den Chirurgen zusätzlich bei seiner Arbeit am Auge. Daneben üben Fixierungshefte Zugkräfte auf den Augapfel aus, was nicht erwünscht ist (Kap. 2). Zudem verlängert das Anlegen vieler Hefte auch die Vorbereitungen und damit die Narkosedauer. Daher ist es vorteilhaft, wenn möglichst wenige Fixierungshefte benötigt werden (Nasisse 1991, Williams 1996).

Hier zeigte sich deutlich die Überlegenheit der Narkose mit Muskelrelaxation durch Atracurium. Wie schon bei der Beurteilung des Befundes 1 („Rotation des Bulbus“) veränderte die Muskelrelaxation die Operationsbedingungen zum Positiven. Bei den Hunden der Gruppe I benötigte der Chirurg lediglich zwischen einem und vier Fixierungsheften, der Mittelwert lag bei 1,87 Heften. Bei den Hunden der Gruppe II benötigte er vier bis fünf Fixierungshefte, im Schnitt 4,2. Der Einsatz des Muskelrelaxans Atracurium erleichterte also in der vorliegenden Untersuchung die Arbeit des Operateurs erheblich.

**Befund 8: Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende der Operation**

Wie schon zu Beginn, waren auch zum Ende des Eingriffs die Werte der Hunde, die ein Muskelrelaxans erhalten hatten bei diesem Befund deutlich besser, als die Werte der Tiere, die ohne Muskelrelaxierung operiert wurden. Das Ergebnis übertraf sogar noch das von Befund 1: Die Gruppe I erreichte einen Mittelwert von 1,2, bei der Gruppe II lag der Mittelwert der Note bei 3,3.

Dies bedeutet, dass das Auge sich besser drehen ließ und nicht nach innen rotierte, nachdem die Fixierungshefte gelöst wurden. Wenn eine gute Rotierbarkeit des Bulbus auch noch zu Operationsende vorlag, konnte davon ausgegangen werden, dass dieser Zustand auch während der gesamten Operations-

dauer gegeben war und somit die auf den Bulbus ausgeübten Kräfte relativ gering waren.

Die für die subjektiven Befunde vorgenommenen Varianzanalysen zeigen, dass ein Großteil dieser Parameter vom Narkoseregime (mit/ohne Muskelrelaxans) abhängt. So ergibt sich ein signifikanter bzw. hochsignifikanter Zusammenhang für die Befunde 1, 3, 7 und 8 beim Faktor „Gruppe“. Bei den Befunden 2, 4 und 5 sind die Differenzen zwischen beiden Gruppen zu klein, um bei den entsprechenden Varianzanalysen signifikante Unterschiede zu zeigen. Beim Vergleich der Noten-Mittelwerte schneidet Gruppe I bei den Befunden 2, 4 und 5 aber besser ab als Gruppe II. Beim Befund 6 wurden nur wenige Tiere beurteilt, so dass das Ergebnis nur bedingt aussagefähig ist.

Die subjektiven Befunde sprechen dafür, dass die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium einen deutlich positiven Effekt auf die Operationsbedingungen am Auge hat, insbesondere da Kataraktoperationen bei kleinen Hunden schwieriger vorzunehmen sind (Magrane 1969) und sich in Gruppe I viele kleine Hunde befanden. Die mögliche Histaminfreisetzung durch Atracurium stellte in dieser Arbeit keine Probleme dar (Wellcome 1992).

Der Chirurg beurteilte die für seine Arbeit wichtigen Bedingungen unter dem Einfluss von Atracurium positiv bis sehr positiv. Dabei bezog er sich vor allem auf die Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn und zum Ende der Operation, das Einsinken des Bulbus, den Glaskörperdruck, die Vorderkammertiefe sowie die Anzahl der benötigten Fixierungshefte unter Muskelrelaxation mit Atracurium. Das einzige Kriterium, das der Chirurg unter der Wirkung von Atracurium schlechter beurteilt, ist die leicht eingeschränkte Pupillenbeweglichkeit. Diese führte aber bei den durchgeführten Operationen nicht zu ernsthaften Problemen. Die Ergebnisse sprechen daher insgesamt für den Einsatz von Atracurium bei Kataraktoperationen am Hund.

### **7.2.5 Zeitliche Parameter der Operationen**

Auf die Zeitdauer, für die die Vorderkammertiefe geöffnet war, hatten die unterschiedlichen Narkoseregime der Gruppen I und II keinen signifikanten Einfluss. Die Operationsdauer bei Gruppe I war jedoch durch die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium um ca. 25% kürzer als bei Gruppe II (Kap. 6.5), da die Zeitdauer der OP-Vorbereitung bei dieser Gruppe deutlich kürzer war (z.B. durch Wegfall einiger Fixierungshefte).

Bei den objektiv gemessenen Parametern gibt es dagegen keine oder nur sehr geringe Wechselwirkung mit dem angewandten Narkoseregime.

Es lässt sich festhalten, dass die objektiv messbaren Parameter eher durch die Wirkung des Narkosegases Halothan beeinflusst wurden als durch die Gabe des Muskelrelaxans Atracurium. Dies zeigte sich bei der Auswertung der Ergebnisse immer dann, wenn die Hunde der Gruppe IV (Narkose ohne Halothan) in die Analysen einbezogen wurden. Besonders deutlich zeigte sich dies beim systolischen und diastolischen Blutdruck, der unter Halothaneinfluss abfiel, aber auch (mit der bereits beschriebenen Einschränkung) bei der Herzfrequenz, die ebenfalls unter Halothan niedriger war.

## 8 Zusammenfassung

Im Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit stand die Frage, wie sich bei Eingriffen am Hundeauge die Applikation des Muskelrelaxans Atracurium auswirkt und ob ein Einfluss auf die Parameter Augeninnendruck, Herzfrequenz, systolischer Blutdruck, diastolischer Blutdruck und die Operationsbedingungen besteht.

Zu klären war, ob Verbesserungen der Operationsbedingungen in diesem Zusammenhang möglich sind, ohne dass Nachteile bei ausgewählten, klinisch relevanten Parametern in Kauf genommen werden müssen.

Hierzu wurden vier verschiedene Gruppen (I bis IV) von Hunden untersucht. Jede dieser Gruppen wurde einem anderen Narkoseregime unterzogen, um die Wirkungen der einzelnen verabreichten Substanzen beurteilen zu können. Bei den Hunde der Gruppen I und II wurden intraokulare Operationen, bei denen der Gruppen III und IV sonstigen Operationen am äußeren Auge vorgenommen. Es wurden folgende Substanzen verabreicht:

Gruppe I: Muskelrelaxans, Halothan, Narkoseadjuvantien

Gruppe II: Halothan, Narkoseadjuvantien

Gruppe III: Muskelrelaxans, Halothan

Gruppe IV: Muskelrelaxans

Das Ergebnis der Untersuchungen war, dass deutlich positive Effekte für die Operationsbedingungen durch die Muskelrelaxierung mit Atracurium bei Eingriffen am Auge des Hundes zu verzeichnen sind. Dies gilt insbesondere für die vom Operateur subjektiv zu beurteilenden Parameter wie Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn und zum Ende der Operation, Einsinken des Bulbus in die Orbita, Veränderung der vorderen Augenkammertiefe, Reaktion der Pupille auf Adrenalin und die Anzahl der benötigten Fixierungshefte.

In dieser Untersuchung wurden keine klinisch relevanten Nachteile bei der Muskelrelaxierung mit Atracurium bezüglich aller objektiv gemessenen Parameter gefunden. Dies gilt auch für den in der Ophthalmochirurgie essentiellen Parameter „Augeninnendruck“, der bei Operationen am inneren Auge möglichst konstant und leicht erniedrigt sein soll. Die Gabe des

Muskelrelaxans Atracurium zeigte diesbezüglich keine signifikant negative Wirkung.

Deutliche Effekte ergaben sich bei der Wirkung des Narkosegases Halothan auf die Herzfrequenz und den Blutdruck. Hier wurden vorangegangene Studien bestätigt. Halothan verursachte bei den Hunden der Gruppen I bis III im Vergleich zu den Hunden der Gruppe IV, die kein Halothan erhalten hatten, Bradykardie sowie Abfall des systolischen und diastolischen Blutdrucks.

Die Messergebnisse des Augeninnendrucks aller Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede auf.

Die Herzfrequenzwerte der Gruppe I unterschieden sich durch die frequenzsteigernde Wirkung des Atracuriumbesilats deutlich von denen der Gruppe II. Beim Vergleich von Gruppen III und IV war das Niveau der Herzfrequenzwerte von Gruppe III durch die Halothanwirkung niedriger als bei Gruppe IV, dies war statistisch aber nicht signifikant.

Beim Vergleich der Gruppen I und II zeigten sich bei den systolischen und diastolischen Blutdruckwerten gleiche Verläufe.

Bei den Gruppen III und IV waren hingegen bei Gruppe III niedrigere systolische und diastolische Blutdruckwerte als bei Gruppe IV auffällig. Dies war bedingt durch das fehlende Halothan bei Gruppe IV. Die Unterschiede erwiesen sich bei den systolischen Blutdruckwerten als signifikant und bei den diastolischen Blutdruckwerten sogar als hochsignifikant.

Die operierten Hunde stammten aus dem Klientel der Chirurgischen Veterinärklinik (Kleintierchirurgie) der Justus-Liebig-Universität Gießen und wurden nicht speziell für die Untersuchung ausgesucht. Daraus ergaben sich Einschränkungen bei der Anzahl der Tiere, aber auch bei der Zusammensetzung der Gruppen I bis IV.

Die Untersuchungen ergaben, dass die Applikation des Muskelrelaxans Atracurium bei intraokularen Eingriffen am Hundeauge die Operationsbedingungen deutlich verbessert, ohne dass klinisch relevante Nachteile bezüglich der im Rahmen dieser Arbeit objektiv gemessenen und subjektiv beurteilten Parameter in Kauf genommen werden müssen.



## 9 Summary

The question that stood at the forefront of this work, was the effect that the muscle-relaxant atracurim had during canine ophthalmic operations. It also examined the influence, if any, this had on diverse parameters, such as intraocular pressure, cardiac rate, systolic blood pressure, diastolic blood pressure and the operation conditions.

Clarification was necessary as to whether an improvement in surgical conditions was possible without having an adverse effect on certain clinically important parameters.

Therefore, four separate groups (I to IV) of dogs were investigated. Each of these groups was operated on under a completely different anaesthesia. This enabled a comparison on the effects of each substance to be made. The dogs from groups I and II underwent an intraocular operation. The dogs in groups III and IV underwent other operations on the outer eye.

The following substances were used:

Group I: muscle-relaxant, halothane, narcotic adjuvant

Group II: halothane, narcotic adjuvant

Group III: muscle-relaxant, halothane

Group IV: muscle-relaxant

It was found that surgical conditions during an ophthalmic operation on dogs were clearly improved with the utilisation of atracurium as muscle-relaxant. This was especially true for surgeon-subjective parameters, such as – eyeball-rotation at the beginning and at the end of the operation, the retraction of the eyeball into the orbita, changes to the depth of the anterior chamber of eye, pupillary reaction to adrenaline and the number of fixation cords that were required.

This investigation revealed no clinically relevant disadvantages, on objectively measurable parameters, with the utilisation of atracurium. This is also the case for “internal eye pressure”, which is one of the essential parameters in

ophthalmic surgery. During an operation on the inner eye this should be slightly lowered and kept as constant as possible. Atracurium had no negative effects on the “internal eye pressure”.

Halothane produced significant effects on the cardiac rate and blood pressure. These results confirmed results of earlier studies. In comparison to group IV, which was not treated with halothane, groups I to III showed symptoms of bradycardia as well as a fall in systolic and diastolic blood pressure.

There was no significant difference concerning “internal eye pressure” for the four groups.

When comparing group I to group II, it is possible to see that atracurium besilate increases the cardiac rate of the patient.

Although the use of halothane led to a reduction of the heart rate for group III when comparing group III and IV, this was however, statistically not significant.

It was noted that for group I and II the systolic and diastolic blood pressure values followed the same course.

A difference was noted when comparing the diastolic and systolic blood pressures of the patients in groups III and IV. The dogs in group IV showed, due to the non-utilisation of halothane, lower values. The difference in values for systolic blood pressure was significant and that for diastolic blood pressure highly significant.

The dogs were all patients of the “Chirurgische Veterinärklinik (Kleintierchirurgie)” of the „Justus-Liebig-Universität“ in Gießen. None of these animals was specially selected to take part in this study. This limited the number of dogs available, which in turn also affected the groupings.

In conclusion, this study shows that the utilisation of the muscle-relaxant atracurium for intraocular canine operations, improves surgical conditions. This is achieved without having an adverse effect on the previously mentioned clinically important parameters.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Reife (mature) Katarakt (Foto Dr. B. Lohmann).....	7
Abbildung 2:	Chirurgische Behandlung der Katarakt (Foto Dr. B. Lohmann) .....	18
Abbildung 3:	Möglichkeiten der Kunstlinsenimplantation (nach Sommer und Schmitt 1985) .....	20
Abbildung 4:	Bulbusrotation bei einem narkotisierten Hund (ohne Muskelrelaxans).....	45
Abbildung 5:	Die motorische Endplatte (nach Ali und Savarese 1976) .....	48
Abbildung 6:	Strukturformel von Atracuriumbesilat .....	54
Abbildung 7:	Der Hofmann'sche Abbau (Produktmonographie der Firma Wellcome 1992).....	55
Abbildung 8:	Aufbau des Augapfels (nach Slatter 1990).....	60
Abbildung 9:	Der Abflussweg des Kammerwassers (nach Schmidt 1988).....	61
Abbildung 10:	Prinzip der Impressionstonometrie (nach Jessen und Altmann 1987) .....	69
Abbildung 11:	Prinzip der Applanationstonometrie (nach Jessen und Altmann 1987) .....	70
Abbildung 12:	Oszillationen (Grundlage der oszillatorischen Methode entspr. 3. nach Guillebeau 1979).....	76
Abbildung 13:	Cardiicap™ Patientenmonitor .....	86
Abbildung 14:	Bildschirmanzeige Cardiicap™ .....	87
Abbildung 15:	Messung der peripheren Pulskurvenform mit optischem Pulssensor am Beispiel eines menschlichen Fingers .....	89
Abbildung 16:	Anlegen der Blutdruckmanschette (nach Guillebeau 1979).....	91

Abbildung 17:	Oszillationen der Blutströmung unter der Blutdruckmanschette. Dargestellt ist der Druckverlauf als Funktion der Zeit bei kontinuierlich nachlassendem Manschettendruck (nach Werner 1980).....	93
Abbildung 18:	Die Weichteilverdrängung der Blutdruckmanschette (nach Werner 1972).....	94
Abbildung 19:	Infrarotlicht-Absorptionstechnik zur Messung von CO <sub>2</sub> und N <sub>2</sub> O .....	97
Abbildung 20:	Funktionsprinzip der Sauerstoffmessung.....	98
Abbildung 21:	Der Tonopen™ II (Produktmonographie der Firma Mentor®).....	101
Abbildung 22:	Erfassungsbogen zur Aufnahme aller relevanten Daten .....	114
Abbildung 23:	Bildschirmanzeige am Cardiocap™ .....	116
Abbildung 24:	Kontinuierliche Aufzeichnung der Messparameter .....	118
Abbildung 25:	Abhängigkeit der untersuchten Parameter von der Gruppe (dargestellt für Gruppe A und B).....	120
Abbildung 26:	Abhängigkeit der Parameter von der Zeit (dargestellt für zwei Gruppen A und B).....	120
Abbildung 27:	Abhängigkeit der Parameter von der Gruppe ändert sich mit der Zeit .....	120

## 11 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Parameter von Hunden, die einer Kataraktoperation unterzogen wurden (Gruppen I und II).....	81
<b>Tabelle 2:</b>	Vergleichsgruppen, die am äußeren Auge operiert wurden (Distichiasis, Keratektomie) (Gruppe III und IV).....	82
<b>Tabelle 3:</b>	Übersicht über die verabreichten Narkotika und sonstigen Medikamente für die einzelnen Gruppen.....	111
<b>Tabelle 4:</b>	Augeninnendruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II .....	125
<b>Tabelle 5:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und II .....	128
<b>Tabelle 6:</b>	Augeninnendruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV.....	130
<b>Tabelle 7:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen III und IV.....	133
<b>Tabelle 8:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und III.....	133
<b>Tabelle 9:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I und IV.....	134
<b>Tabelle 10:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen II und III .....	134
<b>Tabelle 11:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen II und IV .....	134
<b>Tabelle 12:</b>	Varianzanalyse des Augeninnendrucks der Gruppen I bis IV .....	135
<b>Tabelle 13:</b>	Herzfrequenzen der Hunde aus den Gruppen I und II.....	138
<b>Tabelle 14:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und II.....	141

<b>Tabelle 15:</b>	Herzfrequenzen der Hunde aus den Gruppen III und IV.....	143
<b>Tabelle 16:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen III und IV.....	146
<b>Tabelle 17:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und III.....	146
<b>Tabelle 18:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I und IV.....	147
<b>Tabelle 19:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen II und III.....	147
<b>Tabelle 20:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen II und IV.....	147
<b>Tabelle 21:</b>	Varianzanalyse der Herzfrequenz für die Gruppen I bis IV.....	148
<b>Tabelle 22:</b>	Systolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II.....	151
<b>Tabelle 23:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und II.....	154
<b>Tabelle 24:</b>	Systolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV.....	156
<b>Tabelle 25:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen III und IV.....	159
<b>Tabelle 26:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und III.....	159
<b>Tabelle 27:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen I und IV.....	160
<b>Tabelle 28:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen II und III.....	160
<b>Tabelle 29:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks für die Gruppen II und IV.....	160

---

<b>Tabelle 30:</b>	Varianzanalyse des systolischen Blutdrucks der Gruppen I bis IV.....	161
<b>Tabelle 31:</b>	Diastolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen I und II .....	163
<b>Tabelle 32:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppe I und II .....	166
<b>Tabelle 33:</b>	Diastolische Blutdruckwerte der Hunde aus den Gruppen III und IV .....	168
<b>Tabelle 34:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen III und IV.....	171
<b>Tabelle 35:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I und III .....	172
<b>Tabelle 36:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I und IV.....	172
<b>Tabelle 37:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen II und III .....	172
<b>Tabelle 38:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen II und IV.....	173
<b>Tabelle 39:</b>	Varianzanalyse des diastolischen Blutdrucks für die Gruppen I bis IV .....	173
<b>Tabelle 40:</b>	Beurteilung der subjektiven Befunde der Hunde aus den Gruppen I und II .....	178
<b>Tabelle 41:</b>	Varianzanalyse des Befunds 1 (Rotierbarkeit des Bulbus zu Beginn) für die Gruppen I und II .....	181
<b>Tabelle 42:</b>	Varianzanalyse des Befunds 2 (Einsinken des Bulbus) für die Gruppen I und II .....	181
<b>Tabelle 43:</b>	Varianzanalyse des Befunds 3 (Glaskörperdruck) für die Gruppen I und II .....	181
<b>Tabelle 44:</b>	Varianzanalyse des Befunds 4 (Veränderung der Vorderkammertiefe) für die Gruppen I und II .....	181

<b>Tabelle 45:</b>	Varianzanalyse des Befunds 5 (Pupillenreaktion auf Adrenalin) für die Gruppen I und II.....	182
<b>Tabelle 46:</b>	Varianzanalyse des Befunds 6 (Pupillenreaktion auf Azetylcholin) für die Gruppen I und II.....	182
<b>Tabelle 47:</b>	Varianzanalyse des Befunds 7 (Anzahl der benötigten Positionierhefte) für die Gruppen I und II.....	182
<b>Tabelle 48:</b>	Varianzanalyse des Befunds 8 (Rotierbarkeit des Bulbus zum Ende) für die Gruppen I und II.....	182

---

## 12 Diagrammverzeichnis

### Diagramm 1 zu Tabelle 4:

Augeninnendrucke für die Hunde der Gruppe I und II (Mittelwerte) .....	126
---	-----

### Diagramm 2 zu Tabelle 4:

Standardabweichungen der Augeninnendrucke für die Hunde der Gruppe I und II .....	126
--	-----

### Diagramm 3 zu Tabelle 6:

Augeninnendrucke für die Hunde der Gruppe III und IV (Mittelwerte) .....	131
---	-----

### Diagramm 4 zu Tabelle 6:

Standardabweichungen der Augeninnendrucke für die Hunde der Gruppe III und IV .....	131
--	-----

### Diagramm 5 zu Tabelle 13:

Herzfrequenzen für die Hunde der Gruppen I und II (Mittelwerte) .....	139
--	-----

### Diagramm 6 zu Tabelle 13:

Standardabweichungen der Herzfrequenzen für die Hunde der Gruppen I und II .....	139
---	-----

### Diagramm 7 zu Tabelle 15:

Herzfrequenzen für die Hunde der Gruppen III und IV (Mittelwerte) .....	144
--	-----

### Diagramm 8 zu Tabelle 15:

Standardabweichungen der Herzfrequenzen für die Hunde der Gruppen III und IV .....	144
---	-----

### Diagramm 9 zu Tabelle 22:

Systolische Blutdruckwerte für die Hunde der Gruppen I und II (Mittelwerte) .....	152
--	-----

**Diagramm 10 zu Tabelle 22:**

Standardabweichungen der systolischen Blutdruckwerte  
für die Hunde der Gruppen I und II ..... 152

**Diagramm 11 zu Tabelle 24:**

Systolische Blutdruckwerte für die Hunde  
der Gruppen III und IV (Mittelwerte)..... 157

**Diagramm 12 zu Tabelle 24:**

Standardabweichungen der systolischen Blutdruckwerte  
für die Hunde der Gruppen III und IV..... 157

**Diagramm 13 zu Tabelle 31:**

Diastolische Blutdruckwerte für die Hunde  
der Gruppen I und II (Mittelwerte)..... 164

**Diagramm 14 zu Tabelle 31:**

Standardabweichungen der diasystolischen Blutdruckwerte  
für die Hunde der Gruppen I und II ..... 164

**Diagramm 15 zu Tabelle 33:**

Diastolische Blutdruckwerte für die Hunde  
der Gruppen III und IV (Mittelwerte)..... 169

**Diagramm 16 zu Tabelle 33:**

Standardabweichungen der diasystolischen Blutdruckwerte  
für die Hunde der Gruppen III und IV..... 169

**Diagramm 17 zu Tabelle 40:**

Beurteilung der subjektiven Parameter für die Hunde  
der Gruppen I und II (Mittelwerte)..... 179

**Diagramm 18 zu Tabelle 40:**

Standardabweichungen der subjektiven parameter für die Hunde  
der Gruppen I und II..... 179

### 13 Verwendete Medikamente

Medikament	Hersteller	Ort
Aspisol <sup>®</sup>	Bayer AG	Leverkusen
Atropinsulfat Lösung 0,5 mg/ml	Fresenius AG	Bad Homburg
Chibro-Kerakain <sup>®</sup>	Chibret	München
Diamox <sup>®</sup> parenteral	Lederle Arzneimittel GmbH & Co	Wolfratshausen
Diazepam ratiopharm <sup>®</sup> 10 Injektionslösung	ratiopharm GmbH & Co	Ulm
elomel <sup>®</sup>	Delta-Pharma GmbH	Pfullingen
Fortecortin <sup>®</sup> Mono 100	Merck	Darmstadt
Halothan Eurim	Eurim-Pharm	Piding
Healon <sup>®</sup>	Pharmacia AG	Dübendorf/Schweiz
Ketamin 10%	Mallinckrodt Vet GmbH	Burgwedel
l-Polamivet <sup>®</sup> ad us. vet.	Hoechst Veterinär GmbH	Unterschleißheim
Prostigmin <sup>®</sup> zur Injektion	Hoffmann/La Roche AG	Grenzach-Wyhlen
Rompun <sup>®</sup> 2%	Bayer AG	Leverkusen
Tracrium <sup>®</sup> Wellcome 2,5 ml	Wellcome GmbH	Burgwedel
Xylocain <sup>®</sup> Pumpspray	Astra Chemicals GmbH	Wedel



---

## 14 Literaturverzeichnis

- Abdulla, W., R. Frey, J. Gärtner und A. Nover (1981)  
Problematik der Anästhesie in der Augenheilkunde  
Intensivmed. Prax., 3, 55-65
- Aboul-Eish, E. (1973)  
Physiology of the eye pertinent to anaesthesia  
Int. Ophthalmol. Clin., 1-20
- Adams, A.K. (1973)  
The anaesthetist and the ophthalmic surgeon  
Transaction of the Ophthalmological Societies of the United Kingdom, 93,  
549-557
- Adams, A.K. und R.M. Jones (1980)  
Anaesthesia for eye surgery: General considerations  
Brit. J. Anaesth., 52, 663-669
- Adams, A.P., A. Freedman und J.K.G. Dart (1979)  
Normocapnic anaesthesia with trichloroethylene for intraocular surgery  
Anaesthesia, 34, 526-533
- Al-Abrak, M.H. und J.R. Samuel (1974)  
Effects of general anaesthesia on the intraocular pressure in man  
Brit. J. Ophthalm. 58, 806-810
- Alef, M. und G. Oechtering (1995)  
Nichtinvasive Patientenüberwachung in der Tiermedizin: Pulsoxymetrie  
und Kapnographie  
Tierärztliche Praxis, 23, 1-16
- Alef, M. und G. Schmidt-Oechtering (1994)  
Patientenüberwachung beim Kleintier  
Neue Aspekte der Veterinärnarkose und Intensivtherapie  
Gerhard Schmidt-Oechtering und Michael Alef  
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg
- Ali, H.H. und J.J. Savarese (1976)  
Monitoring of neuromuscular function  
Anaesthesiology, 45, 216-247
- Antal, M., G. Mucsi und A. Faludi (1978)  
Ketamine anaesthesia and intraocular pressure  
Annals of Ophthalmology, 10, 1281-1289

- Aoyagi, K. und J. Piiper (1965)  
Analyse des Kreislaufs bei Spontanatmung und bei künstlicher  
Beatmung am narkotisierten Hund  
Pflügers Archiv, 284, 131-146
- Bagley, L.H. und J.D. Lavach (1994)  
Comparison of postoperative phacoemulsification results in dogs with  
and without diabetes mellitus: 153 cases (1991-1992)  
Journal of American Vet. Met. Assoc., 205, 1165-1169
- Baran, L. und E. Ogielska (1971)  
Measurements of the anterior chamber depth as an prognost index in  
cataract surgery  
Klinika Oczna, 41, 523-526
- Barnes, P.K., V.J.E. Thomas, I. Boyd und T. Holloway (1983)  
Comparison of the effects of atracurium and tubocurarine on heart rate  
and arterial pressure in anaesthetised man  
Brit. J. Anaesth., 55, 91-94
- Barnett, K.C. (1971)  
Types of cataract in the dog  
38th Annual Meeting of the American Animal Hospital Association, 2-9
- Barnett, K.C. (1992)  
The differential diagnosis of cataract in the dog  
World small animal veterinary association, XVII World Congress, Rome,  
1276-1280
- Basta, S.J., J.J. Savarese, H.H. Ali, J. Moss und M. Gionfriddo (1983)  
Histamine-releasing potencies of atracurium, dimethyl tubocurarine and  
tubocurarine  
Brit. J. Anaesth., 55, 105-106
- Bayer AG (1994)  
Gebrauchsinformation  
Aspisol®  
Bayer AG, Leverkusen
- Bayer AG (1994)  
Gebrauchsinformation  
Rompun® 2%  
Bayer AG, Leverkusen

- 
- Bedford, P.G.C. (1992)  
The anterior chamber  
European School for advanced veterinary studies  
First Course in Ophthalmology, Luxembourg, 1-11
- Bedford, P.G.C. (1994)  
World small animal veterinary association, XIX World Congress, Durban,  
467-468
- Behlau, R. (1947)  
Die Synergie von Thyroxin und Adrenalin auf die Pupille von Kaninchen  
und Fröschen  
Dissertation, Kiel
- Bigelbach, A. (1990)  
A new method of extracapsular cataract extraction in dogs: the  
intercapsular technique  
Kleintierpraxis, 35, 78-82
- Bigelbach, A. (1992)  
Intraokularlinsenimplantation beim Hund  
38. Jahrestagung der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft,  
Bonn, 393-399
- Bigelbach, A. (1994)  
Survey on the present state of canine cataract surgery in Europe  
The Globe, 2, 12-13
- Billig, A. und K. Bihler (1974)  
Das Verhalten des intraokularen Druckes unter Neuroleptanalgesie nach  
vorheriger Verabreichung von Diamox  
Prakt. Anästh., 9, 28-33
- Bjertnaes, L.J. (1986)  
Volatile Anästhetika und ihr Effekt auf die Atmung  
Peter, K., D.R. Brown, E. Martin und O. Merlander  
Inhalationsanästhetika,  
Springer Verlag, Berlin, 119-126
- Bodey, A.R. und A.R. Michell (1996)  
Epidemiological study of blood pressure in domestic dogs  
Journal of Small Animal Practice, 37, 116-125
- Bodey, A.R., L.E. Young, D.H. Bartram, M.J. Diamond und A.R. Michell (1994)  
A comparison of direct and indirect (oscillometric) measurements of  
arterial blood pressure in anaesthetised dogs, using tail and limb cuffs  
Research in Veterinary Science, 47, 265-269

- Bohn, F.K. (1982)  
Klinisch empirische Bemerkungen zum grauen Star und zur  
Linsenextraktion beim Hund  
Der praktische Tierarzt, 63, 624-627
- Brunson, D.B. (1980)  
Anaesthesia in ophthalmic surgery  
Vet. Clin. North America, Small Animal Practice, 10, 481-495
- Burn, R.A. und P. Knight (1969)  
Anaesthesia in ophthalmic surgery  
British Journal of Hospital Medicine, 39, 1527-1544
- Busse, H., P. Kroll und W. Niermann (1982)  
Zur gezielten präoperativen Hypotonie bei der Kataraktextraktion  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 181, 20-24
- Calvey, T.N., R.R. Macmillan, D.M. West und N.E. Williams (1983)  
Electromyographic Assessment of Neuromuscular Blockade Induced by  
Atracurium  
Brit. J. Anaesth., 55, 57-62
- Cameron, A.E. (1982)  
Intraocular pressure too low  
Anaesthesia, 37, 735-737
- Carballo, A.S. (1965)  
Succinylcholine and acetazolamide (Diamox) in anaesthesia for ocular  
surgery  
Can. Anaesth. Soc. 12, 486-498
- Cardiicap Modell CC-104  
Gebrauchsanweisung, Fa. Datex
- Chapple, D.J. und J.S. Clark (1983)  
Pharmacological action of breakdown products of atracurium and related  
substances  
Brit. J. Anaesth., 55, 11-15
- Chapple, D.J., J.S. Clark und R. Hughes (1983)  
Interaction between atracurium and drugs used in anaesthesia  
Brit. J. Anaesth., 55, 17-22
- Cherniack, N.S., N.H. Edelman und S. Lahiri (1970)  
Hypoxia and hypercapnia as respiratory stimulants and depressants  
Respiration Physiology, 11, 113-126

- 
- Chiu, G.J. und J.A. Stirt (1987)  
Intraocular pressure after "Cras" induction with vecuronium or atracurium plus low-dose narcotics  
*Anaesth. Analg.*, 66, 28-28
- Clerc, B. und A. Krähenmann (1990)  
Ergänzende instrumentelle Untersuchung  
Augenheilkunde Hund und Katze  
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 40-44, 202-214
- Clutton, R.E., M. Leib und A. Zajac (1993)  
Some effects of elevated intraocular pressure in dogs anaesthetised with halothane, enflurane or isoflurane  
*J. Vet. Anaesth.*, 20, 39-40
- Clutton, K.E., C. Boyd, D.C.S. Richards und K. Schwink (1988)  
Significance of the oculocardiac reflex during ophthalmic surgery in the dog  
*Journal of Small Animal Practice*, 29, 573-579
- Collins, B. K., M.E. Gross, C.P. Moore und K.R. Branson (1995)  
Physiologic, pharmacologic, and practical considerations for anaesthesia of domestic animals with eye disease  
*Journal of American Vet. Met. Assoc*, 207, 220-230
- Collinson, P.N. und R.L Peiffer Jr. (2002)  
Komplikationen der Kataraktchirurgie bei Hunden  
*Der praktische Tierarzt*, 83, 530-530
- Crispin, S.M. (1981)  
Anaesthesia for ophthalmic surgery  
*Proceedings of the Association of Veterinary Anaesthesia*, 9, 170-183
- Cunningham, A.J., O. Albert, J. Cameron und A.G. Watson (1981)  
The effect of intravenous diazepam on rise of intraocular pressure following succinylcholine  
*Can. Anaesth. Soc.*, 28, 591-595
- Cunningham, A.J. und P. Barry (1986)  
Intraocular pressure - physiology and implications for anaesthetic management  
*Can. Anaesth. Soc.*, 33, 195-208
- David, R., L. Zangwill, D. Briscoe, M. Dagan, R. Yagew und Y. Yassur (1992)  
Diurnal intraocular pressure variations: an analysis of 690 diurnal curves  
*Brit. J. Ophthal.*, 76, 280-283

- Delta-Pharma GmbH (1992)  
Gebrauchsinformation  
elomei®  
Delta-Pharma GmbH, Pfullingen
- De Rossi, L., H. Fritz, L. Kröber und U. Klein (1999)  
Vergleich der neuromuskulären Wirkung von Cisatracurium und  
Atracurium am M. orbicularis oculi und M. adductor pollicis  
Der Anaesthetist, 48, 602-606
- Dias, P.L.R., D.S. Andrew und G.J. Romanes (1982)  
Effect on the intraocular pressure of hypotensive anaesthesia with  
intravenous trimetaphan  
Brit. J. Ophthal., 66, 721-724
- Draeger, J. (1961)  
Geschichte der Tonometrie  
Physikalische Grundlagen, methodische Entwicklungen und klinische  
Anwendung  
Dissertation, Hamburg, 7-25
- Draeger, J. (1966)  
Über ein lageunabhängiges Applanationstonometer  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 149, 905-911
- Draeger, J. und R. Guthoff (1981)  
Augenheilkunde in Klinik und Praxis 2  
Verlag Thieme, J. François und F. Hollwich, 6, 1-21
- Draeger, J., R. Guthoff, L. Köhler und G. Allmeling (1982)  
Veterinärmedizinische ophthalmologische Mikrochirurgie  
Kleintierpraxis, 28, 65-68
- Draeger, J., L. Köhler, G. Allmeling und B. Degering (1982)  
Handapplanationstonometrie am Tierauge  
Tierärztliche Praxis, 10, 189-195
- Draeger, J., C. Körner und M. Lüders (1982)  
Tonometrie mit unterschiedlichen Applanationsdurchmessern  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 120, 458-460
- Duncalf, D. (1974)  
Anaesthesia and intraocular pressure  
Bull. N. Y. Acad. Med., 51, 374-381

- 
- Duncalf, D. und F.F. Foldes (1973)  
Effect of anaesthetic drugs and muscle relaxants on intraocular pressure  
Int. Ophthalmol. Clin., 13, 21-33
- Duncalf, D. und S.W. Weitzner (1963)  
The influence of ventilation and hypercapnea on intraocular pressure during anaesthesia  
Anaesth. Analg. Current Researches 42, 232-237
- Durant, N.N., J.R. Briscoe, C. Lee und R.L. Katz (1982)  
The acute effects of hydrocortisone on neuromuscular transmission  
Anaesthesiology, 57, 266-266
- Dziezyc, J. (1990)  
Cataract surgery – current approaches  
Vet. Clin. North America, Small Animal Practice, 20, 737-759
- Dziezyc, J., N.J. Millichamp und W.B. Smith (1992)  
Comparison of applanation tonometers in dogs and horses  
Journal of American Vet. Met. Assoc., 203, 430-433
- Earnshaw, G., G.H. Hackett und J.-P.A.H. Jantzen (1985)  
Direct measurement of intra-ocular pressure in dogs during neuromuscular blockade with metocurine, pancuronium, atracurium and vecuronium  
Brit. J. Anaesth., 57, 344-344
- Egner, Beate (2002)  
Blutdruck auf den Punkt gebracht  
Parey Buchverlag, Berlin, 81-122
- Erhardt, W., J. Haberstroh, M. Schindele, B. Niehaus, K.P. Vick und G. Blümel (1988)  
Das Prinzip der "Balanced Anaesthesia" beim risikobelasteten Hundepatienten  
Tierärztliche Praxis 16, 179-185
- Erhardt, W., C. Gabel, J. Haberstroh und S. Knobloch (1989)  
Anästhetische Maßnahmen zur Durchführung von Untersuchungen und Operationen am Auge beim Kleintier  
8. int. Fortbildungskurs über Kleintierkrankheiten, St. Moritz, 335-344
- Erhardt, W. und J. Henke (1996)  
Blutdruckprobleme während der Anästhesie beim Hund  
Der praktische Tierarzt, 5, 379-388

- Erkola, O., U. Karhunen und E. Sandelin-Helloqvist (1989)  
Spontanerholung der neuromuskulären Restblockade nach Gabe von  
Atracurium und Vecuronium während einer Isofluran Narkose  
*Acta Anaesthesiol. Scand.*, 33, 290-294
- Eurim-Pharm (1994)  
Gebrauchsinformation  
Halothan Eurim  
Eurim-Pharm Arzneimittel GmbH, Piding
- Faulborn, J. und G. Berg (1981)  
Erfahrungen mit der chirurgischen Behandlung der Katarakt  
*Tierärztliche Umschau*, 36, 109-117
- Fichman, R.A. und J. Hoffmann (1994)  
Anaesthesia for cataract surgery and its complications  
*Current Opinion in Ophthalmology*, 5, 21-27
- Flach, A.J. und J.A. Eliason (1988)  
Topical Prostaglandin E2 effects on normal human intraocular pressure  
*Journal of Ocular Pharmacology*, 4, 13-18
- Folts, J.D., S. Alfonso und G.G. Rowe (1975)  
Systemic and coronary haemodynamic effects of ketamine in intact  
anaesthetized and unanaesthetized dogs  
*Brit. J. Anaesth.*, 47, 686-693
- Forth, W., D. Henschler, W. Rummel und K. Starke (1992)  
Vorwiegend muskulär wirkende Nicotinrezeptor Agonisten und  
Antagonisten: neuromuskulär blockierende Stoffe  
In: Vorwiegend muskulär wirkende Allgemeine und spezielle  
Pharmakologie und Toxikologie für Studenten der Medizin  
Wissenschaftsverlag, Mannheim, 133-277
- Foulds, W.S. (1980)  
The changing pattern of eye surgery  
*Brit. J. Anaesth.*, 52, 643-647
- Frank, M., P.J. Flynn und R. Hughes (1983)  
Atracurium in obstetric anaesthesia  
*Brit. J. Anaesth.*, 55, 113-114
- Fresenius AG (1992)  
Gebrauchsinformation  
Atropinsulfat-Lösung 0,5 mg/ml  
Fresenius AG, Bad Homburg v.d.H.

- 
- Friedmann, E. und S.E. Chandra (1972)  
Choroidal blood flow – III effects of oxygen and carbon dioxide  
Arch. Ophthalmol., 87, 70-71
- Gains, M.J., K.M. Grodecki, R.M. Jacobs, D. Dyson und R.A. Foster (1995)  
Comparison of direct and indirect blood pressure measurements in  
anaesthetised dogs  
Can. J. of Veterinary Research, 59, 238-240
- Geddes, L.A., W. Combs, W. Denton und S.J. Whistler (1980)  
Indirect mean arterial pressure in the anaesthetised dog  
Am. J. Physiol., 238, 664-666
- Gelatt, K.N. (1981)  
The canine lens  
In: Veterinary Ophthalmology  
Verlag Lea and Febiger, Philadelphia 438, 449-449
- Gelatt K.N., R.L. Peiffer, G.G. Gum und R.M. Gwin (1977)  
Evaluation of applanation tonometers for the dog eye  
Investigative Ophthalmology and Visual Science, 16, 963-968
- Gelatt, K.N., R.M. Gwinn, R.L. Peiffer und G.G. Gum (1977)  
Tonography in the normal and glaucomatous beagle  
Am. J. of Veterinary Research, 38, 515-520
- Gelatt, K.N., G.G. Gum, K.P. Barrie und L.W. Williams (1981)  
Diurnal variations in intraocular pressure in normotensive and  
glaukomatous beagles  
Glaukoma, 3, 121-124
- Gieler, J., K.F. Baur und S. Eisert (1977)  
Kontrollierte Hypotension bei schwierigen intraokuloaren Eingriffen  
Prakt. Anästh., 12, 390-393
- Gilger, C., D.A. Wilkie, A. van der Woerd und U. Gränitz (1994)  
Die Anwendung der Phakofragmentation und Aspiration sowie der  
Intraocularlinsenimplantation in der veterinärmedizinischen  
Kataraktchirurgie  
Kleintierpraxis, 39, 631-645
- Gills, J.P., T. Loyd und M. Cherdio (1995)  
Anaesthesia, preoperative and postoperative medications  
Current Opinion in Ophthalmology, 6, 31-35

- Glover, T.D. und G.M. Constantinescu (1997)  
Surgery for cataracts  
Vet. Clin. North. America, Small Animal Practice, 27, 1143-1173
- Gramstad, L., P. Lilleaasen und B. Minsaas (1983)  
Comparative study of atracurium, vecuronium and pancuronium  
Brit. J. Anaesth., 55, 95-96
- Guillebeau, Albin (1979)  
Kritischer Vergleich der palpatorischen und Ultraschall-Doppler Methode zur indirekten Messung des Blutdruckes bei Hund, Pferd und Rind  
Dissertation, Zürich, 1-59
- Hackett, G.H., J.-P.A.H. Jantzen und G. Earnshaw (1989)  
Cardiovascular effects of vecuronium, atracurium, pancuronium, metocurine and RGH-4021 in dogs  
Acta Anaesthesiol. Scand., 33,298-303
- Hahnenberger, R.W. (1976)  
Influence of various anaesthetic drugs on the intraocular pressure of cats  
Albrecht v. Graefes Arch. klin. exp. Ophthalm., 199, 179-186
- Hanke, K., J. Draeger und K. Kirsch (1984)  
Untersuchungen des Augeninnendruckes in Abhängigkeit von der Körperhaltung und Hydratation  
Fortschr. Ophthalmol., 81, 596-600
- Hapke, H.J. (1991)  
Muskelrelaxanzien  
In: Arzneimitteltherapie in der tierärztlichen Klinik und Praxis  
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 98-100
- Harding, J.J. und R. Blakytyn (1994)  
Pathophysiology of cataract  
Current Opinion in Ophthalmology, 5, 9-15
- Haskins, S.C. und J. Haberstroh (1992)  
Kontrollierte Beatmung und Beatmungsgeräte  
In: Anaesthesie bei Kleintieren,  
Verlag Schattauer, Stuttgart, New York, 129-153
- Henke, J. und W. Erhardt (1996)  
Die Hyperkapnie als Narkosekomplikation im Rahmen einer Hypoventilation  
Der praktische Tierarzt, 5, 390-396

- 
- Hessemer, V., R. Rössler und K.W. Jacobi (1988)  
Tono-Pen, ein neues lageunabhängiges Tonometer  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 193, 420-426
- Hessemer, V., R. Rössler und K.W. Jacobi (1988)  
Comparison of intraocular pressure measurements with the Oculab  
Tono-Pen vs. Manometry in humans shortly after death  
Am. J. Ophthal., 105, 678-682
- Hessemer, V. (1994)  
Peribulbäranästhesie versus Retrobulbäranästhesie mit Fazialisblock  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 204, 75-89
- Heuser, D. und K. Decker (1988)  
Anästhesie bei Eingriffen am Auge  
Klin. Anästhesiol. Intensivther., 35, 154-171
- Hilfiker, O., D. Kettler, R. Larsen, J. Teichmann und H. Sonntag (1982)  
Inhalationsanästhetika als hypotensive Wirkstoffe – Kontroverse  
Auffassungen  
In: Inhalationsanaesthesie heute und morgen in Anaesthesiologie und  
Intensivmedizin  
Verlag Springer, Berlin, 231-244
- Hilgenberg, J.C., R.K. Stoelting und W.A. Harris (1983)  
Haemodynamic effects of atracurium during enflurane-nitrous oxide  
anaesthesia  
Brit. J. Anaesth., 55, 81-81
- Hoechst Veterinärer GmbH (1993)  
Gebrauchsinformation  
l-Polamivet® ad us. vet.  
Hoechst Veterinärer GmbH, Unterschleißheim  
(heute: Intervet Deutschland GmbH, Unterschleißheim)
- Hoffmann-La Roche AG (1993)  
Gebrauchsinformation  
Prostigmin® zur Injektion  
Hoffmann-La Roche AG, Grenzach-Wyhlen
- Hofmann, H. und H. Holzer (1953)  
Die Wirkung von Muskelrelaxanzien auf den intraokularen Druck  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 123, 1-16
- Holloway, K.B. (1980)  
Control of the eye during general anaesthesia for intraocular surgery  
Brit. J. Anaesth., 52, 671-679

- Hommer, K., S. Necek, C. Wietzorrek, H. Bergmann und J. Löbl (1981)  
Allgemeinanästhesie bei Augenoperationen  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 178, 382-385
- Hughes, R. und D.J. Chapple (1981)  
The pharmacology of atracurium: a new competitive neuromuscular blocking agent  
Brit. J. Anaesth., 53, 31-44
- Hvidberg, A., S.V.V. Kessing und A. Fernandes (1981)  
Effects of changes in PO<sub>2</sub> and body position on ocular pressure during general anaesthesia  
Acta ophthalmologica, 59, 465-475
- Jacobi, K.W. (1987)  
Zur operativen Behandlung des grauen Stars  
Spiegel der Forschung, 6, 12-13
- Jantzen, J.-P.A.H. (1988)  
Anästhesie und intraokularer Druck  
Der Anaesthesist, 37, 458-469
- Jantzen, J.-P.A.H., G. Earnshaw, G.H. Hackett, D.M. Hilley und A.H. Giesecke (1987)  
Vergleichende Untersuchung zur Wirkung von Muskelrelaxantien auf den intraokulären Druck  
Anaesthesist, 36, 223-227
- Jantzen, J.-P.A.H. (1988)  
Die Wirkung von Anästhetika und Muskelrelaxanzien auf den intraokulären Druck  
Klin. Anaesthesiologie und Intensivtherapie, 35, 143-153
- Jessen, K. und B. Altmann (1987)  
Fundamental aspects of tonometry methods and their standardisation  
Concepts in Toxicology, 4, 285-292
- Jones, R.S. und J.C. Brearley (1987)  
Atracurium infusion in the dog  
Journal of Small Animal Practice, 28, 197-201
- Jones, R.S. (1992)  
Muscle relaxants in canine anaesthesia 1: History and the drugs  
Journal of Small Animal Practice, 33, 371-375

- 
- Jones, R.S. (1992)  
Muscle relaxants in canine anaesthesia 2: Clinical application  
*Journal of Small Animal Practice*, 33, 423-429
- Jones, R.S., J.M. Hunter und J.E. Utting (1983)  
Neuromuscular blocking action of atracurium in the dog and its reversal by neostigmine  
*Research in Veterinary Science*, 34, 173-176
- Jones, R.S. (1990)  
Reversal of atracurium neuromuscular block with neostigmine in the dog  
*Research in Veterinary Science*, 48, 96-98
- Kao, S.F., P.R. Lichter, T.J. Bergstrom, S. Rowe und C. Musch (1987)  
Clinical comparison of the oculab Tono-Pen to the Goldmann applanation tonometer  
*Ophthalmology*, 94, 1541-1544
- Kaswan R.L., Quandt J.E. und Moore P.A. (1992)  
Narcotics, miosis, and cataract surgery  
*J. Am. Vet. Assoc.*, 15, 1819-1820
- Kaufman, H.E., C.A. Wind und S.R. Waltman (1970)  
Validity of Mackay-Marg electronic applanation tonometer in patients with scarred irregular corneas  
*Am. J. Ophthalmol.*, 69, 1003-1007
- Kettesy, A. (1967)  
Glaskörperverlust  
*Monatsblätter für Augenheilkunde*, 150, 785-804
- Khouri, G. (1982)  
Dynamics of intraocular pressure and effects of anaesthesia  
*Middle East J. Anaesth.*, 6, 443-451
- Kielar, R.A., P. Teraslinna, J.T. Kearney und D. Barker (1977)  
Effect of changes in Pco<sub>2</sub> on intraocular tension  
*Invest. Ophthalmol. Visual Sci.*, 16, 534-537
- Kirsch, R.E. (1957)  
Further studies on the use of digital pressure in cataract surgery  
*American Medical Association, Archives of Ophthalmology*, 58, 641-647
- Klinckmann, G. und W. Werner (1987)  
Tonometrie bei Merlehunden  
*Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 94, 337-338

- Krohne, S.D.G. und D.M. Lindley (1993)  
Postoperative flare measurements comparing phacoemulsification and extracapsular technique and preliminary results  
American College of Veterinary Ophthalmologists, 24<sup>th</sup> Annual Meeting, Scottsdale, 43, 25-25
- Krumeich, J. und H. Schottky (1979)  
Ist die Lokalanästhesie bei intraokularer Chirurgie noch zulässig?  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 175, 551-556
- Krupin, T., M. Feitl, R. Roshe, S. Lee und B. Becker (1980)  
Halothane anesthesia and aqueous humor dynamics in laboratory animals  
Assoc. for Res. In Vis. And Ophthal., 19, 518-521
- Kuchle, M., A. Viestenz, P. Martus, A. Handel und A. Junemann (2000)  
Anterior chamber depth and complications during cataract in eyes with pseudoexfoliation syndrome  
Am. J. Ophthal., 129, 281-285
- Kühn, A., H.-O. Schmidtke und D. Schmidtke (1979)  
Unblutige Blutdruckmessungen an unседierten Hunden  
Kleintierpraxis, 24, 81-84
- Lampard, D.G. und D.L. Morgan (1978)  
Intraocular pressure during retrobulbarinjection  
Australian Veterinary Journal, 54, 149-150
- Langham, M.E. und E. McCarthy (1968)  
A rapid pneumatic applanation tonometer. Comparative findings and evaluation.  
Arch. Ophthalmol., 79, 389-399
- Larsen, R. (1983)  
Kontrollierte Hypotension  
Anästhesiologie und Intensivmedizin, 154, 2-61
- Larsen, R. (1987)  
Muskelrelaxanzien  
In: Anästhesie  
Verlag Baltimore Urban und Schwarzenberg, München, Wien, 3-9, 51-61
- Lawler, P.G.P. und A. McHutchon (1983)  
Bradycardia after the use of atracurium  
Brit. Med. J., 287, 759-780

- 
- Leasure, J., K.N. Gelatt und E.O. MacKay (2001)  
The relationship of cataract naturity to intraocular pressure in dogs  
Vet. Ophthalm., 4, 273-276
- Lederle Arzneimittel GmbH & Co (1994)  
Gebrauchsinformation  
Diamox® parenteral  
Lederle Arzneimittel GmbH & Co, Wolfratshausen
- Lee, J.Y., J.K. Kim und G. Yoon (2002)  
Digital envelope detector for blood pressure measurement using an  
oscillometric method  
J. Med. Eng. Technol., 26,117-122
- Leydhecker, W (1979)  
Augenheilkunde  
Verlag Springer, Berlin, 323-337
- Lundberg, D., B. Biber, B.A. Henriksson, J. Martner und J. Pontén (1986)  
Aspekte der Wirkungen von Enfluran auf die kardiovaskuläre Kontrolle  
In: Inhalationsanästhetika  
Springer Verlag, Berlin, 135-140
- Mac Diarmid, I.R. und K.B. Holloway (1976)  
Factors affecting intraocular pressure  
Proc. Roy. Soc. Med., 69, 601-602
- Madden, A.P. (1983)  
Bradycardia after the use of atracurium  
Brit. Med. J., 287, 760-760
- Magrane, W.G. (1969)  
Cataract extraction: a follow up study  
Journal of small Animal Practice, 10, 545-553
- Magrane, W.G. (1971)  
Canine ophthalmology  
Verlag Lea und Febiger, Philadelphia, 127-153
- Maharaj, R.J., D. Humphrey, N. Kaplan, H. Kadwa, P. Blignaut, J.G.  
Brock-Utne und N. Welsh (1984)  
Effects of atracurium on intraocular pressure  
Brit. J. Anaesth., 56, 459-463
- Mallajah, S. et al. (1986)  
Atracurium and vecuronium in emergency eye surgery  
Anaesthesia 41, 84-85

- Mallinckrodt Vet GmbH (1995)  
Gebrauchsinformation  
Ketamin 10%  
Mallinckrodt Vet GmbH, Burgwedel
- Martin, C.C. (1995)  
Glaukom  
In: Augenkrankheiten bei Hund und Katze,  
269-274
- McMurphy, Rose M., Harriet J. Davidson und D. Hogdson (2004)  
Effects of atracurium on intraocular pressure, eye position, and blood pressure in eucapnic and hypocapnic isoflurane-anesthetized dogs  
American journal of veterinary research, 65, 179-182
- Merck (1994)  
Gebrauchsinformation  
Fortecortin® Mono 100  
E. Merck, Darmstadt
- Meyers, E.F. und S.A. Tomeldan (1979)  
Glycopyrrolate compared with atropine in prevention of the oculocardiac reflex during eye-muscle surgery  
Anesthesiology, 51, 350-352
- Miller, P.E., J.P. Pickett, L.J. Majors und I. D. Kurzman (1991)  
Clinical comparison of the Mackay-Marg and Tono-Pen applanation tonometers in the dog  
Veterinary and Comparative Ophthalmology, 1, 171-176
- Miller, T.R., R.D. Whitley, L.A. Meek, G.A. Garcia, M.C. Wilson und B.H. Rawls (1987)  
Phacofragmentation and aspiration for cataract extraction in dogs: 56 cases (1980-1984)  
Journal of American Vet. Met. Assoc., 190, 1577-1580
- Miller, R.D. (1982)  
Is atracurium an ideal neuromuscular blocking drug?  
Anaesth. Analg., 61, 721-722
- Minckler, D.S., G. Baerveldt, D.K. Heuer, B. Qillen-Thomas, A.F. Walonker und J. Weiner (1987)  
Clinical evaluation of the Oculab Tono-Pen  
Am. J. Ophthal., 104, 168-173

- 
- Murisier, H. und U. Schatzmann (1986)  
Die Anwendung des Muskelrelaxans Atracurium während der Anästhesie  
des Hundes  
Kleintierpraxis, 32, 19-27
- Murphy, D.F. (1985)  
Anaesthesia and intraocular pressure  
Anesth. Analg., 64, 520-530
- Murphy, D.F., P. Eustace, A. Unwin und J.B. Magner (1985)  
Atracurium and intraocular pressure  
Brit. J. Ophthalmol., 69, 673-675
- Nasise, M.P., M.G. Davidson, V.E. Jamienson, R.V. English und D.K. Olivero  
(1991)  
Intraokular lens implantation: a study of technique in 182 dogs  
Progress in Veterinary & Comparative Ophthalmology, 1, 225-232
- Neill, E.A.M., D.J. Chapple und C.W. Thompson (1983)  
Metabolism and kinetics of atracurium: an overview  
Brit. J. Anaesth. 55, 23-25
- Neumann, W., T. Mitterer, und I. Walde (1989)  
Tonopen – Ein neues Tonometer für die Veterinärophthalmologie  
Der praktische Tierarzt, 3, 5-11
- Neumann, W. (1991)  
Chirurgische Behandlung der Katarakt beim Kleintier  
(1. Mitteilung)  
Kleintierpraxis, 36, 17-28
- Neumann, W. (1991)  
Kunstlinsenimplantation beim Hund  
World small animal veterinary association, XVI Weltkongress, 338-339
- Nichols, D.B und L.E. Probst (1994)  
Cataracts in systemic diseases and syndromes  
Current Opinion in Ophthalmology, 5, 16-20
- Nimmagadda, U., N.J. Joseph, M.R. Salem, J. Villarreal und O.I. Lopez (1987)  
Positive end-expiratory pressure and the intraocular pressure  
Anesthesiology, 67, 132-132
- Nishino, T., Y. Honda und T. Yonezawa (1983)  
Separate effects of halothane and carbondioxide on respiratory duration  
in vagotomized cats  
Brit. J. Anaesth., 55, 647-653

- Oosterhuis, J.H. und I.G. Jelles (1975)  
Cataract extraction in the dog  
Netherlands Ophthalmological Society, 167th Meeting, 296-305
- Palm, E. (1975)  
II. Pathophysiological aspects on the surgery of iris and the ciliary body  
Advances in Ophthalmology, 30, 55-73
- Payne, J.P. und R. Hughes (1981)  
Evaluation of atracurium in anaesthetised man  
Brit. J. Anaesth., 53, 45-54
- Peiffer, R.L. (1980)  
Current concepts in ophthalmic surgery  
Vet. Clin. North America, Small Animal Practice, 10, 455-471
- Peiffer, R.L. und J. Gaiddon (1991)  
Posterior chamber intraocular lens implantation in the dog: Results of 65 implants in 61 patients  
Journal American Hospital Association, 27, 453-462
- Peiffer, R.L. (1993)  
Intraocular lenses and phakoemulsifikation: A short comparative history of a lengthily topic  
American College of Veterinary Ophthalmologists, 24th. Annual Meeting, Scottsdale Arizona, 141-144
- Peiffer, R.L. (1984)  
Animal models of intraocular lens implantation  
Am. Intra-Ocular Implant Soc. J., 10, 68-70
- Peiffer, R.L. (1980)  
Determination of intraocular pressure in small animal practice  
American animal hospital association's, 47th Annual Meeting, 311-316
- Petersen-Jones, S.M und R.E. Clutton (1994)  
Use of intraocular adrenaline during cataract extraction in dogs  
Vet. Rec., 135, 306-307
- Petounis, A.D., S. Chondrelli und A. Vadaluka-Sekioti (1980)  
Effect of hypercapnea and hyperventilation on human intraocular pressure during general anaesthesia following acetazolamide administration  
Brit. J. Ophthal., 64, 422-425

- 
- Petzold, A. (2000)  
Refraktionsmessung am Hundeauge mit Hilfe der Strich-Skiaskopie  
Dissertation, Gießen
- Philbin, D.M., V.R. Machaj, R.C. Tomichuk, R.C. Schneider, J.C. Alban, E. Lowenstein und C.C. Lineberry (1983)  
Haemodynamic effects of bolus injections of atracurium in patients with coronary artery disease  
Brit. J. Anaesth., 55, 131-134
- Pilz, J. (1980)  
Konzentrations-Wirkungsbeziehungen und Koergismus von 5 Cholinergica an inneren Augenmuskeln (Untersuchung am Rindersphinkter, ergänzt durch Versuche am menschlichen Sphinkter und Zilarmuskel sowie der menschlichen Pupille)  
Dissertation, Dresden
- Plettenberg, D. Graf von, M. Dörner und B. Hoffs (1991)  
Nachstarfreie Kataraktextraktion mit geplanter Vitrektomie und Implantation einer transskleral sulkusfixierten Hinterkammerlinse beim Hund  
Kleintierpraxis, 36, 29-30
- Polarz, H., H. Bohrer, W. von Tabouillot, E. Martin, M. Tetz und H.E. Volcker (1995)  
Comparative effects of atracurium and vecuronium on intraocular pressure  
Ger. J. Ophthalmol, 4, 91-93
- Prys-Roberts, C., G.R. Kelman, R. Greenbaum und R.H. Robinson (1967)  
Circulatory influences of artificial ventilation during nitous oxide anaesthesia in man  
II. Results: The relative influence of mean intrathoracic pressure and arterial carbon dioxide tension  
Brit. J. Anaesth., 39, 533-546
- Purschke, R. und I. Hassouna (1973)  
Der Einfluss von Ketamin auf den intraokularen Druck  
Z. prakt. Anästh., 8, 227-231
- Quinn, J. (1986)  
The lens  
American animal hospital association, 53rd Annual Meeting, 473-477

- Ramsey, F.M., P.A. White, E.H. Stullken, C.G. Lineberry und L.L. Allen (1984)  
Clinical use of atracurium during N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>, fentanyl, and N<sub>2</sub>O/O<sub>2</sub>, enflurane anaesthesia regimes  
Anaesthesiology, 61, 328-331
- ratiopharm GmbH & Co. (1993)  
Gebrauchsinformation  
Diazepam-ratiopharm® 10 Injektionslösung  
Ratiopharm GmbH & Co., Ulm
- Renwick, P. (1997)  
Timing of cataract surgery in dogs  
Vet. Rec., 25, 140-140
- Rooks, R.L., A.H. Brightman, E.E. Musselman, L.C. Helper und W.G. Magrane (1985)  
Extracapsular cataract extraction: An analysis of 240 operations in dogs  
Journal of American Vet. Med. Assoc., 187, 1013-1015
- Roberts, B. und R.L. Peiffer (1989)  
Experimental evaluation of the synthetic viscoelastic material on intraocular pressure and corneal endothelium  
J. Cataract refract. surg., 15, 321-326
- Rootman, D.S., M.S. Insler, H.W. Thompson, J. Parelman, D. Poland und S.R. Unterman (1988)  
Accuracy and precision of the Tono-Pen in measuring intraocular pressure after keratoplasty and epikeratophakia and in scarred corneas  
Arch. Ophthalmol., 106, 1697-1700
- Rowlands, D.E. (1983)  
Atracurium in the severely ill  
Brit. J. Anaesth. 55, 123-124
- Rubli, E. (1971)  
Tonometrie in Narkose  
Der Anaesthesist, 20, 337-341
- Rudolph, P. (1974)  
Der intraoculäre Druck während Ketaminanaesthesia und Halothannarkose  
Der Anaesthesist, 23, 245-248
- Rupp, S.M., M.R. Fahey und R.D. Miller (1983)  
Neuromuscular and cardiovascular effects of atracurium during nitrous oxide-fentanyl and nitrous oxide-isoflurane anaesthesia  
Brit. J. Anaesth., 55, 67-70

- 
- Sallmann L. von und O. Lowenstein (1955)  
Responses of intraocular pressure, blood pressure and cutaneous vessels to electrical stimulation in the diencephalon  
Am. J. Ophthalm., 39, 11-29
- Samuel, J.R. und A. Beaugié (1974)  
Effect of carbon dioxide on the intraocular pressure in man during general anaesthesia  
Brit. J. Ophthalm., 58, 62-67
- Sander, C., S. Kolb, A. Hörauf und C. Reusche (1996)  
Indirekte Blutdruckmessung bei gesunden Hunden und Katzen  
Kleintierpraxis, 41, 5-17
- Sármány, B.J. (1969)  
Weitere Untersuchungen über die Wirkungen der Narkotica auf den intraokularen Druck mit besonderer Berücksichtigung der Neuroleptanalgesie  
Der Anaesthesist, 18, 72-74
- Sawyer, D.C., M. Brown, E.L. Striler, R.A. Durham, M.A. Langham und R.H. Rech (1991)  
Comparison of direct and indirect blood pressure measurement in anaesthetised dogs  
Laboratory Animal Science, 41, 134-138
- Schäffer, J. (1989)  
Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Verlag Springer, Berlin, "Anästhesie in der Augenheilkunde", 6-83
- Schimek, R.A., J.C. Cooksey, M. Landreneau und J.B. Steigner (1971)  
The recovery phase after ocular hypotension induced by compression  
Arch. Ophthalm., 85, 288-294
- Schmerl, E. und B. Steinberg (1948)  
Central control of intra ocular pressure by active principles  
Am. J. Ophthalm., 31, 1097-1097
- Schmidt, R., F. Lang, G. Thews (2005)  
Kontraktionsmechanismen, 117-143  
In: Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie  
Verlag Springer, Heidelberg
- Schmidt, V. (1988)  
Pathophysiologie des inneren Augendrucks und Flüssigkeitswechsels  
In: Augenkrankheiten der Haustiere  
Verlag Enke, 181-193

- Schmidt-Oechtering, G.U. und M. Alef (1993)  
Sauerstoffmangel? Eine Frage – viele Antworten  
World small animal veterinary association  
Weltkongress & Fachgruppe Kleintierkrankheiten deutsche  
Veterinärmedizinische Gesellschaft, Berlin, 35-36
- Schneider, M.J., J.A. Stirt und D. Finholt (1986)  
Atracurium, vecuronium, and intraocular pressure in humans  
Anesth. Analg., 65, 877-882
- Schuh, F.T. (1977)  
Zur Überwachung der Muskelrelaxation während der Narkose  
Der Anaesthetist, 26, 107-115
- Schulte-Neumann, A.L. (1993)  
Fortbildungskurs Ophthalmologie  
European School for Advanced Veterinary Studies Ophthalmology,  
Zürich, 1-26
- Sears, M. und A. Mead (1983)  
A major pathway for the regulation of intraocular pressure  
International Ophthalmology, 6, 201-212
- Seidinger S., U. Auer und I. Walde (1999)  
Das Muskelrelaxans Rocuronium (Esmeron®) und seine Wirkung auf den  
intraokularen Druck und die Bulbusstellung beim Hund  
Wien. Tierärztl. Mschr., 86, 301-305
- Sekine, Y., K. Takei, H. Nakano, T. Saotome und S. Hommura (1996)  
Survey of Risk Factors for Expulsive Choroidal Haemorrhage: Case  
Reports  
Ophthalmologica, 210, 344-347
- Shapiro, A., Y. Shoenfeld, F. Konikoff, R. Udassin und Y. Shapiro (1981)  
The Relationship between body temperature and intraocular pressure  
Annals of ophthalmology, 13, 159-161
- Shapiro, A. (1983)  
The physiological changes that may affect intraocular pressure  
Annals of Ophthalmology, 7, 895-896
- Siebeck, R. und P. Krüger (1955)  
Die histologische Struktur der äußeren Augenmuskeln als Ausdruck ihrer  
Funktion  
Graefes Archiv für Ophthalmologie, 156, 637-652

- Sigrist, K. (1960)  
Die Kammerwasservenien des Hundes  
Schweiz. Archiv für Tierheilkunde, 102, 308-324
- Skarpa, M., A.D. Dayan, M. Follenfant, D.A. James, W.B. Moore, P.M. Thomson, J.N. Lucke, M. Morgan, R. Lovell und R. Medd (1983)  
Toxicity Testing of Atracurium  
Brit. J. Anaesth., 55, 27-29
- Slatter, D. (1990)  
Lens  
Structure and function of the eye  
In: Fundamentals of veterinary ophthalmology  
Verlag Saunders, Philadelphia, 1-17, 365-383
- Smalhout, B. und Z. Kalenda, (1975)  
An atlas of capnography  
Verlag Kerckebosch, Zeist/Niederlande, 81-81
- Smith, J.P, D.E. Brooks, J.A. Lazarus, P.S. Kubilis und K.N. Gelatt (1996)  
Ocular hypertension following cataract surgery in dogs: 139 cases (1992-1993)  
Journal of American Vet. Met. Assoc., 209, 105-111
- Sokoll, M.D., S.D. Gergis, M. Metha, O. Kemmotsu und D. Rudd (1983)  
Haemodynamic effects of atracurium in surgical patients under nitrous oxide, oxygen and isoflurane anaesthesia  
Brit. J. Anaesth., 55, 77-79
- Sommer, G. und E.J. Schmitt (1985)  
Kataraktchirurgie und Linsenimplantation  
Krankenhauspharmazie, 6, 81-85
- Spiess, B.M. (1995)  
Tonographie beim Hund: Methodik und Normalwerte  
Wien. Tierärztl. Mschr., 82, 245-250
- Spreul, J.S.A., H.D. Chawla und S.M. Crispin (1980)  
Routine lens extraction for the treatment of cataract in the dog  
Journal of Small Animal Practice, 21, 535-554
- Stades, F.C. (1987)  
Katarakt beim Hund  
Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft  
Vortrag auf der 33. Jahrestagung, Fachgruppe Kleintierkrankheiten,  
Wien, 1-2

- Stades, F.C. (1990)  
Katarakt  
Vortrag beim 10. Fachkreis Kleintierkrankheiten,  
Flims Waldhaus, 9-14
- Stades, F.C. (1991)  
Extra - und intrakapsuläre Linsenextraktion  
World small animal veterinary association, XVI. Weltkongress, 335-337
- Startup, F.G. (1967)  
Cataract surgery in the dog – I: History and review of the literature  
Journal of Small Animal Practice, 8, 667-670
- Startup, F.G. (1969)  
Cataract surgery in the dog  
Journal of Small Animal Practice, 10, 457-460
- Stenlake, J.B., R.D. Waigh, J. Urwin, G.H. Dewar und G.G. Coker (1983)  
Atracurium: Conception and inception  
Brit. J. Anaesth., 55, 3-10
- Stirt, J.A., R.L. Katz, A.L. Murray, D.L. Schehl und C. Lee (1983)  
Modification of atracurium blockade by halothane and by  
suxamethonium  
Brit. J. Anaesth., 55, 71-75
- Stoelting, R.K. (1978)  
Blood pressure and heart rate changes during short-duration  
laryngoscopy for tracheal intubation: influence of viscous or intravenous  
lidocaine  
Anesth. Analg., 57, 197-199
- Tattersall, M.P., N.J. Manus und D.M. Jackson (1985)  
The effect of atracurium or fazadinum on intra-ocular pressure. A  
comparative study during induction of general anaesthesia  
Anaesthesia, 40, 805-807
- Thomson, M.F., J.G. Brock-Utne, P. Bean, N. Welsh und J.W. Downing (1982)  
Anaesthesia and intra-ocular pressure: a comparison of total intravenous  
anaesthesia using etomidate with conventional inhalation anaesthesia  
Anaesthesia, 37, 758-761
- Thornton, S.P. (1993)  
Anaesthesia for cataract surgery and its complications  
Current Opinion in Ophthalmology, 4, 29-32

- 
- Trede, Charlotte, D. Sahmland, H.-J. Miertsch und Eva Brockhaus (2001)  
Kataraktchirurgie unter Anwendung der Phakofragmentation und  
intraokularer Linsenimplantation mit Silikon-Faltlinsen in der tierärztlichen  
Praxis  
Der praktischer Tierarzt, 82, 250-259
- Tryba, M., M. Triene, G. Wruck und M. Zenz (1988)  
Kardiovaskuläre Reaktionen und Histaminfreisetzung nach Atracurium -  
ein Problem der Dosis?  
Der Anaesthesist, 37, 483-488
- Uthoff, D. (1986)  
Die präoperative Vorbereitung zur Kataraktoperation bei  
Kunstlinsenimplantation  
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 188, 160-162
- Valtonen, M.H. und L.M. Eriksson (1970)  
The effect off cuff width on accuracy of indirect measurement of blood  
pressure in dogs  
Research in Veterinary Science, 2, 358-362
- Van Aken, H., R. Scherer und P. Lawin (1980)  
Anästhesie und intraokulärer Druck  
Anästh. Intensivther. Notfallmed., 15, 293-302
- Viby-Mogensen, J. (1985)  
Interaction of other drugs with muscle relaxants  
In: Muscle Relaxants and Clinical Aspects  
Verlag Grune & Statton, 233-256
- Vinik, R.H. (1999)  
Intraocular pressure changes during rapid sequence induction and  
intubation: a comparison of rocuronium, atracurium and succinylcholine  
Journal of clinical anesthesia, 11, 95-100
- Walde, J. und K. Forisch (1980)  
Zur Abhängigkeit des intraokularen Druckes normotensiver Hundeaugen  
von Tageszeit, Rasse, Geschlecht und Alter  
World small animal veterinary association, VII World Congress,  
Barcelona, 113-113
- Walde, I. (1982)  
Glaukom beim Hunde  
Die Messung des intraokularen Druckes (Tonometrie)  
Kleintierpraxis, 27, 343-354

- Weiser, M.G., W.L. Spangler und D.H. Gribble (1977)  
Blood pressure measurement in the dog  
Journal of American Vet. Med. Assoc., 171, 4, 364-368
- Wellcome GmbH (1992)  
Produktmonographie  
Atracurium Besilat, Muskelrelaxans  
Wellcome GmbH, Burgwedel
- Wellcome GmbH (1993)  
Gebrauchsinformation  
Tracrium® Wellcome 2,5 ml  
Wellcome GmbH, Burgwedel  
(heute: GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG, München)
- Wenzel, M. (1992)  
Entzündungen nach Staroperationen  
Spektrum der Wissenschaft, 76-84
- Werner, J. (1980)  
Kritik dreier Methoden zur unblutigen Messung des Blutdruckes bei Tieren  
Kleintierpraxis, 25, 485-494
- Werner, J. (1972)  
Methodische Untersuchungen zur unblutigen Messung des Blutdruckes beim Hund  
Zbl. Vet. Med. A, 19, 142-176
- Werner, J., E. Schäffer und E. Trautvetter (1977)  
Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren  
1. Methodik, Gerät, blutige Vergleichsmessung, Manschettenbreiten und erste Messungen an Ratten und Rhesusaffen  
Zbl. Vet. Med. A, 24, 229-241
- Werner, J., E. Trautvetter und E. Schäffer (1977)  
Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren  
2. Normalwerte, veränderte Drucke und Messpraxis  
Zbl. Vet. Med. A, 24, 269-276
- Whitley, R.D., D.R. Priehs, G.G. Gum und L E. Moore (1989)  
Evaluation of the Tono-pen, challenger, and applanation tonometers in the canine eye  
Int. Soc. of Veterinary Ophthalmology, Meeting, Harrogate, England, 1-4

- Williams, D.L., I.P. Boydell und R.D. Long (1996)  
Current concepts in the management of canine cataracts: a survey of techniques used by surgeons in Britain, Europe and the USA and a review of recent literature  
Vet. Rec., 15, 347-353
- Wormser, P. (1948)  
Die Reaktion der Pupille auf Mydriatica nach Unterbrechung der sympathischen Pupillenbahn  
Zürich Sonderausgabe von Fasc. 33 der Bibliotheca Ophthalmologica
- Young, S.S., K.C. Barnett und P.M. Taylor (1991)  
Anaesthetic regimes for cataract removal in the dog  
Journal of Small Animal Practice, 32, 236-240
- Zindel, G., C. Meistelman und J.H. Gaudy (1987)  
Effects of increasing enflurane concentrations on intraocular pressure  
Brit. J. Anaesth., 59, 440-443



## **Danksagungen**

Herrn Prof. Dr. E. Schimke möchte ich für die Überlassung des Themas und die bereitgestellten Möglichkeiten zur wissenschaftlichen Arbeit in der Chirurgischen Veterinärklinik (Kleintierchirurgie) der Justus-Liebig-Universität Gießen danken. Insbesondere danke ich für die engagierte Betreuung selbst in der Zeit nach seiner Emeritierung.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. W. Neumann für die kompetente Betreuung während des praktischen Teils der Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei allen Kollegen der Veterinärchirurgie bedanken, ohne deren Hilfe diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Auch für die fachliche Hilfe von Herrn Dr. K. Failing und seinen Mitarbeitern vom Institut für Biomathematik und Datenverarbeitung bei der Auswertung der Messergebnisse bedanke ich mich herzlich.