

Aus der Klinik für Pferde der Ludwig- Maximilians- Universität München
Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie des Pferdes
sowie Gerichtliche Tiermedizin
Vorstand : Prof. Dr. H. Gerhards

Digitale Fundusdarstellung beim Equiden

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig – Maximilians – Universität
München

Von
Anika Theresia Pachten
aus Kaarst

München 2005

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. A. Stolle
Referent: Univ.-Prof. Dr.H. Gerhards
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. H.-Ch. Siebert

Tag der Promotion: 15. Juli 2005

Meinem Großvater[†]

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Histologischer Aufbau der Netzhaut	7
Abb. 2:	Ophthalmoskopischer Normalbefund	10
Abb. 3:	Einsatz des Scanning Digital Ophthalmoskops	53
Abb. 4:	Anwendung der handgehaltenen Kameraeinheit	54
Abb. 5:	Scanning Digital Ophthalmoskop der Firma Wild Medtec	55
Abb. 6:	Handgehaltene Kameraeinheit mit den verschiedenen Objektiven	56
Abb. 7:	Kamera mit Objektiv zur Darstellung der vorderen Augenabschnitte und Aufsatz zur Nutzung einer Spaltlampe	57
Abb. 8:	Normaler Fundus	61
Abb. 9:	Normaler Fundus	62
Abb. 10:	normales Tapetum lucidum	63
Abb. 11:	Übergang vom Tapetum lucidum zum Tapetum nigrum	64
Abb. 12:	Normaler Fundus mit Gefäßausparung am ventralsten Punkt	65
Abb. 13:	Hyperpigmentation des ventralen Papillenrandes	66
Abb. 14:	Hyperpigmentation des ventralen Papillenrandes mit Graufilter	67
Abb. 15:	Zweiästiges Gefäß in der Mitte der Sehnervpapille	68
Abb. 16:	Einziehung am ventralen Papillenrand	69
Abb. 17:	Myelinisierung der Nervenfasern über die Lamina cribrosa hinaus	70
Abb. 18:	Prominente Lamina cribrosa	71
Abb. 19:	Partieller Fundusalbinismus	72
Abb. 20:	Partieller Fundusalbinismus mit Graufilter	73
Abb. 21:	Hypoplastisches Tapetum	74
Abb. 22:	Partieller Fundusalbinismus	75
Abb. 23:	Partieller Fundusalbinismus mit Graufilter	76
Abb. 24:	Partieller Fundusalbinismus mit der Kowa Genesis	77
Abb. 25:	Partieller Fundusalbinismus am eröffneten Augapfel	78
Abb. 26:	Partieller Fundusalbinismus	79
Abb. 27:	Retinale Blutung	80
Abb. 28:	Netzhautfalten	81
Abb. 29:	Netzhautfalten	82
Abb. 30:	Netzhautfalten	83
Abb. 31:	Netzhautfalten	83
Abb. 32:	vollständige Netzhautablösung	85

Abb. 33:	vollständige Netzhautablösung	86
Abb. 34:	Bullethole Lesions	87
Abb. 35:	Bullethole Lesions	88
Abb. 36:	Butterfly Lesions vor der Vitrektomie	89
Abb. 37:	gardienenartige, entzündliche Membranen	90
Abb. 38:	Butterfly Lesions nach der Vitrektomie	91
Abb. 39:	Blick auf die Pupille nach der Vitrektomie	92
Abb. 40:	Butterfly Lesions mit der Kowa Genesis	93
Abb. 41:	Scheinbar normaler Fundus	94
Abb. 42:	Sehnervatrophie	95
Abb. 43:	Fluoreszenzangiographie	96
Abb. 44:	Sehnervatrophie und retinale Narben	97
Abb. 45:	ERG	98
Abb. 46:	Unauffälliger Fundus	99
Abb. 47:	Fluoreszenzangiographie	100
Abb. 48:	Sehnervatrophie und retinale Narben	101
Abb. 49:	Pigmentverschiebungen	102
Abb. 50:	Pigmentverschiebungen	103
Abb. 51:	Ektopisches Pigment	104
Abb. 52:	Pigmentzacken	105
Abb. 53:	Pigmentzacken	105
Abb. 54:	Pigmentverschiebungen	106
Abb. 55:	senile Retinopathie mit Graufilter	107
Abb. 56:	senile Retinopathie	108
Abb. 57:	senile Retinopathie mit der Kowa Genesis	109
Abb. 58:	Pigmentproliferationen	110

Tabellenverzeichnis

Tab.1:	Pathologische Veränderungen und ihr charakteristisches ophthalmoskopisches Bild	14
Tab.2:	Produktvergleich von Low-Cost-Funduskameras – Stand Alone	42
Tab.3:	Produktvergleich von Low-Cost-Funduskameras – Handgehalten	43
Tab.4:	Verschiedene andere an der Studie beteiligte Pferderassen	49

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie
Abb.	Abbildung
CSLO	Confocal scanning laser ophthalmoscopy
dpt	Dioptrien
EMND	Equine Motor Neuron Disease
ERG	Elektroretinographie
ERU	Equine Rezidivierende Uveitis
FAG	Fluoreszenzangiographie
G	Gefäß
HRA	Heidelberg Retina Analyser
HT	Hypoplastisches Tapetum
JPG	Joint Photographic Experts Group
N.	Nervus
NF	Netzhautfalten
NSAID	Nicht-steroidale Antiphlogistika
NT	Normales Tapetum
PCX	PiCture eXchange Datei
PF	Partieller Fundusalbinismus
PNG	Portable Network Graphics
PO	Papilla optica
RG	Retinale Gefäße
SDO	Scanning Digital Ophthalmoskop
SLO	Scanning Laser Ophthalmoskop
sog.	sogenannt
Str.	Stratum
S/W	Schwarz / Weiß
Tab.	Tabelle
TGA	TarGA Format
TL	Tapetum lucidum
TN	Tapetum nigrum
V.	Vene
WS	Winslow`sche Sterne
z.B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

1. <u>Einleitung</u>	1
2. <u>Literaturübersicht</u>	2
2.1. Einleitung	2
2.2. Anatomische Grundlagen	3
2.2.1. Organogenese des Augenhintergrundes	3
2.2.2. Anatomie und Histologie des Augenhintergrundes	4
2.3. Ophthalmoskopischer Normalbefund des Augenhintergrundes	8
2.4. Anatomische Varianten des Augenhintergrundes	10
2.4.1. Tapetum lucidum und Tapetum nigrum	11
2.4.2. Papilla optica	12
2.4.3. Kongenitale Überreste	13
2.5. Erkrankungen des Augenhintergrundes	13
2.5.1. Ophthalmoskopische Bewertung von Funduserkrankungen	13
2.5.2. Pathologische Mechanismen	15
2.5.2.1. Ischämie	15
2.5.2.2. Reparationsprozesse	15
2.5.2.3. Retina und Nervus opticus Interaktion	16
2.5.2.4. Interaktionen mit Choroidea und Glaskörper	16
2.5.2.5. Gliose	16
2.5.2.6. Reaktionen des Pigmentepithels	16
2.5.2.7. Perivaskuläres `Cuffing`	17
2.5.2.8. Verstärkter Tapetumreflex	17
2.5.2.9. Retinale Blutungen	17
2.5.3. Angeborene Erkrankungen	17
2.5.3.1. Funduskolobome	17
2.5.3.2. Netzhautdysplasie	19
2.5.3.3. Angeborene Netzhautablösung	19
2.5.3.4. Nachtblindheit (Congenital stationary nightblindness)	20
2.5.3.5. Sehnervatrophie/-hypoplasie	20
2.5.3.6. Chorioretinitis	21
2.5.3.7. Retinale Blutungen und Ödeme der Sehnervenpapille	21

2.5.4. Erkrankungen der Netzhaut	22
2.5.4.1. Retinitis	22
2.5.4.2. Chorioretinopathien	22
2.5.4.3. Degenerative Retinopathien	24
2.5.4.3.1. Netzhautatrophie	24
2.5.4.3.2. Netzhautablösungen (Ablatio retinae)	25
2.5.4.3.3. Pigmentretinopathien	27
2.5.4.3.4. Senile Retinopathie	28
2.5.4.3.5. Ischämische Retinopathie	28
2.5.4.3.6. Toxische Retinopathien	29
2.5.4.4. Chorioretinale Neoplasien	29
2.5.5. Erkrankungen des Sehnervs	30
2.5.5.1. Sehnervatrophie	30
2.5.5.2. Neuritis nervi optici (Papillitis)	31
2.5.5.3. Ischämische Neuropathie des Sehnervs	32
2.5.5.4. Traumatische Neuropathie des Sehnervs	32
2.5.5.5. Gutartige exsudative Neuropathie des Sehnervs	33
2.5.5.6. Exsudative Neuritis nervi optici	33
2.5.5.7. Proliferative Neuropathie des Sehnervs	33
2.5.5.8. Neoplasien des Sehnervs	34
2.6. Grundlagen der Fundusphotographie	35
2.6.1. Geschichte der Fundusphotographie	35
2.6.1.1. Geschichte der Fundusphotographie beim Menschen	35
2.6.1.2. Geschichte der Fundusphotographie in der Tiermedizin	37
2.6.2. Kamerasysteme & Filme	39
2.6.2.1. Kamerasysteme	39
2.6.2.1.1. Tisch-montierte Kameras	41
2.6.2.1.2. Hand-gehaltene Kameras	43
2.6.2.2. Filme	44
2.6.3. Wichtige Faktoren bei der Fundusphotographie	44
2.6.3.1. Kamera-Kornea Abstand	44
2.6.3.2. Lagerung und Fixierung	45
2.6.3.3. Pupillengröße	45
2.6.3.4. Okulare Medien	46
2.6.3.5. Belichtungsintensität und Belichtungszeit	46
2.6.4. Vorgehensweise beim Pferd	47

3. Eigene Untersuchungen	49
3.1. Material und Methode	49
3.1.1. Patientengut	49
3.1.2. Untersuchungsmethode	50
3.1.2.1. Allgemeinuntersuchung	50
3.1.2.2. Ophthalmologische Untersuchung	50
3.1.2.3. Hilfsmittel und personeller Aufwand	52
3.1.2.4. Kamerasystem	55
3.1.2.5. Bilddokumentation	58
3.1.2.6. Bildaufnahme	59
3.1.2.7. Anfertigung makroskopischer Bilder	60
3.2. Ergebnisse	60
3.2.1. Fundusphotographische Untersuchung	60
3.2.2. Fundusphotographische Darstellung	61
3.2.2.1. Fundusphotographischer Normalbefund	61
3.2.2.2. Normalanatomische Variationen	66
3.2.2.3. Pathologische fundusphotographische Befunde	80
3.2.2.3.1. Retinale Blutung	80
3.2.2.3.2. Netzhautfalten	81
3.2.2.3.3. Netzhautablösung	85
3.2.2.3.4. Bullethole Lesions	87
3.2.2.3.5. Butterfly Lesions	89
3.2.2.3.6. Sehnervatrophie	94
3.2.2.3.7. Pigmentretinopathie	102
3.2.2.3.8. Senile Retinopathie	107
4. Diskussion	111
4.1. Untersuchungsmethoden	111
4.1.1. Untersuchungsmaßnahmen	111
4.1.2. Kamerasystem	113
4.2. Fundusphotographische Darstellung	115
4.2.1. Normalanatomischer Augenhintergrund	115
4.2.2. Pathologische Befunde am Augenhintergrund	117
4.2.2.1. Erkrankungen der Netzhaut	117
4.2.2.2. Erkrankungen des Sehnervs	118
4.3. Schlussfolgerungen	119

5. Zusammenfassung 121

6. Summary 123

7. Literaturverzeichnis 125

Danksagungen

Lebenslauf

1 Einleitung

Die Photographie hat sich in den letzten vierzig Jahren in der Pferdemedizin fest etabliert. Das photographische Festhalten von Befunden zur medizinischen Dokumentation, für die Lehre, Ausbildung, Vorträge und wissenschaftliche Arbeiten ist mittlerweile ein fester Bestandteil in allen Teilbereichen der Pferdemedizin.

Es existieren schon seit einiger Zeit digitale Kameramodelle in der Humanmedizin, mit denen entsprechende Aufnahmen des Augenhintergrundes möglich sind. Allerdings handelt es sich meist um sog. Stand-Alone-Geräte, die die gesamte Optik, Technik und Elektronik in einem Gehäuse untergebracht haben und einen eigenen Platz benötigen, so dass diese Geräte nicht flexibel einsetzbar sind. Daher haben sie in der Tiermedizin, abgesehen von der Kleintiermedizin, keinen praktischen Nutzen gebracht.

Erst seit kurzer Zeit stehen auch digitale Kameramodelle zur Verfügung, die Dank ihrer kompakten Bauweise und eines Handgriffes flexibel einsetzbar sind und sich daher auch die Darstellung des Augenhintergrundes beim Pferd mit seinen unruhigen Augenbewegungen möglich machen. Das Auge des Pferdes eignet sich auf Grund seiner Größe und der daraus resultierenden Pupillengröße gut für bildgebende Verfahren, allerdings scheut das Pferd als Fluchttier häufig vor neuen unbekanntem Dingen, hat sehr aktive Augenbewegungen und einen ausgeprägten Kornea-Schutzreflex, der bereits durch leichtes berühren der Wimpernhaare ausgelöst wird.

In der Literatur gibt es noch keine Angaben über die Anwendung der digitalen Photographie am Augenhintergrund des Pferdes.

Ziel dieser Arbeit war es, den klinischen Nutzen, die Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Fundusphotographie, auch im Vergleich zu den bisherigen Möglichkeiten, zu untersuchen. Dabei konnten sowohl die normale Anatomie und normalanatomische Varianten als auch einige pathologische Veränderungen präsentiert werden.

2 Literaturübersicht

2.1 Einleitung

Im letzten Jahrhundert hat sich die Nutzung des Pferdes erheblich geändert. Vor 100 Jahren diente es noch mehr als Arbeitstier und in der Kavallerie, heute dagegen eher als Sport- und Freizeitpferd. Aufgrund dieser Verschiebung in den Status eines wirklichen „Haustieres“ anstatt des „Arbeitstieres“ kommt der Gesundheit des einzelnen Pferdes noch größere Bedeutung zu. Die Gesundheit der Augen spielt hier eine große Rolle. So führen Leiden eines oder beider Augen zu erheblichen Nutzungseinschränkungen. Blindheit oder Sehschwächen können zur Gefährdung der Gesundheit von Pferd, Reiter und jeglichen unbeteiligten Personen führen.

Wird doch immer wieder über Pferde berichtet, die trotz visueller Einschränkungen große sportliche Erfolge erzielt haben, so geben die verschiedenen Verbände in ihren Richtlinien vor, unter welchen Gesichtspunkten die Pferde noch sportlich genutzt werden dürfen. Die Satzung und Ordnung des Hauptverbandes für Traberzucht und –rennen e.V. (HVT 2003) schreibt so z.B. vor, dass Pferde, die in ihrer Sehkraft eingeschränkt sind, nur dann teilnahmeberechtigt sind, wenn durch ein tierärztliches Zeugnis bestätigt wird, dass das Pferd die Sicherheit der übrigen Teilnehmer nicht gefährdet. Des Weiteren sind blinde Pferde nicht zur Teilnahme berechtigt (Fassung vom 01.02.2003).

Nach der Leistungsprüfungsordnung (LPO 2004) für Pferde/Ponys (Turnierpferde) kann theoretisch auch ein blindes Pferd gestartet werden, allerdings ist unter § 66 3.3 geregelt, dass Pferde/Ponys, die aufgrund Ihrer Verfassung den Anforderungen offensichtlich nicht gewachsen sind, der Tierarzt die Möglichkeit hat, das Pferd aus einer Prüfung zu nehmen und der Richter oder LK-beauftragte das Pferd für weitere Prüfungen zu disqualifizieren hat, wenn es den Anforderungen nicht gewachsen ist (Fassung vom 01.09.2003).

Die Rennordnung des Direktoriums für Vollblutzucht und –rennen (Rennordnung des Direktoriums für Vollblutzucht und –rennen 2003) schreibt unter der Ziffer 425 im Kapitel IX vor, dass das Direktorium ein Pferd, welches wegen gestörtem Sehvermögen eine Gefahr für Pferde oder Reiter darstellt, nach Anhörung des Besitzers oder Trainers von allen oder von bestimmten Rennen ausgeschlossen werden soll (Fassung vom 01.07.2003).

Auch im Hinblick auf das seit dem 01.01.2002 bestehende neuen Pferdekaufrecht hat der Gesundheitszustand, insbesondere auch der der Augen, sowie die Dokumentation dieses Gesundheitszustandes zum Zeitpunkt des Gefahrenüberganges (Ankaufsuntersuchung durch den Tierarzt) einen neuen noch stärker umstrittenen Stellenwert erlangt (Gerhards et al. 2003). Nach § 476 des BGB (Bürgerliches Gesetzbuch) besteht die Beweislastumkehr, was bedeutet, dass, wenn innerhalb von sechs Monaten seit Ablieferung der Sache ein Mangel auftritt, vermutet wird, dass die Sache bereits bei Ablieferung mangelhaft war (Fassung vom 01.01.2002). Daher kann das Festhalten des tatsächlichen Gesundheitszustandes zum Zeitpunkt des Verkaufs für den Verkäufer bzw. Tierarzt von großer Bedeutung sein und es wird empfohlen, bei der Untersuchung nach einem festen Schema von außen nach innen vorzugehen und alle Veränderungen sorgfältig zu dokumentieren (Gerhards et al. 2003).

2.2 Anatomische Grundlagen

2.2.1 Organogenese des Augenhintergrundes

Das Anlagematerial des Auges stammt aus drei Quellen, dem Neuroektoderm, dem Oberflächenektoderm und dem Mesenchym. Während Linse, Hornhautepithel, Lid-drüsen und das Epithel des Tränenapparates aus dem Oberflächenektoderm hervorgehen, entstehen die Retina, der N. opticus und der größte Teil des Glaskörpers aus dem Neuroektoderm durch Ausstülpung im Bereich des Prosencephalon. Die übrigen Anteile des Auges sind mesenchymaler Herkunft.

Als erste Anlage tritt früh in der Embryonalentwicklung (Pferd 20. Tag) eine flache Einbuchtung, die Augengrube, auf beiden Seiten des Proencephalons auf. Die Augengruben erweitern sich zu sackförmigen Ausstülpungen, den Augenbläschen, die im Bereich des späteren Diencephalon lokalisiert sind. Die Augenblase beginnt sich einzustülpen und bildet den doppelwandigen Augenbecher. Sein äußeres Blatt bleibt einschichtig und wird zum Pigmentepithel (Stratum pigmentosum), sein inneres Blatt wird mehrschichtig und differenziert sich zur Retina (Stratum nervosum). An der ventralen Seite des Augenbechers entsteht die Augenbecherspalte, in der die A. hyaloidea vorwächst. Durch großes Wachstum zieht sich der Randteil des Augenbechers aus, so dass das Innen- und Außenblatt an dieser Stelle aus einschichtigen Zellen besteht (spätere Pars caeca retinae). Die hinteren 4/5 des

Augenbechers entwickeln sich zur Pars optica retinae. Die Zellen innerhalb der einzelnen Schichten differenzieren sich ähnlich wie in der Gehirn- und Rückenmarksanlage zu Neuronen und Gliazellen. Die Differenzierung der Photorezeptoren erfolgt als letztes Element, bei den sehend geborenen Huf- und Klautieren jedoch bereits intrauterin (Rüsse et al. 1998). Die Ganglienzellen differenzieren sich mit den Müllerschen Zellen als erstes, wobei dieser Prozess bei den nahe dem Sehnervenaustritt gelegenen früher als bei den in der Peripherie gelegenen stattfindet. Die erste Ganglienzelle die Kontakt mit dem Gehirn erlangt transportiert retrograd "neurotrophin brain-derived neurotrophic factor" (BDNF) zurück zum Auge. Ab diesem Zeitpunkt sind alle fetalen Ganglienzellen abhängig von diesem Faktor und die, denen es nicht gelingt Synapsen auszubilden verfallen der Apoptose (Brooks et al 1999). Die Axone des inneren Neurons laufen über den Rand des Augenbecherspaltes zum Augenbecherstiel und bilden dort den N. opticus (Nickel et al. 1992).

2.2.2 Anatomie und Histologie des Augenhintergrundes

Um keinen falschen Interpretationen verschiedener Befunde zu unterliegen ist ein Detailwissen der Anatomie des Augenhintergrundes wichtig. Das Pferd hat ein großes exponiertes Auge, das in der knöchernen Orbita liegt. Der Augapfel ist beidseits prominent und lateral gelegen, so dass das Gesichtsfeld ca. 340° beträgt (Gerhards et al. 2003). Der Augapfel weist eine annähernd kugelige Form auf und seine Wand besteht aus 3 konzentrischen Schichten: Der äußeren Augenhaut (Tunica externa bulbi), die im Bereich des Augenhintergrundes durch die Lederhaut (Sclera) repräsentiert wird, der mittleren Augenhaut (Tunica vasculosa s. media bulbi), die im Bereich des Augenhintergrundes durch die Aderhaut (Choroidea) vertreten ist, sowie der inneren Augenhaut (Retina s. Tunica interna bulbi), die sich in eine Pars optica und eine Pars caeca retinae unterteilt (Liebich et al. 2004). Die Retina bildet die innere Oberfläche des Auges und reicht vom Sehnervenaustritt bis zum Pupillenrand. Nur die hinteren, proximalen zwei Drittel können vom einfallenden Licht erreicht werden und werden deshalb Pars optica retinae genannt, während das vordere, distale Drittel als Pars caeca retinae bezeichnet wird. Der Rand der die Grenze zwischen beiden Anteilen bildet, ist durch die abrupte Dickenabnahme des Innenblattes der Pars optica retinae gekennzeichnet und trägt die Bezeichnung Ora

serrata. Sie kennzeichnet gleichzeitig die Grenze zwischen Choroidea und Ziliarkörper der mittleren Augenhaut (Wissdorf et al. 2002).

Die Pars caeca retinae besteht aus einem einschichtigen Innenblatt und einem einschichtigen Außenblatt und überzieht zum einen den Ziliarkörper (Pars ciliaris retinae) zum anderen die Rückfläche der Iris (Pars iridica retinae). Die Pars optica retinae gliedert sich in zwei Blätter, das äußere Stratum pigmentosum retinae (Pigmentepithel) und das innere Stratum nervosum retinae (Rezeptorschicht) (König et al. 2002). Das Pigmentepithel ist nur an der Ora serrata und an der Austrittsstelle des N. opticus fest mit dem Stratum nervosum retinae verbunden. Das Epithel ist einschichtig, isoprismatisch und regelmäßig hexagonal (Liebich et al. 2004). Die Zellen enthalten braune Pigmenteinlagerungen (Melaningranula) und je nach Belichtung mehr oder weniger lange, pigmenthaltige Zytoplasmafortsätze, die sich zwischen die Stäbchen und Zapfen des Innenblattes schieben. Nach außen grenzt das Pigmentepithel an die Lamina choriocapillaris der Choroidea. Im Tapetumbereich und in albinotischen Augen ist der Pigmentgehalt stark reduziert, oder er fehlt vollständig (Nickel et al. 1992). Durch das Pigmentepithel wird das Licht, das die Pars nervosa passiert hat, absorbiert. Damit wird das Auftreten störender Reflexe im Auge verhindert (Hees et al. 1992). Die Zellen des Pigmentepithels dienen unter anderem ebenfalls zur Ernährung der Stäbchen und Zapfen, zum Transport von Stoffwechselprodukten zwischen Aderhaut und den äußeren Schichten der nervösen Netzhaut, sowie Aufnahme und Verdauung von phagozytiertem Material aus dem Augensegment (Liebich et al. 2004). Als Anteil der embryonalen Hirnwand zeigt das Stratum nervosum retinae dementsprechend einen mehrschichtigen Feinbau. Es besteht aus den Photorezeptoren und zwei nachgeschalteten Neuronen, die in das Stützgerüst modifizierter Neurogliazellen eingebettet sind (Nickel et al. 1992). Diese sogenannten Müller-Stützzellen sind besonders differenzierte faserige Astrozyten. Sie durchziehen als langgestreckte Zellen die gesamte Netzhaut und bilden nahe ihrer äußeren Oberfläche das Stratum limitans externum und auf der Innenseite das Stratum limitans internum. Ihre Fortsätze füllen die Räume zwischen den Nervenzellen vollständig aus. Diesen glykogen- und enzymreichen Zellen werden neben ihrer Stützfunktion auch wichtige Aufgaben für den Stoffwechsel der Retina zugeschrieben. Außerdem kommen in der Netzhaut Assoziationszellen (Horizontalzellen, amakrine Zellen) vor. Diese sind Ganglienzellen, die mit ihren Fortsätzen Querverbindungen zwischen den

benachbarten Rezeptoren- bzw. Nervenzellen schaffen (Hees et al.1992). Man unterscheidet von außen nach innen folgende Schichten in der Netzhaut:

1. Neuron: Schicht der Stäbchen und Zapfen (Str. neuroepitheliale) mit den Stäbchen als hochsensible Hell-Dunkel-Rezeptoren zum Dämmerungssehen und den Zapfen als Rezeptoren für Farbsehen; die äußere Körnerschicht (Str. nucleare ext.) mit den Perikaryen der Nervenzellen des 1. Neurons und die äußere plexiforme Schicht (Str. plexiforme ext.), die von den Axonen der Photorezeptorzellen mit den Dendriten der bipolaren Zellen des 2. Neurons geformt wird.

2. Neuron: Innere Körnerschicht (Str. nucleare int.), die aus den Perikaryen der bipolaren Zellen zusammen mit den Horizontalzellen besteht und die innere plexiforme Schicht (Str. plexiforme int.), in der sich die Axone der bipolaren Zellen mit den Dendriten der Ganglienzellen des 3. Neurons verflechten.

3. Neuron: Ganglienzellschicht (Str. ganglionare nervi optici), die von den Kerngebieten großer multipolarer und kleinerer vegetativer Nervenzellen gebildet wird und die Nervenfaserschicht (Str. neurofibrarum) in der die Axone der Ganglienzellschicht zum blinden Fleck (Papilla optica) ziehen. Dort treten die Axonbündel als Sehnerv (N. opticus) aus dem Augenhintergrund aus. Die äußere Augenhaut wird an dieser Stelle siebartig perforiert (Area cribrosa). In der Ganglienfaserschicht sind die Nervenfasern marklos. Nach Durchtritt durch die Area cribrosa werden sie jedoch von Oligodendrozyten umhüllt und damit myelinisiert (Liebich et al 2004). Die Nervenfasern sind marklos, damit das Licht bis in die Tiefe vordringen kann. Die nachfolgenden Schichten sind transparent.

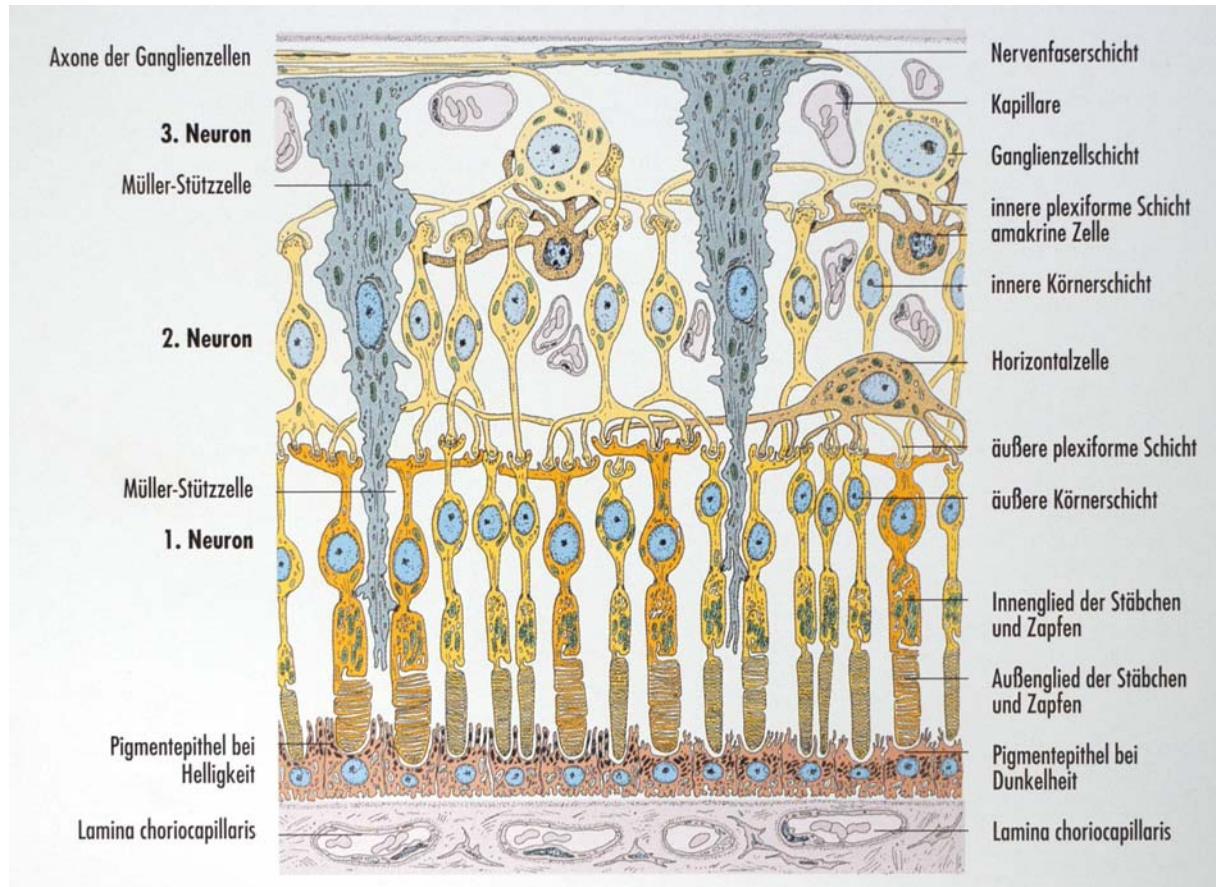


Abb. 1: Histologischer Aufbau der Netzhaut (aus: Liebich, H.-G. (2004) Funktionelle Histologie der Haussäugetiere, 4. Auflage)

Das Innenblatt der Netzhaut wird im Wesentlichen durch den Glaskörper in seiner Lage gehalten, der durch den Augeninnendruck gegen die Retina gepresst wird (Wissdorf et al. 2002). Die stärkste Dicke erreicht die Netzhaut am Augenhintergrund in der Umgebung des Sehnervenaustrittes, während sie zur Peripherie hin immer dünner wird (Ehrenhofer et al. 2002, Nickel et al. 1992). Man unterscheidet die Area centralis rotunda, als Stelle des schärfsten Sehens, in der überwiegend Zapfen und vermehrt Ganglienzellen des 1. und 2. Neurons liegen und die dem binokularen Sehen dient, von der Area centralis striaeformis, die beim Pferd als helle Streifen oberhalb der Papille erkennbar wird und in der ebenfalls Zapfen und Nervenzellen des 1. und 2. Neurons liegen und die dem monokularen Sehen und dem Erkennen von Bewegungen dient (Liebich et al. 2004). Untersuchungen haben gezeigt, dass die Area centralis vor allem Beta-Ganglienzellen enthält, die einen kleineren Zelleib und ein kleineres dendritisches Feld besitzen und daher zu höherer Sehschärfe führen. In der Peripherie liegen vermehrt Alpha-Ganglienzellen, die einen größeren

Zelleib und ein größeres dendritisches Feld besitzen, was eine verminderte Sehschärfe in der Peripherie bewirkt (Brooks et al. 2002, Brooks et al. 1999). Die Netzhaut des Pferdes ist bis auf einen kleinen Bezirk um die Sehnervpapille avaskulär. Die Papille läßt einen kranzförmigen Verlauf feinsten Gefäße erkennen. Diese Gefäßchen stammen nicht wie bei den anderen Haussäugetieren aus einer A. und V. centralis, sondern aus den rings um die Sehnerven gelagerten Zinn'schen Gefäße (Ammann et al. 1968, Modes et al. 1936). Die äußeren Schichten der Retina werden über die Lamina choriocapillaris, der mittleren Schicht der Choroidea, ernährt. Dorsal der Papilla optica befindet sich beim Pferd zwischen der Lamina choriocapillaris und der Lamina vasculosa (äußere Schicht der Choroidea) ein plumpsichelförmiges, lichtreflektierendes Feld, das Tapetum lucidum. Seine Aufgabe ist die Reflektion der Lichtstrahlen, so dass es zu einer zusätzlichen Erregung der Rezeptoren der Retina kommt. Im Bereich dieses Tapetum lucidums bleibt daher das Pigmentepithel unpigmentiert (König et al. 2002). Die Farbe des Tapetums variiert je nach Farbe des Haarkleides von grün bis blaugrün. Bei Huftieren ist das Tapetum azellulär und besteht aus konzentrisch angeordneten Kollagenfasern und wird daher Tapetum lucidum fibrosum genannt. Die Kollagenfasern sind zu Lamellen geordnet, die parallel zur Netzhautoberfläche ausgerichtet sind. Während bei anderen Haussäugetieren eingelagerte Kristalle wie Guanin und Zink für die Reflektion verantwortlich sind, übernehmen diese Aufgabe beim Pferd allein die in Schichten geordneten Kollagenfasern durch ihren Brechungsindex. Die choroidalen Gefäße penetrieren das Tapetum im rechten Winkel, so dass sie ophthalmoskopisch angeschnitten als sogenannte 'Winslowsche Sterne' sichtbar werden (Ollivier et al. 2004).

2.3 Ophthalmoskopischer Normalbefund des Augenhintergrundes

Das ophthalmoskopische Bild des Augenhintergrundes des Pferdes kann grob in drei topographische Bereiche eingeteilt werden. Dominiert wird es durch das farbenfrohe Tapetum lucidum, das ungefähr die dorsalen zwei Drittel des Fundus einnimmt. Es hat eine halbrunde Form und seine untere Grenze verläuft als horizontale Linie knapp über der Sehnervpapille (Severin et al. 1996). Die nasalen und temporalen Grenzen folgen dem Verlauf und der Krümmung des Augapfels (Lavach et al. 1990). Dieser Teil des Fundus, auch tapetaler Fundus genannt, ist nicht pigmentiert. Seine

Farbe variiert von Gelb über Grün zu Aquamarinblau und Blau. Hierbei wurde ein Zusammenhang zwischen der Fellfarbe und der Farbe des Fundus deutlich (Barnett et al. 2004, Severin et al. 1996, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990). Ein gelbes Tapetum kommt häufig bei hell pigmentierten, fuchsfarbenen und braunen Pferden vor, während Rappen und Schimmel häufig ein aquamarinblaues und blaues Tapetum besitzen (Barnett et al. 2004, Riis et al. 1981). Über den gesamten tapetalen Fundus verteilt finden sich kleine dunkle Punkte, die sogenannten Winslowschen Sterne, die den Blick auf das Ende choroidaler Gefäße darstellen, die das Tapetum senkrecht durchqueren (Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Cutler et al. 2000, Severin et al. 1996, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Crispin et al. 1990, Lavach et al. 1990). Der nicht-tapetale Fundus, auch Tapetum nigrum genannt, ist in der Regel stark pigmentiert und hat daher eine dunkelbraune, fast schwarz-braune Farbe. Dadurch werden Einzelheiten des darunter liegenden Gefäßbettes der Choroidea verdeckt (Barnett et al. 2004). Der Übergang vom nicht-tapetalen in den tapetalen Fundus stellt eher eine unregelmäßige Grenze als eine klare scharfe Trennungslinie dar (Gelatt et al. 2001). Die dritte Zone bildet die Sehnervenpapille, an deren Stelle der Sehnerv durch das Foramen sclerae hervortritt. Sie ist im Tapetum nigrum lokalisiert, gerade unterhalb der Grenze von tapetalem und nicht-tapetalem Fundus und temporal des hinteren Poles des Augapfels (Cutler et al. 2000, Lavach et al. 1990). Der horizontale Durchmesser ist ca. 5-7 mm, der vertikale ca. 3,5-5 mm (Severin et al. 1996, Cooley et al. 1992, Lavach et al. 1990). Die Sehnervenpapille hat daher eine ovale, bei jungen Pferden auch runde Form (Herring et al. 2003, Cooley et al. 1992, Lavach et al. 1990, Riis et al. 1981). Sie ist blass rosa bis lachsfarben (Herring et al. 2003, Severin et al. 1996, Lavach et al. 1990, Rebhun et al. 1992). Der peripapilläre Fundus wird von 30-60 radiären Blutgefäßen durchzogen, die zirkulär am Rand der Sehnervenpapille hervortreten (Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Cutler et al. 2000, Cooley et al. 1992, Bistner et al. 1984, Riis et al. 1981) und zwar meist am Übergang von ihrem mittleren zum äußeren Drittel (Modes et al. 1937). Die Gefäße reichen nur ca. das 1,5-2fache der Papillenbreite in den Fundus hinein (Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Severin et al. 1996, Cooley et al. 1992, Gelatt et al. 1970) und sie verlaufen in der Nervenfaserschicht der neurosensorischen Retina (Barnett et al. 2004, Ehrenhofer et al. 2002, Crispin et al. 1990, Modes et al. 1937, Bayer 1906). Daher wird der Augenhintergrund des Pferdes auch als paucangiotisch bezeichnet

(Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Cutler et al. 2000, Severin et al. 1996, Cooley et al. 1992, Lavach et al. 1990, Modes et. al. 1937). Wegen dieser begrenzten Versorgung der Retina mit Gefäßen, muss die equine Retina überwiegend durch die darunterliegende Choroidea über Diffusion mit Blut und Nährstoffen versorgt werden (Cutler et al. 2000, Gelatt et al. 2001, Brooks et al. 1998, Rebhun et al. 1992, Bayer 1906). Arterien und Venen können bei der normalen ophthalmoskopischen Untersuchung nicht voneinander unterschieden werden (Herring et al. 2003, Severin et al. 1992, Riis et al. 1981, Gelatt et al. 1970). Nur in der Fluoreszenzangiographie ist diese Unterscheidung möglich (Gelatt et al. 2001). In der Fluoreszenzangiographie zeigt sich außerdem, dass am ventralen Rand der Papille (6-Uhr-Position) keine retinalen Gefäße vorhanden sind (Brooks et al. 1998). Diese charakteristische keilförmige Lücke im Gefäßkranz beschrieb bereits Modes im Jahre 1937 bei seinen Untersuchungen über das Blutgefäßbild am Augenhintergrund der verschiedenen Haussäugetiere.

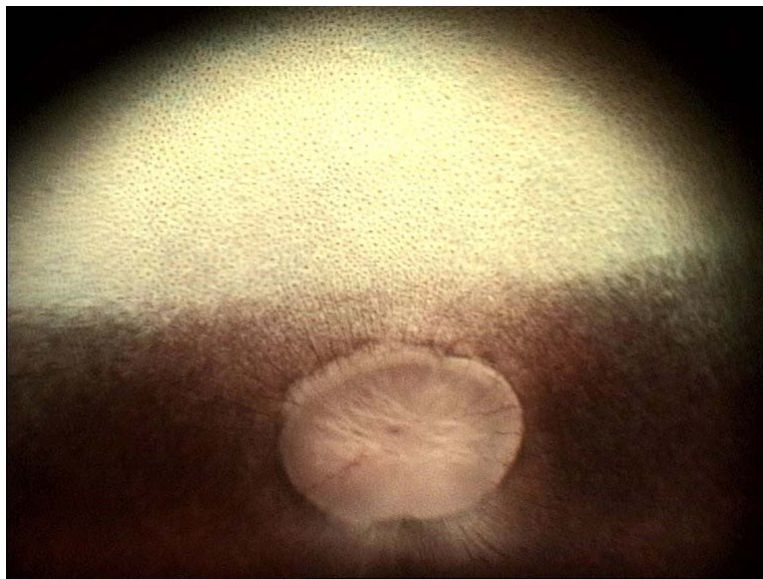


Abb. 2: Ophthalmoskopischer Normalbefund des Augenhintergrundes beim Pferd (Lusitano, Hengst, Falbe, 14 Jahre, OS, eigenes Bildmaterial)

2.4 Anatomische Varianten des Augenhintergrundes

Der Fundus des Pferdes zeigt ein weites Spektrum des ophthalmoskopischen Bildes, was Folge einfacher anatomischer Variationen oder Strukturanomalien ist, die vermutlich kongenitaler Genese sind. Sie sind nicht progressiv und beeinträchtigen die Sehfähigkeit nicht merklich. Dennoch sind Erkennung und Differenzierung solcher

Fundusvarianten von pathologischen Veränderungen für die Funduskopie von grundlegender Bedeutung.

2.4.1 *Tapetum lucidum und Tapetum nigrum*

Bei Tieren mit heller pigmentiertem Fell können unterschiedliche Grade eines Pigmentmangels auftreten, die die choroidalen Gefäße sichtbar werden lassen und in den betroffenen Zonen ein "tigroides" Aussehen bewirken (Barnett et al. 2004, Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000). Im Zusammenhang mit diesem sogenannten partiellen Fundusalbinismus kann auch ein hypoplastisches oder dünnes Tapetum auftreten, worauf ein roter oder orangener Tapetumreflex hinweist. Häufig ist ein kleiner suprapapillärer Bereich und meist beide Augen, wenn auch nicht zwangsläufig symmetrisch, betroffen (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Rebhun et al. 1983). Zusätzlich erscheinen die Winslowschen Sterne bei subalbinotischen Pferden häufig rötlich anstatt braun (Cutler et al. 2000). Vollständiger Albinismus ist eine sehr seltene Variation. Diese Augen besitzen kein Tapetum und sowohl retinales als auch choroidales Pigment fehlen vollständig, so dass die choroidalen Gefäße im gesamten Fundusbereich sichtbar sind (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 1998, Barnett et al. 1995, Cooley et al. 1992, Matthews et al. 1990). Während Subalbinismus keinen Einfluß auf die Sehfähigkeit zeigt, zeigen vollständige Albinos häufig Photophobie und reduziertes Sehvermögen (Cutler et al. 2000). Der nicht-tapetale Fundus unmittelbar um den Papillenrand gelegen kann intensiv pigmentiert sein, besonders im ventralen Bereich (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Cutler et al. 2000, Matthews et al. 1990). Dies wird typischerweise im partiell albinotischen Fundus oder im grüngelben Fundus brauner Pferde gesehen. Selten können sich diese Pigmentproliferationen auch innerhalb der Ebene der Augenspalte ausdehnen (Barnett et al. 2004, Matthews et al. 1990). Im Gegensatz dazu kann der Papillenrand aber auch hypopigmentiert sein oder sogar gar kein Pigment aufweisen und einen zirkumpapillären unpigmentierten Hof bilden, wobei der ventrale Rand im Bereich der Augenspalte nicht mit betroffen ist (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Matthews et al. 1990). Eine ektopische Proliferation von Pigment innerhalb des normal pigmentierten Retinaepithels des tapetalen Fundus ist eine relativ häufig vorkommende Variante. Diese normalanatomischen Veränderungen sind nicht progressiv und mit keinen weiteren

Anomalien verbunden, sie müssen aber von einem pathologischen Auftreten von Pigment im Zuge von Retinopathien differenziert werden (Barnett et al. 2004, Slatter et al. 2001). Einzelne lineare Streifen können nahe der Tapetumgrenze und auch mitten im Tapetum beobachtet werden (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995, Matthews et al. 1990, Gelatt et al. 1970). Diese Veränderungen treten häufiger bei älteren Pferden in Erscheinung (Cutler et al. 2000). Einzelne gut umschriebene Pigmentinseln im zentralen tapetalen Bereich werden vorwiegend bei Schimmeln gefunden. Hierbei handelt es sich um choroidale Naevi, die eine charakteristische blaue Erscheinung haben (Barnett et al. 2004). Manchmal sind die sogenannten Vv. vorticosae, die für den Abfluss innerhalb der Retina sorgen, in ihrem Verlauf als konvergierende, blaue Streifen dorsomedial und dorsolateral im tapetalen Fundus zu erkennen (Cutler et al. 2000, Cooley et al. 1992, Matthews et al. 1990, Gelatt et al. 1970). Es wird vermutet, dass an diesem Geschehen eine lokalisierte Verdünnung des Tapetums entlang des Gefäßverlaufes beteiligt ist (Barnett et al. 1971).

2.4.2 Papilla optica

An der ventralen Begrenzung der Papille ist häufig eine kleine Einziehung sichtbar, unter der die Ebene der ehemaligen Augenbecherspalte liegt. Auf der Papillenoberfläche findet sich manchmal ein kleines, hin und wieder auch gespaltenes Gefäß (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Matthews et al. 1990). Hierbei handelt es sich vermutlich um Überreste von embryonalen Gefäßen. Ebenfalls ein embryonaler Überrest von eingeschlossenen undifferenzierten Pigmentzellen im Zuge des Schlusses der Augenspalte sind kleine Pigmenteinschlüsse im ventralen Sektor der Sehnervpapille (Matthews et al. 1990). Das fibröse Maschenwerk der Lamina cribrosa sclerae, das das Foramen sclerae überbrückt, kann in manchen Augen etwas hervorstehen und der Sehnervscheibe dadurch ein faszikuläres oder granulomatöses Aussehen geben (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990). Mit zunehmendem Alter wird die Lamina cribrosa prominenter, was sich in einer noch deutlicheren Fenestrierung äußert (Cutler et al. 2000, Gelatt et al. 2001, Riis et al. 1981). Häufig sieht man, unabhängig von der Fellfarbe, strahlenförmige graue Streifen, manchmal ähnlich und eindrucksvoll wie eine Corona, vom ventrolateralen und ventromedialen Bereich der

Sehnervenpapille ausgehen. Hierbei handelt es sich um die Myelinisierung von Axonen der Gaglienzellen in der Nervenfaserschicht, die über die Grenze der Lamina cribrosa in den Augenhintergrund hineinreicht (Barnett et al. 2004, Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995, Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Riis et al. 1981, Gelatt et al. 1970). Diese Myelinisierung kann ebenfalls im Alter deutlicher werden (Cutler et al. 2000).

2.4.3 Kongenitale Überreste

Es passiert häufig, dass man im Zuge einer ophthalmoskopischen Untersuchung Reste der A. hyaloidea vorfindet, die sich vom Zentrum der Sehnervenpapille über eine unterschiedlich lange Strecke in Richtung auf die Linsenkapsel in den Glaskörper hinein erstreckt. Im Normalfall ist diese A. hyaloidea persistens nicht pigmentiert und nur noch ein blutleerer kleiner Kanal (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Saunders et al. 1975). Sie kann jedoch auch blutgefüllt sein (Barnett et al. 2004). In diese Gruppe der kongenitalen Überreste ist auch der Überrest der bereits oben erwähnten embryonalen Gefäße im Zentrum der Sehnervenpapille einzuordnen (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000).

2.5 Erkrankungen des Augenhintergrundes

2.5.1 Ophthalmoskopische Bewertung von Funduserkrankungen

Der Fundus unterliegt einer Reihe ophthalmoskopisch identifizierbarer pathologischer Veränderungen, die nach einem Insult entstanden sind. Die genaue Art der auslösenden Schädigung kann im Einzelfall selten bestimmt werden. Da pathologische Fundusveränderungen selten eine deutliche Beeinträchtigung der Sehfähigkeit mit sich bringen, werden diese in der Regel bei einer routinemäßigen Augenuntersuchung gesehen, die einige Zeit nach dem auslösenden Ereignis durchgeführt wird. Als Ergebnis erscheinen die meisten Veränderungen zum Zeitpunkt der Untersuchung reaktionslos und schreiten nicht fort. Die Bestätigung, dass eine solche Läsion nicht fortschreitet, kann jedoch nur durch Folgeuntersuchungen erbracht werden.

Jede anatomische Schicht des Fundus unterliegt einer Reihe pathologischer Veränderungen mit einem charakteristischen ophthalmoskopischen Bild.

Neurosensorische Retina	<p>A) Atrophie</p> <p>B) Netzhautablösung</p> <p>C) Entzündung</p> <p>D) Blutung</p> <p>E) Zysten</p> <p>F) Neoplasien</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gesteigerter Tapetumreflex - Pigmentverdünnung im nicht- tapetalen Fundus - Peripapilläre Rückbildung der Gefäße - Verringerter Tapetumreflex - Bereiche einer abgehobenen, grauen, durchscheinenden Retina - Membranähnliche Netzhaut, die in den Glaskörper hineinhängt - <u>Akut</u>: weiches Exsudat an der vitreoretinalen Grenzfläche - <u>Chronisch</u>: graue, perivaskuläre Streifen von organisiertem Exsudat - Peripapilläre Fibrose und Neovaskularisation - <u>Intraretinal</u>: perivaskuläre, streifige Blutung - <u>Subretinal</u>: zirkuläre, rostbraune Punkte im tapetalen Fundus - Durchscheinende, umschriebene, ovale oder sphärische Strukturen - Gliome erscheinen als grau-pinkfarbene, umschriebene, erhabene Zubildungen
Retinales Pigmentepithel		<ul style="list-style-type: none"> - Verdünnung oder Unterbrechung des Pigments - Fokale oder lineare Pigmenthypertrophie im nicht-tapetalen Fundus - Im tapetalen Fundus wird eine Pigmentproliferation selten beobachtet

Choroidea und Choriocapillaris		<ul style="list-style-type: none"> - Depigmentierung und fokal einzelne Stellen einer Pigmenthypertrophie - Rückbildung von choroidalen Gefäßen - Stromaatrophie, die durch das Erscheinen eines weißen Sklerareflexes angezeigt wird
Sehnerv		<ul style="list-style-type: none"> - Ödem - Blasse Papille - Hervortreten der Lamina cribrosa - Rückbildung der peripapillären Gefäße der Retina - Überlagerung mit weichem Exsudat und Hyperämie - Verdrängung oder Proliferation von Gliagewebe

Tab.1: Pathologische Veränderungen und ihr charakteristisches ophthalmoskopisches Bild (Barnett et al. 2004)

2.5.2 Pathologische Mechanismen

2.5.2.1 Ischämie

Die Netzhaut besitzt eine hohe Stoffwechselrate und ist besonders anfällig für Unterbrechungen oder Störungen in der Blutversorgung. Nachdem einmal Hypoxie (z.B. durch Entzündung, Netzhautablösung, erhöhter Augeninnendruck, Trauma) aufgetreten ist, folgt schnell der Zelluntergang von Zellen der Netzhaut. Es tritt ein intra- und extrazelluläres Ödem auf, neurale Elemente verlieren ihre Integrität und als Folge kommt es zur Atrophie und Gliose der Retina.

2.5.2.2 Reparationsprozesse

Genau wie anderes Nervengewebe besitzt die Netzhaut begrenztes bzw. gar kein Regenerationspotential. Veränderungen in den neurosensorischen Schichten der Netzhaut sind meist irreversibel. Daher ist auch die Möglichkeit der Therapie von

Veränderungen der Netzhaut begrenzt auf den Versuch eine weitere Ausdehnung zu verhindern.

2.5.2.3 Retina und Nervus opticus Interaktion

Schwere und weitgreifende Erkrankungen der Netzhaut, insbesondere der Ganglienzellschicht, können auch Läsionen der Axone dieser Zellen innerhalb des Sehnerves verursachen (Sehnervatrophie). Es wird vermutet, dass die Ursache hierfür in einer Unterbrechung des axoplasmatischen Flusses liegt. Läsionen innerhalb der Photorezeptorschicht können ebenfalls in einem Verlust von Ganglionzellen und letztendlich in einer Sehnervatrophie enden. Diese transsynaptische Degeneration wird seltener in absteigender Richtung (Richtung Auge) beobachtet, aber auch chronische Erkrankungen des Sehnervs können eine Degeneration oder Atrophie der Nervenfasern- und Ganglienzellschicht bewirken.

2.5.2.4 Interaktionen mit Choroidea und Glaskörper

Infektiöse Prozesse im Glaskörper resultieren so gut wie immer in ernster Schädigung der Netzhaut, während Entzündungen der Choroidea häufig die Netzhaut mit einbeziehen. Ursachen sind z.B. hämatogene bakterielle und virale Infektionen, die sich auch in die Netzhaut ausbreiten. Die Folgen dieser Erkrankungen haben häufig einen weit größeren Effekt auf die Retina als auf das Gewebe, von dem sie ursprünglich ausgingen.

2.5.2.5 Gliose

Bei vielen akuten, schweren Erkrankungen der Netzhaut gehen neurale Elemente sehr früh zu Grunde, wohingegen die resistenteren Müller Zellen überleben und proliferieren, um die entstandenen Leerräume zu füllen. Das Endstadium vieler chronischer Netzhauterkrankungen ist oft eine gliöse Narbe, die die funktionelle Retina ersetzt.

2.5.2.6 Reaktionen des Pigmentepithels

Nach einer pathologischen Einwirkung sind die zwei häufigsten Reaktionen Atrophie und Proliferation, wobei beide durchaus nebeneinander auftreten können. Atrophie des Pigmentepithels über dem Tapetum lucidum alleine ist nicht sichtbar, aber wenn sie im Tapetum nigrum auftritt, zeigen sich die betroffenen Zellen als depigmentierte oder blasse Region. Tritt eine Proliferation des Pigmentepithels auf, entweder als Hypertrophie oder Hyperplasie, ist das Ergebnis als fokale Zonen vermehrter

Pigmentation sichtbar. Diese Zonen sind sowohl im Tapetum lucidum als auch im Tapetum nigrum erkennbar. Hypertrophie und Hyperplasie von Pigmentepithelzellen ist häufig gekoppelt mit gleichzeitigem Verlust von Stäbchen und Zapfen in dieser Region.

2.5.2.7 Perivaskuläres "Cuffing"

Im Verlauf von Entzündungen oder Neoplasien sammeln sich Entzündungszellen um retinale Gefäße. Diese Vaskulitis oder perivaskuläres "Cuffing" wird sichtbar als graue Scheide um die Gefäße.

2.5.2.8 Verstärkter Tapetumreflex

Atrophie der Retina nach jeglicher Ursache resultiert in einer erhöhten Reflektion von Licht vom Tapetum lucidum. Vergleicht man die Retina und das Tapetum lucidum mit einem Spiegel (Tapetum) und einem Vorhang (Netzhaut) wird klar, dass wenn der Vorhang gehoben ist (Netzhautatrophie), der Spiegel ein helleres Bild liefert.

2.5.2.9 Retinale Blutungen

Netzhautblutungen sind eine Begleiterscheinung vieler Erkrankungen (z.B. Anämie, Vergiftungen, Ehrlichiose, Trauma). Es ist ophthalmoskopisch möglich, anhand des Erscheinungsbildes der Blutung, die Schicht zu lokalisieren, in der sie sich befindet.

- Tiefe intraretinale Blutung: punkt- bzw. fleckförmig
- Oberflächliche intraretinale Blutung: die Blutung folgt dem Verlauf der Nervenfasern und erscheint dadurch flammenförmig
- Präretinale Blutungen: bootsrumpfförmig mit roten Blutzellen, die nach ventral absinken
- Subretinale Blutung: normalerweise groß und sehr dunkel

(Slatter et al. 2001)

2.5.3 Angeborene Erkrankungen

2.5.3.1 Funduskolobome

Kolobome sind angeborene Unterbrechungen in einer oder in mehreren Schichten des Fundus, von denen angenommen wird, dass sie durch mangelnden Schluss des Gewebes entlang der Augenbecherspalte während der Embryogenese entstehen (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995). Sie treten meist unilateral

in Erscheinung (Cutler et al. 2000, Matthews et al. 1991). Es werden basierend auf ihrer anatomischen Beziehung zur Augenspalte zwei Typen unterschieden:

1. Typische Kolobome

Diese verlaufen in der Ebene der Augenspalte und reichen vertikal in den nicht-tapetalen Fundus vom ventralen Pol der Sehnervenpapille ausgehend (Munroe et al. 1997, Matthews et al. 1991). Wenn sie kleiner als die Sehnervenpapille selber sind, scheinen sie keinen Effekt auf die Sehfähigkeit zu besitzen. Sind sie allerdings größer als die Papille haben sie oft Auswirkungen auf die Sehkraft (Cutler et al. 2000, Severin et al. 1996). Man vermutet, dass typische Kolobome auftreten, weil sich die neurosensorische Retina in die Augenbecherspalte einschiebt und so die Fusion zwischen den beiden Seiten des Mesoderms verhindert (Cutler et al. 2000). In gravierenden Fällen tritt das Kolobom beidseitig auf und das Fohlen ist blind und zeigt Nystagmus (Munroe et al. 1997, Lavach et al. 1990). Selten treten beim Pferd typische Funduskolobome auf, die große sklerale und chorioretinale Defekte einschließen und oft mit einem Mikrophthalmus und mit Kolobomen im vorderen Segment verbunden sind (Barnett et al 2004, Williams et al. 1993).

2. Atypische Kolobome

Atypische Kolobome haben keine anatomische Verbindung zur Augenspalte und sind ein häufig auftretender funduskopischer Befund beim Pferd. Man findet sie vor allem im nicht-tapetalen Fundus entweder peripapillär oder an der Grenze zum tapetalen Fundus (Munroe et al. 1997). Sie präsentieren sich als einzelne oder gruppenartige, scharf abgegrenzte, blaue, runde oder ovale Läsionen (Schmidt et al. 1999, Munroe et al. 1997). Häufig treten sie einseitig als umschriebene, hypopigmentierte Bereiche mit einer unbeständigen Randzone einer Pigmenthypertrophie in Erscheinung (Barnett et al. 2004, Rubin et al. 1974). Ihre Unterscheidung von umschriebener Pigmentlosigkeit der Retina fällt schwer (Schmidt et al. 1999). In der peripapillären Region werden sie von Blutgefäßen durchzogen (Munroe et al. 1997, Matthews et al. 1990). Kolobome können die neurosensorische Retina, das Pigmentepithel und die Choroidea betreffen (Munroe et al. 1997). Die Schichten des Augapfels, die für den Untersucher sichtbar sind, zeigen die Tiefe des Koloboms an. Die tiefste und schwerste Erscheinungsform besteht aus Sklera und erscheint rein weiß. Orange oder rot organisierte Streifen repräsentieren choroidale Gefäße und sprechen für ein Staphylom bzw. weniger tief gehendes Kolobom (Cutler et al. 2000). Normalerweise haben sie keinen nennenswerten Effekt auf die Sehfähigkeit (Barnett et al 2004,

Munroe et al. 1997, Rubin et al. 1974)). Liegen sie aber nahe der Area centralis und sind ausreichend groß, können sie die Sehfähigkeit beeinträchtigen (Cutler et al. 2000). Eine ungewöhnliche Art atypischer Kolobome betrifft eine schmale Zone zirkumpapillärer Diskontinuität in der Chorioretina, wobei der Bereich der Augenspalte ausgeschlossen ist. Die Spalte wird durch eine scheinbar normale Chorioretina überbrückt und das Kolobom wird von normalen Retinagefäßen durchzogen (Barnett et al. 2004, Matthews et al. 1990).

2.5.3.2 Netzhautdysplasie

Netzhautdysplasie ist eine ungewöhnliche, entwicklungsbedingte oder postinflammatorische Erkrankung der Netzhaut. Histopathologisch bildet die neurosensorische Retina charakteristische Falten oder Rosetten aus (Slatter et al 2001, Cutler et al. 2000, Gelatt et al. 1972). Sie sind ein Produkt abnormaler Proliferation und Differenzierung der inneren Schicht des Augenbechers. Sie entstehen entweder durch lokalisierte Hyperproliferation der äußeren Körnerschicht, oder durch atypische Differenzierung von primitiven neuroektodermalen Zellen (Saunders et al. 1975). Meist sind beide Augen betroffen und es treten andere angeborene Missbildungen zusätzlich auf. Die dysplastischen Regionen können sowohl fokal als auch multifokal und linear oder geographisch (unregelmäßig, u-förmig) auftreten (Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000). Von Netzhautdysplasie wird vor allem im Zusammenhang mit der codominant vererbten "Anterior Segment Dysgenesis of the Rocky Mountain Horse" berichtet (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Cutler et al. 2000, Ewart et al. 2000, Ramsey et al. 1999). Vor allem bei Tieren mit brauner Fellfarbe und weißer Mähne dieser Rasse treten Zysten der Uvea und/oder periphere Zysten der Retina, schlangelinienförmige Streifen von hyperpigmentiertem Pigmentepithel, Hypoplasie der Iris, Megalocornea, Katarakt und Miosis zusammen mit Dysplasie und Ablösung der Netzhaut auf (Ewart et al. 2000, Ramsey et al. 1999).

2.5.3.3 Angeborene Netzhautablösung

Eine angeborene Netzhautablösung kann bei jeder Rasse auftreten, allerdings ist sie besonders häufig bei Trabern und Vollblutpferden zu beobachten (Rebhun et al. 1983). Man vermutet, dass sie durch unterschiedliche Wachstumsgeschwindigkeit der neurosensorischen Retina und des retinalen Pigmentepithels im fetalen Auge oder durch unvollständige Invagination des Augenbläschens entsteht (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000). Die Erkrankung tritt ein- oder beidseitig bei Fohlen auf. Sie

kann als einzelne Läsion vorliegen, oder zusammen mit anderen Mißbildungen, und verursacht Blindheit, da die Ablösung meist vollständig ist (Munroe et al 1997, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Munroe et al 1984). Die Pupillen sind häufig geweitet und die Fohlen kollidieren mit Gegenständen und zeigen einen suchenden Nystagmus (Rebhun et al. 1992, 1983). Die Netzhaut erscheint als ein flottierendes graues Segel und hat nur noch Verbindung zur Sehnervenpapille. Das Tapetum erscheint hyperreflektierend, da die lichtabsorbierende Oberfläche der Netzhaut fehlt (Munroe et al. 1997, Rebhun et al 1983). Es existiert keine erfolgreiche Behandlungsmöglichkeit (Rebhun et al. 1992, 1983).

2.5.3.4 Nachtblindheit (Congenital stationary night blindness)

Nachtblindheit ist eine X-Chromosomen gebundene, rezessiv vererbte, vermutlich nicht progressive Erkrankung, die besonders bei Appaloosas auftritt. Die betroffenen Pferde fallen durch Sehstörungen in der Dämmerung bzw. Dunkelheit auf, wohingegen das Sehvermögen bei Tageslicht ungestört erscheint. Schwer betroffene Pferde zeigen außerdem einen beidseitigen dorsomedialen Strabismus. Der funduskopische Befund erscheint normal. Eine gesicherte Diagnose erfordert eine Elektroretinographie (ERG), bei der die Amplitude der b-Welle vermindert erscheint und die a-Welle von negativer Polarität ist (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Munroe et al. 1997, Severin et al. 1996, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Munroe et al. 1984, Riis et al. 1981). Es wird vermutet, dass die Ursache von einem Defekt in der neuralen Transmission von den Photorezeptoren zu den bipolaren und Müller Zellen herrührt (Cutler et al. 2000, Munroe et al. 1997, Lavach et al. 1990).

2.5.3.5 Sehnervenatrophie/-hypoplasie

Sehnervenhypoplasie ist eine seltene und ungewöhnliche Erkrankung (Gelatt et al. 1969, Gelatt et al. 1971), tritt aber immer wieder bei jungen Fohlen ein- oder beidseitig in Erscheinung. Die Sehnervenpapille erscheint klein und blass, und die charakteristischen retinalen Gefäße sind häufig vermindert. Die Fohlen fallen durch verminderte Sehfähigkeit oder Blindheit auf. Die Pupillen sind, je nachdem ob ein- oder beidseitig, mittel bis vollständig geweitet und es besteht ein verlangsamter bzw. kein Pupillarreflex mehr (Cutler et al. 2000, Schmidt et al. 1999, Severin et al. 1996, Munroe et al. 1984, Riis et al. 1981). Die Ursache liegt in einer verminderten Anzahl von retinalen Ganglienzellen (Cutler et al. 2000, Munroe et al. 1984). Pigment-

Veränderungen in der Retina deuten außerdem darauf hin, dass eine intrauterine Infektion als Ursache für die Zellverminderung in Frage kommen könnte (Munroe et al. 1997, Lavach et al. 1990, Riis et al. 1981).

Eine Atrophie der Sehnervenpapille mit blasser Papille und ohne jegliche Gefäßversorgung kann bei blinden Fohlen mit Hydrocephalus beobachtet werden (Schmidt et al. 1999, Errington et al. 1941).

2.5.3.6 Chorioretinitis

Angeborene Chorioretinitis führt zu Pigmentveränderungen im gesamten nicht-tapetalen Fundus. Zum Zeitpunkt der Diagnose sind die Läsionen meist inaktiv. Sie treten bei Fohlen auf, deren Mutter eine Infektion der oberen und/oder unteren Atemwege während der späten Trächtigkeit durchgemacht hat (Cutler et al. 2000, Ketring et al. 1992, Lavach et al. 1990, Munroe et al. 1984, Rubin et al. 1974). Bei großflächiger Ausbreitung können diese depigmentierten Foci zur Beeinträchtigung des Sehvermögens führen (Munroe et al. 1997).

2.5.3.7 Retinale Blutungen und Ödem der Sehnervenpapille

Lineare perivaskuläre intraretinale Netzhautblutungen resultieren durch fetale Hypertension und Trauma während der Geburt im knöchernen Beckenkanal. Blutungen dieser Art resorbieren sich normalerweise innerhalb von 7-10 Tagen und führen zu keinem Schaden, es sei denn die Blutung ist so groß, dass es zu einer exsudativen Ablösung der Netzhaut kommt (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Bistner et al. 1984). Kleine, multiple, subretinale Blutungen und ein Ödem der Sehnervenpapille werden vor allem auch im Zusammenhang mit dem neonatalen Maladjustmentsyndrom beobachtet. Die Blutungen scheinen eher von geringer klinischer Relevanz zu sein und resorbieren sich innerhalb weniger Tage. Das Ödem und die Farbveränderungen der Sehnervenpapille scheinen jedoch Folge des Hirnödems zu sein, das als ein Leitsymptom des Maladjustmentsyndroms auftritt (Cutler et al. 2000, Munroe et al. 1997, Davidson et al. 1991, Munroe et al. 1984). Blutungen der Netzhaut können aber auch bei erwachsenen Pferden im Zuge von Trauma, Entzündung oder Koagulopathien auftreten (Davidson et al. 1991, Bayer 1906).

2.5.4 Erkrankungen der Netzhaut

2.5.4.1 Retinitis

Primäre Retinitis ist begrenzt auf den peripapillären, vaskularisierten Fundus und kann den Sehnerv mit einbeziehen. Akute Retinitis kann bei Pferden sehr selten beobachtet werden. Während routinemäßiger Untersuchungen des Augenhintergrundes findet man gelegentlich abgeheilte, peripapilläre Läsionen. Diese präsentieren sich entweder als feine, perivaskuläre, graue Streifen von organisiertem Exsudat, oder als lokalisierte Fibrose und Neovaskularisation. Diese Läsionen müssen die Nervenfaserschicht durchbrechen und zu einer Beeinträchtigung des peripheren Sehfeldes führen, aber die betroffenen Tiere scheinen gut damit zu recht zu kommen (Barnett et al. 2004).

2.5.4.2 Chorioretinopathien

Chorioretinitis ist die häufigste Funduserkrankung bei Pferden. Nur selten erfasst eine Entzündung lediglich die Retina, ohne dass auch auf Grund des engen Kontaktes die Choroidea mitbetroffen ist. Die tapetale Fundusregion scheint seltener betroffen zu sein, da das Tapetum fibrosum eine Barriere bildet und die Ausdehnung von Entzündungen der Choroidea auf die Retina verhindert (Brooks et al. 2002, Cutler et al. 2000, Rebhun et al. 1983). Genau wie bei der Retinitis ist auch die akute Phase der Chorioretinitis selten zu beobachten und man findet meist nur die abgeheilten, narbenartigen Veränderungen einige Wochen später (Rebhun et al. 1992). Aktive Chorioretinitis stellt sich als graue oder grau-weiße, runde, exsudative Läsionen im nicht-tapetalen Fundus dar, die bei erwachsenen Pferden und Fohlen mit akutem Infekt der oberen Atemwege auftreten (Rebhun et al. 1992, Rebhun et al. 1987, Rebhun et al. 1983, Riis et al. 1981, Roberts et al. 1971). Auch nach Infektion mit dem Equinen Herpesvirus 1 kann es zur akuten Chorioretinitis zusammen mit neurologischen Symptomen kommen (Barnett et al. 2004, Gelatt et al. 2001, Brooks et al. 1998, Slater et al. 1992). Slater et al. bestätigten im Jahre 2000 diese These durch eine experimentelle intranasale Infektion mit dem equinen Herpesvirus- 1. Es kam zu drei Typen (fokal, multifokal und diffus) von chorioretinalen Läsionen, wobei nur die diffuse Chorioretinitis die Sehfähigkeit beeinträchtigte. Inaktive Läsionen sind gekennzeichnet durch depigmentiertes, retinales Pigmentepithel, durch das man den skleralen Reflex durchscheinen sehen kann. Im Zentrum erscheinen sie stark hyperpigmentiert (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000). Die darüberliegenden

retinalen Gefäße sind selten verändert, können manchmal jedoch etwas vermindert erscheinen. Wenn sie sichtbar sind, erscheinen die choroidalen Gefäße normal (Barnett et al. 2004, Matthews et al. 1990). Histologisch zeigen diese Läsionen einen fokalen Verlust von Netzhautschichten mit einer zentralen Hypertrophie und Migration von Pigmentepithel (Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Rebhun et al. 1983, Roberts et al. 1971, Roberts et al. 1962). Es wird vermutet, dass kleine, wenige (< 20), inaktive Läsionen keinen offensichtlichen Einfluß auf die Sehfähigkeit haben. Größere Läsionen jedoch (mehr als ein Viertel der Sehnervenpapille), die zusätzlich auch noch im Bereich der Area centralis liegen, scheinen zu deutlicher Einschränkung der Sehfähigkeit zu führen (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Schmidt et al. 1999, Wintzer et al. 1997, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Matthews et al. 1990, Rebhun et al. 1983). Außer Atemwegsinfektionen kommt auch eine Septikämie, vor allem durch *Streptococcus equi*, für Chorioretinitis in Frage (Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Rebhun et al. 1987, Rebhun et al. 1983, Rubin et al. 1974, Roberts et al. 1971), ebenso wie Leptospirose, Toxoplasmose und Onchocercose (Brooks et al. 2002, Cutler et al. 2000, Severin et al. 1996, Ketring et al. 1992, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Bistner et al. 1984, Roberts et al. 1962). Jede systemische Infektion mit Organismen im Blutkreislauf, Immunkomplexbildung, Vaskulitis, Embolie und Abgabe von Entzündungsprodukten kann eine Entzündung der hinteren Segmente des Auges bewirken (Davidson et al. 1991). Durch massiven Blutverlust und Trauma können streifen-, kreis- oder wurmförmige Läsionen durch lokale Ischämie entstehen (Cutler et al. 2000, Schmidt et al. 1999, Brooks et al. 1998, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Rebhun et al. 1987, Rebhun et al. 1983, Saunders et al. 1975, Rubin et al. 1974). Man unterscheidet im Wesentlichen zwei Formen der inaktiven Chorioretinitis:

1. Bullethole Lesions (Schusslochläsionen)

Diese Läsionen sind fokale oder multifokale runde Narben des peripapillären und nicht-tapetalen Fundus. Sie haben eine depigmentierte Peripherie und ein hyperpigmentiertes Zentrum (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Gelatt et al. 2001, Brooks et al. 1998, Rebhun et al. 1992)

2. Butterfly Lesions (Schmetterlingsläsionen)

Bei diesen Läsionen handelt es sich um peripapilläre schmetterlingsflügelartige Narben, die sich ebenfalls als depigmentierte Zonen mit hyperpigmentierten Flecken darstellen. Diese Form der Chorioretinitis wird häufig mit

Equiner Rezidivierender Uveitis (ERU) in Verbindung gebracht. Allerdings muss das Auftreten dieser Fundusveränderung ohne andere Anzeichen, die auf eine Uveitis hinweisen (z.B. hintere Synechien, Katarakt, Hornhautvaskularisation, Glaskörperentzündung), nicht zwangsläufig eine vorsichtige Prognose und bestehende ERU bedeuten. Butterfly lesions sind also nicht als pathognomonisch für ERU anzusehen (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Rebhun et al. 1983, Roberts et al. 1962, Errington et al. 1941).

Bei einer besonderen Form der Chorioretinitis, die zu einem ernsten Verlust des Sehvermögens führt, handelt es sich um ein horizontales Band multifokaler Läsionen unterhalb der Sehnervenpapille im nicht-tapetalen Fundus, die vermutlich aus einem Infarkt oder einer Entzündung eines großen Gefäßes des Ziliarkörpers entsteht (Brooks et al. 1998, Ketring et al. 1992, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990, Rebhun et al. 1987, Rebhun et al. 1983).

Therapeutisch steht vor allem die systemische Gabe von nicht-steroidalen Antiphlogistika (NSAID`s) im Vordergrund (Brooks et al 2002, Severin et al. 1996, Bistner et al. 1984). Um Sekundärschäden in der akuten Phase an anderen Strukturen des Auges zu vermeiden ist eine lokale Therapie mit Atropin und entzündungshemmenden Medikamenten ratsam (Rebhun et al. 1992, Bistner et al. 1984). Bei systemischen Erkrankungen kommt zusätzlich die kausale Therapie (z.B. Antibiose) hinzu (Schmidt et al. 1999, Wintzer et al. 1997, Severin et al. 1996).

2.5.4.3 Degenerative Chorioretinopathien

Degenerative Retinopathien sind Phänomene, die sekundär nach einer Zahl primärer Krankheitsprozesse entstehen und beim Pferd relativ häufig auftritt. Die primäre Ätiologie ist häufig nicht erkennbar. Sofern die Retinopathie nicht generalisiert ist, zeigen die betroffenen Tiere in der Regel keine erkennbare Beeinträchtigung der Sehfähigkeit (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995).

2.5.4.3.1 *Netzhautatrophie*

Lokalisierte Netzhautatrophie ist ein relativ häufiger ophthalmoskopischer Zufallsbefund bei Pferden. Die Veränderungen treten besonders im tapetalen Fundus auf und zeichnen sich durch Hyperreflektion des Tapetums, Rückbildung der Gefäße und ektopische Pigmentproliferationen auf. Die ophthalmoskopischen Anomalien liegen

hauptsächlich innerhalb der neurosensorischen Retina, in manchen Augen kann jedoch auch das retinale Pigmentepithel mitbetroffen sein. Die atrophische Retina kann eine streifige Konfiguration einnehmen. Seltener wird eine generalisierte Netzhautatrophie beobachtet, wobei auch eine begleitende Netzhautablösung mit auftreten kann. Progressive Netzhautatrophie ist eine seltene bilaterale Retinopathie, die schleichend auftritt und in ernster visueller Dysfunktion resultiert. Ophthalmoskopisch erscheint sie als generalisierte und progressive Hyperreflektivität des Tapetums, wobei fokale Depigmentierung im nicht-tapetalen Fundus auch hinzukommen kann (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995). Die Pferde haben häufig Anzeichen eines progressiven Verlustes der Sehfähigkeit, besonders in der Nacht. Es scheint eine Prädisposition bei Vollblutpferden zu bestehen, allerdings ist eine Vererblichkeit noch umstritten (Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Riis et al. 1981).

2.5.4.3.2 Netzhautablösung (Ablatio retinae)

Als Netzhautablösung bezeichnet man die Ablösung der Netzhaut von der Aderhaut. Sie kommt am häufigsten beim Pferd im Verlauf der Equinen rezidivierenden Uveitis vor und ist entweder partiell oder total und ein- oder beidseitig (Silbersiepe et al. 1986, Rebhun et al. 1983, Rubin et al. 1974). Die betroffenen Pferde zeigen eine schleichende oder plötzlich einsetzende Blindheit und einen abwesenden direkten Pupillarreflex (Gelatt et al. 2001, Brooks et al. 1998, Mätz-Rensing et al. 1996, Rebhun et al. 1992, Rebhun et al. 1983, Kómár et al. 1968). Es zeigt sich, dass die Trennung sich in einem Raum zwischen neurosensorischer Retina und retinalem Pigmentepithel entwickelt. Die Netzhaut behält nur Kontakt zur Aderhaut an der Sehnervenpapille und an der Ora ciliaris retinae (Mätz-Rensing et al. 1996, Bistner et al. 1984). Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung findet man die abgelöste Netzhaut im Glaskörper als ein flottierendes, trichterförmiges, graues Segel oder eine gardinenartig bewegliche, graugelbe Masse, die die Sehnervenpapille überlagert. Das Tapetum lucidum erscheint hyperreflektiv (Brooks et al. 2002, Brooks et al. 1998, Wintzer et al. 1997, Mätz-Rensing et al. 1996, Silbersiepe et al. 1986, Kómár et al. 1968). Manchmal deuten sich auch als erste Anzeichen einer fokalen Netzhautablösung kleine Netzhautfalten an, die wie Sonnenstrahlen von der Sehnervenpapille ausgehen (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Rebhun et al. 1987). Vergleichend werden zwei Grundformen der Ablatio

unterschieden, nämlich die seltenere rhegmatogene Ablatio und die häufigere nichtrhegmatogene Ablatio. Bei ersterer wird die Netzhaut durch Flüssigkeit aus dem Glaskörperaum, die durch ein hufeisenförmiges oder rundes Loch in den subretinalen Raum eindringt, abgelöst. Netzhautlöcher entstehen durch Netzhautdegeneration, z.B. zystoide Degeneration, traumatische Insulte oder Traktionswirkung vitreo-retinaler organisierter Membranen. Degenerative Verflüssigung des Glaskörpers ist dabei ein prädestinierender Faktor. Bei der nicht-rhegmatogenen Ablatio werden zwei prinzipiell verschiedene Mechanismen der Ablösung unterschieden, nämlich die Ablatio durch Exsudat oder Transsudat und die Ablatio durch Traktion. Erstere entsteht durch subretinalen Austritt von Flüssigkeit aus der Uvea, z.B. bei Uveitis posterior, intraokularer Massenblutung oder Tumoren (bullöse Ablatio), letztere ist die Folge einer Zugwirkung vitreo-retinaler organisierter Membranen (Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000, Dahme et al. 1999, Bistner et al. 1984). Langsame Kontraktur und Zugwirkung der vitreo-retinalen Membranen löst die Ablösung manchmal erst Wochen oder Monate nach scheinbar erfolgreicher Behandlung der Uveitis aus (Rebhun et al. 1992, Rebhun et al. 1983). Weitere Ursachen, außer entzündlicher Genese, die eine Ablatio verursachen können, sind Traumata und perforierende Bulbusverletzungen, subretinale Blutungen, intraokulare Tumoren sowie idiopathische Netzhautablösung (Brooks et al. 2002, Brooks et al. 1998, Wintzer et al. 1997, Mätz-Rensing et al. 1996, Rebhun et al. 1983). Progressive Atrophie und Degeneration auf Grund der unterbrochenen Blutzufuhr der neurosensorischen Retina, beginnend mit den äußeren Segmenten der Photorezeptoren, eine Hypertrophie des Pigmentepithels und eine Transformation der apikalen Mikrovilli, sowie eine Hypertrophie der Müllerschen Zellen sind histopathologische Befunde in einer chronisch abgelösten Netzhaut des Pferdes (Brooks et al. 1998, Mätz-Rensing et al. 1996). Eine Therapie kann mittels antiinflammatorischer Medikamente, sowie Diuretika versucht werden. Ein Erfolg ist jedoch meist nicht zu beobachten (Severin et al. 1996, Rebhun et al. 1983). Laserchirurgie zur Wiederbefestigung der Retina ist ausführlich für den Hund beschrieben, für Pferde bestehen jedoch noch kaum Erfahrungen (Lassaline et al. 2003, Brooks et al. 2002, Gelatt et al. 2001). Gerhards berichtete 2004, dass es auf Grund der vielen verschiedenen Farben und Pigmente im equinen Fundus, die in unterschiedlicher Weise die Energie des Laserlichts absorbieren, bisher nicht möglich war eine geeignete Stärke des Laserstrahls einzustellen (Gerhards 2004).

2.5.4.3.3 Pigmentretinopathien

In betroffenen Augen treten die Veränderungen hauptsächlich im retinalen Pigmentepithel auf. Falls eine Atrophie der angrenzenden neurosensorischen Retina besteht, wird diese durch eine Veränderung des Tapetumreflexes und einer lokalen oder mehr generalisierten Rückbildung der Gefäße angezeigt. Eine Erkrankung des retinalen Pigmentepithels muss die angrenzende Schicht der Photorezeptoren ernsthaft beeinträchtigen und ein lokaler Visusverlust ist unvermeidbar. Die ophthalmoskopischen Veränderungen sind hauptsächlich peripapillär am Übergang vom tapetalen zum nicht-tapetalen Fundus sichtbar. Mehr in der Peripherie gelegene Unterbrechungen des Pigmentepithels können durch choroidales Pigment maskiert sein. Ektopische Pigmentproliferationen im tapetalen Fundus sollten unter allen Umständen als pathologisch angesehen werden. Lokalisierte, unregelmäßig begrenzte Depigmentierungsflecken, die etwas medial oder lateral der Papille liegen, sind relativ häufig nicht progressiv und scheinen keine funktionellen Probleme zu bereiten. Im peripapillären Fundus liegende Unterbrechungen des Pigmentepithels ohne gleichzeitige Unterbrechung der neurosensorischen Retina sind ein gutartiger Befund, der keinen merklichen Visusverlust hervorruft (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995). Bei Pferden, die am neurodegenerativen "Equine Motor Neuron Disease" (EMND) erkrankt sind, wurde eine besondere Pigmentretinopathie beobachtet. Sie ist gekennzeichnet durch ein gelbbraunes bis schwarzes netz- oder mosaikförmiges Muster von Pigmentverlust und -hypertrophie. Die Ausdehnung reicht von lokal begrenzt an der Grenze vom tapetalen zum nicht-tapetalen bis hin zum gesamten Fundus. Ektopische Pigmentproliferation im tapetalen Fundus und eine Hyperreflektivität des Tapetums können manchmal auftreten. Die Veränderungen sind bilateral und fast symmetrisch. Viele der betroffenen Tiere zeigen im ERG eine Abweichung in der b-Welle, obwohl keine offensichtliche Störung der Sehfähigkeit vorlag. Im Pigmentepithel ist das Pigment Ceroid-Lipofuszin eingelagert. Auf Grund einem stark erniedrigten Plasmalevels für Vitamin E ($< 1,0 \mu\text{g}$) wird vermutet, dass die Ursache für diese Erkrankung in einer oxidativen Schädigung und einer Mangelversorgung mit Antioxidantien liegt. Eine Supplementierung mit Vitamin E kann die neuromuskulären Symptome stabilisieren, aber ein positiver Einfluß auf die Netzhautveränderungen ist nicht gesichert (Barnett et al. 2004, Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000, Riis et al. 1999, Brooks et al. 1998). Diese ophthalmoskopischen

Veränderungen können möglicherweise als pathognomonisch im Hinblick auf die Diagnose von EMND angesehen werden (Riis et al. 1999).

2.5.4.3.4 Senile Retinopathie

Dies ist ein häufiger, beidseits auftretender Befund bei älteren (>15 Jahre) Tieren und repräsentiert vermutlich eine besondere altersgebundene Form der Pigmentretinopathie. Die ophthalmoskopischen Veränderungen sind auf die Retina begrenzt. Die Sehfähigkeit muss hochgradig beeinträchtigt sein, obwohl dies selten von den Besitzern berichtet wird. Betroffene Fundi zeigen einen intensiven Pigmentverlust mit einer charakteristischen, unregelmäßigen, linearen Pigmenthypertrophie. Der tapetale Fundus scheint nicht betroffen zu sein und die Gefäßversorgung der Retina muß nicht zwangsläufig rückgebildet sein (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995, Matthews et al. 1990, Barnett et al. 1971). Zu den histologischen Befunden gehört eine Unterbrechung der Schicht der Photorezeptoren und eine zystoide Degeneration der inneren Retina, vor allem im Bereich der Ora serrata (Barnett et al. 2004, Ehrendorfer et al. 2002, Cutler et al. 2000, Dahme et al. 1999, Barnett et al. 1995, Matthews et al. 1990, Barnett et al. 1971).

2.5.4.3.5 Ischämische Retinopathie

Hierbei handelt es sich um eine hochgradige, ausgedehnte und progressive Retinopathie in Verbindung mit einer Erkrankung des Sehnervs, bei der es zu einer Wallerschen Degeneration der retinalen Ganglienzellaxone und zu einer Trennung der neurosensorischen Retina vom retinalen Pigmentepithel kommt. Es wird angenommen, dass diese Erkrankung auf einen Infarkt oder eine Verletzung der Gefäßversorgung der Netzhaut und des Sehnervs folgt. Sie kann ein- oder beidseitig auftreten und tritt immer als akute, plötzliche Blindheit in Erscheinung. Als Ursachen kommen Trauma (Überschlagen), schwere systemische Blutung (z.B. Kastrationskomplikationen, Operationen und Verletzungen), septische Embolie, Neuritis des N. opticus und chirurgische Ligatur der A. carotis communis bei einer Luftsackmykose in Frage. Betroffene Fundi zeigen extensive und progressive Depigmentierung und fokale Pigmenthypertrophie im nicht-tapetalen Fundus, zusammen mit Netzhautatrophie und Verminderung der Gefäßversorgung. Eine Atrophie des Sehnervs liegt meist ebenfalls begleitend vor. Ophthalmoskopische Veränderungen können sich über einen Zeitraum von 1-2 Jahren entwickeln und in

den Anfängen können betroffenen Augen, obwohl sie blind sind, ophthalmoskopisch völlig normal erscheinen. Eine Behandlung direkt nach dem auslösenden Moment kann eine größere Ausdehnung vermeiden, aber generell gilt eine vorsichtige Prognose (Barnett et al. 2004, Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995).

2.5.4.3.6 Toxische Retinopathien

Diese werden, außer durch Chemikalien und falsch dosierte bzw. applizierte Arzneimittel, vor allem durch Weidepflanzen verursacht. In Nordamerika ist ein Visusverlust, neben Verhaltens- und Lokomotionsstörungen, Charakteristikum einer Vergiftung mit den als "Locoweed" bekannten Pflanzen Tragant (*Astragalus* spp.) und Spitzkiel (*Oxytropis* spp.). In Australien verursachen Schmetterlingsblütler (*Swainsona* spp.) und Blindgras (*Stypandra* spp.) eine vergleichbare Symptomatik. *Astragalus* spp. und *Swainsona* spp. enthalten einen potenten Inhibitor lysosomaler Mannosidase (Indolizidin-Alkaloid), so dass der Verlust des Visus über eine neuroviszerale, lysosomale Mannosidose-analoge Speicherkrankheit erfolgt. Bei einer Vergiftung durch *Stypandra* spp. besteht eine diffuse Atrophie der Photorezeptoren, reaktive Hyperplasie des retinalen Pigmentepithels und axonale Degeneration des Fasciculus opticus (Dahme et al. 1999). Unter den Vergiftungen spielt vor allem auch die chronische Bleivergiftung (Saturnismus) eine große Rolle, indem sie infolge fettiger Degeneration und Bindegewebswucherung in der Retina zur typischen "Schönblindheit" (*Amaurosis saturnia*) führt. Ähnliches beobachtet man nach der Aufnahme von Wicken, Nikotin, Chinin, Salizylsäure und Kohlenoxyd (Silbersiepe et al. 1986, Bayer 1906).

2.5.4.4 Chorioretinale Neoplasien

Neoplasien der Retina sind bei Pferden selten. Wenn sie beobachtet werden sind es meistens Tumoren die von den Gliazellen ausgehen. Ophthalmoskopisch erscheinen sie als einzelne, dichte, pinkfarbene oder weiße, vorstehende Veränderungen, die an den Papillenrand angrenzen oder sich im nicht-tapetalen Fundus befinden (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995). So wurde von einem Astrozytom, ausgehend von astrozytischen Gliazellen bei einer 15-jährigen Quarterhorsestute berichtet (Riis et al. 1981, Gelatt et al. 1971). Es ist nicht erwiesen, dass diese Veränderungen progressiv sind. Es sollte jedoch eine vorsichtige Prognose gestellt werden (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995). Medulloepitheliome sind stark durchblutete Tumoren in der Nähe

der Sehnervenpapille, die bei jungen Pferden auftreten. Sie können Probleme auf Grund ihres Wachstums und ihrer Ausdehnung bereiten und es sollte daher eine vorsichtige Prognose gestellt werden (Cutler et al. 2000). Melanome der Choroidea sind selten und erscheinen als eine umschriebene, nicht flottierende Netzhautabhebung mit bräunlich pigmentiertem Untergrund (Gerhards et al. 1988). Es kann zu einem orbitawärtigen Tumordurchbruch kommen und nach Ausbreitung in der Orbita kann es durch generalisierte Metastasierung zum Tod des Tieres kommen (Gerhards et al. 1988, Saunders et al. 1975, Kómár et al. 1968). Außerdem können choroidale Metastasen eines malignen Lymphoms auftreten (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995).

2.5.5 Erkrankungen des Sehnerv

2.5.5.1 Sehnervatrophie

Eine Atrophie des Sehnervs ist häufig Endzustand nach verschiedenen Erkrankungen. Zum einen nach entzündlichen Ursachen, wie einer Neuritis des N. opticus oder im Verlaufe einer ERU, zum anderen durch nichtinflammatorische Ursachen, wie Trauma, Blutverlust, Infarkt, externe Kompression, Glaukom, chemische Intoxikation und Neoplasien (Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Wintzer et al. 1997, Riis et al. 1981). Auch durch eine Sinusitis der Keilbeinhöhle als raumfordernder Prozess kann durch den entstehenden Druck ein Atrophie des Sehnervs entstehen (Barnett et al. 2004, Wintzer et al. 1997, Severin et al. 1996, Barnett et al. 1995). Eine Sehnervatrophie ist normalerweise auch immer begleitet von einer Atrophie oder Degeneration der Netzhaut (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000). Es können ein oder beide Augen betroffen sein und die erkrankten Pferde fallen auf durch eingeschränkte Sehfähigkeit bzw. Blindheit und starrer Pupille bei Lichteinfall. Bei der ophthalmoskopischen Untersuchung erscheint die Sehnervenpapille blass und die Vaskularisation bildet sich zurück. Außerdem erscheint die Oberfläche der Sehnervenpapille granuliert, da die Lamina cribrosa deutlich hervortritt (Barnett et al. 2004, Gelatt et al. 2001, Schmidt et al. 1999, Wintzer et al. 1997, Barnett et al. 1995, Riis et al. 1981, Bayer 1906). Bei einer initialen Untersuchung kann der ophthalmoskopische Befund noch völlig unauffällig erscheinen aber bei einer Nachuntersuchung nach 5-6 Monaten wird die Atrophie dann offensichtlich (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Lavach et al. 1990).

2.5.5.2 Neuritis nervi optici (Papillitis)

Sie kann für sich allein auftreten, doch fast immer ist sie Begleitkrankheit der equinen rezidivierenden Uveitis, des weiteren bei Septikämie, Infektionen des Respirationsapparates (EHV-1 und 4, Streptococcus equi, Rhodococcus equi), Borna-Erkrankung, Borreliose und verschiedenen Enzephalomyelitiden, hervorgerufen durch Bakterien, Viren und Protozoen (Barnett et al. 2004, Schmidt et al. 1999, Rebhun et al. 1992, Barnett et al. 1995). Es wurde auch berichtet, dass fehlgewanderte Strongylus vulgaris Larven eine vorwiegend durch eosinophile Zellen geprägte Entzündung des Sehnervs mit anschließender Wallerscher Degeneration hervorrufen können (Slatter et al. 1983). Ophthalmoskopisch sichtbar sind Exsudationen, die die Gefäße des Papillengefäßkranzes weiß oder grau ummantelt erscheinen lassen und um die Papille herum zur Durchtränkung des retinalen Gewebes mit weißlichem Erscheinungsbild führen. Immer ist ein solcher Zustand durch Blindheit gekennzeichnet, wodurch sich die Sehnerventzündung von der primär peripapillären Chorioiditis unterscheiden lässt (Schmidt et al. 1999, Severin et al. 1996, Rebhun et al. 1992). Von einer Papillitis spricht man, wenn die Entzündung auf die Sehnervenaustrittsstelle begrenzt ist. Die Papille ist dann hyperämisch, unscharf begrenzt, verwaschen und leicht prominent. Sie kann sich auch wallartig in den Glaskörper vorwölben. Oft ist sie mit feinen Blutungen besetzt und die Netzhautgefäße sind stärker gefüllt. Exsudat manifestiert sich als kegel-, pilz- oder kolbenförmige Fortsätze (Barnett et al. 2004, Wintzer et al. 1997, Severin et al. 1996, Barnett et al. 1995). Die Neuritis kann ein- oder beidseitig auftreten und ist allein nicht schmerzhaft. Nur in Zusammenhang mit einer Uveitis können Schmerzsymptome beobachtet werden (Schmidt et al. 1999, Lavach et al. 1990). Häufig kommt es zu einer Sehnervatrophie als Folge der Entzündung (Barnett et al. 2004, Wintzer et al. 1997, Barnett et al. 1995, Lavach et al. 1990). Die Therapie gestaltet sich symptomatisch und ist auf das Eindämmen der Exsudationen durch systemische und lokale Kortikosteroidgaben bis zum Rückgang der Entzündung fortzusetzen. Der Prozess neigt zur Rezidivierung und hat im Hinblick auf die Sehfähigkeit eine schlechte Prognose (Barnett et al. 2004, Schmidt et al. 1999, Wintzer et al. 1997, Severin et al. 1996, Barnett et al. 1995, Lavach et al. 1990).

2.5.5.3 Ischämische Neuropathie des Sehnervs

Plötzliche Hypoxämie der Sehnervenpapille und der Netzhaut durch schwere Hypovolämie, z.B. nach Kastrationszwischenfällen (Platt et al. 1983), thromboembolische Erkrankungen oder chirurgische Ligatur der A. carotis communis bei Luftsackmykose können akute Blindheit bewirken (Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998). Zunächst kann die Sehnervenpapille noch normal erscheinen oder ödematös, mit Blutungen und blass. Aber nach 2-4 Wochen wird eine Atrophie des Sehnervs (siehe oben) offensichtlich. Andere Regionen des Fundus können Zonen chorioretinaler Degeneration aufweisen, die sich in Verlust und Steigerung der Pigmentierung und einer Hyperreflexivität des Tapetums äußert (Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000) Aggressive, symptomatische Therapie kann unter Umständen helfen, aber die Prognose ist vorsichtig. Eine histopathologische Untersuchung zeigt eine Wallersche Degeneration innerhalb weniger Wochen (Cutler et al. 2000).

2.5.5.4 Traumatische Neuropathie des Sehnervs

Ein stumpfes Trauma, wie z.B. Rückwärtstüberschlagen mit Traumatisierung der Hinterhauptschuppe, kann eine plötzliche Blindheit auslösen. Die Ursache liegt in einem erhöhten mechanischen Druck auf den Sehnerv durch Fraktur des Os basisphenoidale und Kompression des Nervs in seinem Verlauf im knöchernen Optikuskanal durch Blutungen und Ödem. Die Sehnervenpapille fällt zunächst durch ein Papillenödem, Blutungen und den Austritt von axoplasmatischem Material in den Glaskörper. Es kann durchaus passieren, dass initial keinerlei Veränderungen des Fundus auftreten, wenn die Verletzung des Nervs in seinem retroorbitalen Verlauf auftritt. Nach 1-4 Wochen wird die Lamina cribrosa zunehmend prominent, die Papille verblasst und eine Sehnervatrophie stellt sich ein (Barnett et al. 2004, Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Schmidt et al. 1999, Jones et al. 1997, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Matthew et al. 1990). Eine unverzügliche und aggressive Therapie mit NSAID's oder Kortikosteroiden (in vertretbarer Dosierung wegen der Gefahr einer Laminitis oder Enteritis), sowie die intravenöse Verabreichung von Dimethylsulfoxid in einer Dosierung von 1 mg/kg Körpergewicht, verdünnt mit einem gleichen Volumenanteil von 5%-Dextrose-Lösung, kann dabei helfen, die Sehfähigkeit zu erhalten. Eine traumatische Neuropathie hat jedoch stets eine schlechte Prognose. Eine Rückbildung des Gliagewebes und der retinalen Gefäßversorgung zeigen eine infauste Prognose an (Barnett et al.

2004, Lassaline et al. 2003, Schmidt et al. 1999, Jones et al. 1997, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Rebhun et al. 1987).

2.5.5.5 Gutartige exsudative Neuropathie

Hierbei handelt es sich um ein durchscheinendes, grau-weißliches Material, das über der Sehnervenpapille im sonst völlig normalen Fundus liegt. Sind keine anderen Veränderungen des Augenhintergrundes vorhanden, werden diese Exsudate als gutartig und nicht progressiv angesehen (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995). Es ist wichtig, diese Veränderungen von einer exsudativen Neuritis nervi optici, einer traumatischen Neuropathie des Sehnerven und Tumoren der Sehnervenpapille zu unterscheiden, die immer auch von anderen Veränderungen begleitet sind (Cutler et al. 2000).

2.5.5.6 Exsudative Neuritis nervi optici

Die exsudative Neuritis des Sehnervs ist eine seltene Erkrankung, die bei älteren (>15 Jahre) Pferden in Erscheinung tritt. Die betroffenen Pferde werden plötzlich blind und es sind meistens beide Augen betroffen. Ophthalmoskopisch erkennt man viele, runde, grau-weiße Knötchen, die vom Sehnerv in den Glaskörper reichen. Es treten auch Blutungen der Sehnervenpapille und der umliegenden Netzhaut auf (Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Davidson et al. 1991, Rebhun et al. 1983, Riis et al. 1981, Rubin et al. 1974). Histologisch besteht das Exsudat aus proliferierenden Astrozyten und lipidhaltigen phagozytierenden Zellen (Cutler et al. 2000, Davidson et al. 1991). Es könnte eine ausgeprägtere Form der traumatischen Neuritis sein und eine mechanische Ursache haben (Cutler et al. 2000, Lavach et al. 1990). Aber die Ursache wurde noch nicht eindeutig identifiziert und es ist möglich, dass es sich um eine Antwort auf mehrere systemische Allgemeininfektionen handelt, wie Streptococcus equi, Actinobacillus equuli, Septikämie, Parasitenwanderung, Endokarditis, EHV 1 und 4 und eventuell auch ERU (Cutler et al. 2000).

2.5.5.7 Proliferative Neuropathie des Sehnervs

Auch hierbei handelt es sich um eine Erkrankung, die vornehmlich ältere Pferde betrifft. Normalerweise tritt sie einseitig auf und hat keinen erkennbaren Einfluß auf die Sehfähigkeit. Es handelt sich um eine gelbliche bis rosa Masse, die als einzelnes Knötchen (selten multiple) von der Sehnervenpapille in den Glaskörperaum ragt (Barnett et al. 2004, Gelatt et al. 2001, Brooks et al. 1998, Barnett et al. 1995,

Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990, Riis et al. 1990, Bistner et al. 1984, Platt et al. 1983, Rebhun et al. 1983, Riis et al. 1981, Saunders et al. 1972). Histologisch handelt es sich um plumpe, ovoide, dünnwandige Gliazellen, die ein eosinophiles Plasma besitzen, vermutlich durch Lipide verursacht (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Riis et al. 1981, Saunders et al. 1972). Das Bild ähnelt der Xantomathose, einer Lipidspeicherkrankheit des Menschen (Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Lavach et al. 1990, Riis et al. 1981, Saunders et al. 1975, Saunders et al. 1972). In einem Fall wurde jedoch auch beschrieben, dass die Neuropathie durch einen Tumor aus Granulozyten und Schwannschen Zellen entstand (Barnett et al. 2004, Barnett et al. 1995, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Riis et al. 1990). Als Differentialdiagnose kommen vor allem Astrozytome, Gliome oder Schwannome in Betracht (Gelatt et al. 2001, Riis et al. 1981, Gelatt et al. 1971).

2.5.5.8 Neoplasien des Sehnervs

Ein Astrozytom der Papille ist ein seltener Befund und kann mit einer fokalen Neuropathie des Sehnervs verwechselt werden. Der Tumor ist ein nicht progressiver, kleiner, umschriebener, pendelnder Knoten, der von der Sehnervperipherie in den Glaskörperaum ragt und keine klinische Bedeutung hat (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995, Riis et al. 1981, Gelatt et al. 1971).

Es ist über Medulloepitheliome und Neuroepitheliome der Papille berichtet worden. Diese verursachen nur selten eine Erblindung. Medulloepitheliome entstehen aus dem embryonalen Epithel der Medulla und werden typischerweise bei jungen Pferden als eine pinkfarbene, vaskularisierte Masse im peripapillären Fundus gefunden. Beide Tumoren können den intraorbitalen Teil des Sehnervs befallen und einen Exophthalmus verursachen. Bei jeder generalisierten neoplastischen Veränderung der Papille, die eine Erblindung des betroffenen Auges verursacht, sollte eine Exenteratio orbitae durchgeführt werden. Die Prognose ist vorsichtig (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Barnett et al. 1995).

2.6 Grundlagen der Fundusphotographie

2.6.1 *Geschichte der Fundusphotographie*

Photographie und Dokumentation von Erkrankungen des Augenhintergrundes sind aus vielerlei Hinsicht in der Human- wie auch in der Tiermedizin eine große Hilfe. Zum einen wird die Fundusphotographie genutzt, um den Verlauf einer Veränderung bzw. Erkrankungen des Augenhintergrundes zu verfolgen. Eine Fotoserie eines Patienten kann akkurat Progression, Regression und Antwort auf medikamentöse oder chirurgische Therapie demonstrieren. Photographien klinischer Fälle können zu anderen Kollegen geschickt werden, wenn der Fall durch mehrere Tierärzte in verschiedenen Kliniken bearbeitet wird, oder um sich über interessante Patienten auszutauschen oder einen Rat einzuholen. Hinzu kommt, dass die Bilder für Fallberichte und Veröffentlichungen eingesetzt werden können (Gelatt et al. 1991). Auch im Bereich der Ausbildung leistet die Fundusphotographie gute Dienste, denn sowohl der Tiermedizinstudent, als auch der tiermedizinische Chirurg können sich zunächst mit den Variationen des normalen und abnormalen Fundus der Haustiere bekannt machen, indem sie erst die farbigen Bilder studieren (Barnett et al. 1967). Schon Jos Bayer erkannte die Bedeutung der Darstellung sowohl des gesunden als auch des erkrankten Augenhintergrundes und veröffentlichte im Jahre 1906 in seinem Buch über Augenheilkunde Zeichnungen von immenser Detailtreue und Präzision.

2.6.1.1 Geschichte der Fundusphotographie beim Menschen

Den ersten Blick auf den menschlichen Augenhintergrund gestattete uns Hermann Helmholtz 1851 durch seine Erfindung des ersten Augenspiegels (Gutner et al. 1983, Barnett et al. 1967, Luginbühl et al. 1958). Er projizierte einen Lichtstrahl in das Augeninnere des Patienten und beobachtete die Reflexion der Netzhaut mit dem eigenen Auge. Elf Jahre später leistete Noyes Pioniersarbeit in der Fundusphotographie (Barnett et al. 1967). Er lichtete 1862 die ersten Aufnahmen des Augenhintergrundes beim Kaninchen ab und im gleichen Jahr gelang es Rosenbrugh, die ersten Aufnahmen bei einer Katze zu machen. Howe gelangen im Jahre 1886 die ersten Bilder der menschlichen Netzhaut und er benötigte dafür eine Belichtungszeit von zehn Minuten (VanCader et al. 1973). Im gleichen Jahr veröffentlichten Jackman und Webster Photographien eines menschlichen Augenhintergrundes in vivo. Natürlich wären diese Bilder nach dem heutigen

Standard inakzeptabel (Gutner et al. 1983). Das lag vor allem daran, dass ein großer Anteil des Fundus durch den Reflex der Lampe verdeckt war (VanCader et al. 1973). Moderne Methoden nahmen ihren Ursprung in den Arbeiten von Friedrich Dimmer aus Wien, der 1899 auf dem 9. International Congress of Ophthalmology erstmalig zufriedenstellende Aufnahmen des menschlichen Fundus präsentierte. Seine Ausrüstung war nach den heutigen Maßstäben extrem groß und umständlich in der Handhabung (Gelatt et al. 1981). Er arbeitete bis 1906 zusammen mit Kohler und von Rohr der Firma Zeiss an einem Instrument, das Aberrationen und Reflexe durch geometrische Anordnung verschiedener Linsen eliminieren sollte (Barnett et al. 1967). J.W. Nordenson aus Uppsala präsentierte 1922 auf dem International Congress of Ophthalmology eine kompakte Tischkamera, die auf den Forschungen von Alvar Gullstrand basierte. Ab 1926 wurde diese Kamera in den Zeisswerken in Jena produziert und vermarktet (Gutner et al. 1983, Gelatt et al. 1981, Barnett et al. 1967). Gullstrand erhielt bereits im Jahre 1911 einen Nobelpreis für seine Arbeit, die sich mit dem dioptrischen System des Auges befasste. Die Nordenson-Gullstrandkamera verwendete eine Carbon-Lichtquelle, die 1930 von Hartings mit einer Hochleistungslampe ersetzt wurde (VanCader et al. 1973). Im Jahr 1950 bauten Bausch und Lomb eine Kamera und 1955 wurde die erste Karl Zeiss Funduskamera produziert (Gelatt et al. 1981).

Seit der Nordensonkamera gab es viele andere Instrumente und Fortschritte. Die wahrscheinlich bedeutendsten waren jedoch zum einem die, der Farbphotographie und der des elektronischen Blitzes. Es waren wahrscheinlich Bedell und von der Heydt, die als erstes einen Farbfilm nutzten und gute Bilder der menschlichen Netzhaut erhielten (Barnett et al. 1967). Dr. Kenneth Ogle verwendete 1953 als erster einen elektronischen Blitz, eingebaut in eine Funduskamera (VanCader et al. 1973). Neue Techniken in der Fundusphotographie waren immer begleitet von neuen bahnbrechenden Erfolgen in der Entwicklung von besseren Filmen und neuen chemischen Zusammensetzungen bei den Emulsionen. Neue Filter und Lichtquellen brachten eine enorme Verbesserung in der Detailtreue. Eine der neueren Innovationen ist auch die Nutzung der Möglichkeit von Videoaufnahmen (VanCader et al. 1973).

2.6.1.2 Geschichte der Fundusphotographie in der Tiermedizin

Über Fundusphotographie bei Tieren wurde als erstes 1930 von Leonardi berichtet, der hierfür ein Gullstrand-Ophthalmoskop und –kamera einsetzte (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967, Donovan et al. 1964, Leonardi et al. 1930). Bis dahin war die Darstellung und Dokumentation von Befunden am tierischen Augenhintergrund lediglich durch Zeichnungen möglich, die sehr subjektiv und zeitaufwendig waren, sowie sehr viel Geschick erforderten (Luginbühl et al. 1958, Catcott et al. 1952). Im Jahre 1937 verwendete Huber eine Nordensonkamera, um Schwarz-Weiß-Bilder des caninen Fundus aufzuzeichnen, die von gleicher Qualität waren, wie die des menschlichen Fundus (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967, Donovan et al. 1964, Huber et al. 1937). Er fixierte den Kopf und arbeitete am atropinisierten Auge (Luginbühl et al. 1958, Huber et al. 1937). Cottier zeigte 1943 Augenhintergrundaufnahmen vom Rind. Mit seinem Refraktometer und einer Leica, einem Photoapparat mit hoher Lichtstärke, machte er Bilder von einem reellen Bild, das auf dem Refraktometer als zwischengeschaltete Mattscheibe entworfen wurde (Luginbühl et al. 1958, Saurer et al. 1947). Kleine Schwarz-Weiß-Bilder der Netzhaut von Kuh, Ziege und Hund wurden 1947 von Saurer veröffentlicht. Diese Aufnahmen wurden mit einer einfachen Plattenkamera nach Lienhof mit der Lichtquelle, einer Taschenleuchtlupe von Zeiss, direkt vor dem Objektiv aufgezeichnet (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967, Saurer et al. 1947). Da man die Mattscheibe mit der Photoplatte auswechseln mußte und somit der Augenhintergrund im Moment des Auslösens nicht einsehbar war, wurde viel Filmmaterial verschossen und man benötigte eine lange Belichtungszeit, so dass Farbaufnahmen mit geringer Empfindlichkeit hier nicht möglich waren (Luginbühl et al. 1958). Saurer versuchte außerdem Bilder vom Pferd, Schaf, Schwein und Katze zu erhalten und machte die Feststellung, dass eine Weitstellung der Pupille nötig war (Barnett et al. 1967, Saurer et al. 1947). Eine weitere Feststellung von Saurer war, dass sich Aufnahmen beim Pferd wegen seines lebhaften Augenspiels schlecht durchführen ließen, mit einer kürzeren Belichtungszeit jedoch möglich sein sollten. Hinzu kam, dass das Pferd sofort das Auge schließt, sobald man die Wimpern berührt und dass man daher mit dem großrahmigen Geräten schlecht in adäquate Nähe des Auges gelangen konnte (Saurer et al. 1947). Catcott verwendete 1952 eine modifizierte Zeiss-Nordensonkamera, mit der er exzellente Farbaufnahmen des caninen Fundus herstellte. Er zeigte Variationen des normalen Fundus, zusammen mit Fällen von Netzhautdegeneration nach Quinin-Sulfat Intoxi-

kation. Alle Hunde wurden in Vollnarkose verbracht und bei weit gestellter Pupille durch Homotropin photographiert (Barnett et al. 1967, Catcott et al. 1952). Als zusätzliche Verbesserung der Lagerung wurden die Hunde auf einem speziell angefertigten Tisch ausgestreckt und das Auge mit einer Mosquitoklemme mechanisch an der bulbären Konjunktiva fixiert (Donovan et al. 1964, Catcott et al. 1952). Farbaufnahmen von Katze und Hund wurden 1958 von Luginbühl mit einer einfachen Spiegelreflexkamera und eine Niedervolthochleistungslampe angefertigt. Er befand, dass auf Grund der starken Abwehrbewegung bei direktem Lichteinfall eine tiefe Vollnarkose von Nöten war. Auch bei Aufnahmen am Pferdeauge war es einfacher diese in Vollnarkose durchzuführen, da man durch Berührung der Wimpern den Cornea-Schutzreflex und ein Blinzeln und Schließen des Auges provozierte. Allerdings hatte die Narkose durch Vorfall des dritten Augenlids und Ventralrotation des Auges auch Nachteile. Auch Luginbühl arbeitete am atropinisierten Auge (Barnett et al. 1967, Luginbühl et al. 1958). Barnett veröffentlichte 1963 Farbaufnahmen von gesunden und erkrankten Augen von Hunden, die bei vollem Bewusstsein aufgenommen wurden. Er verwendete hierfür verschieden Kameramodelle der Firmen Zeiss, OPL und Krahn (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1968, Barnett et al. 1967). Im gleichen Jahr bediente sich Byrom einer sehr einfachen Technik, um die retinalen Gefäße von Ratten zu photographieren. Er positionierte ein Deckgläschen auf einem Tropfen Mydriatikum im Konjunktivalsack einer leicht anästhesierten Ratte. Die retinalen Gefäße wurden sichtbar und konnten schwarz-weiß oder in Farbe photographiert werden (Byrom et al. 1963). Donovan und Wyman berichteten 1964 von ihrer Arbeit bei Katzen und Hunden mit der tragbaren Noyori Funduskamera. Sie arbeiteten mit Tieren, die entweder in Vollnarkose oder aber in tiefe Sedierung verbracht wurden. Die Tiere wurden auf einem speziell angefertigten Tisch mit einer extra Kopfstütze gelagert. Um eine ausreichende Pupillenweite von mindesten 7 mm zu erlangen, wurde Tropicamid eingesetzt, sowie Lokalanästhesie mit Proparacainhydrochlorid. Auch Donovan und Wyman beschrieben die nachteilige Wirkung einer Vollnarkose wie Miosis, Ptosis und Vorfall des dritten Augenlids (Barnett et al. 1967, Donovan et al. 1964). In den Jahren 1967 und 1968 veröffentlichten Barnett und Keeler erneut neue Erkenntnisse. Sie berichteten von ihren Ergebnissen mit den Kameras der Firmen Zeiss, OPL, Krahn, Noyori und Kowa. Sie kamen zu dem Schluss, dass die handgehaltene Funduskamera der Firma Kowa am besten zur Fundusphotographie bei Tieren

geeignet war, da sie für alle Spezies gleich gut einsetzbar, transportierbar, sehr robust und einfach in der Handhabung war (Barnett et al. 1968, Barnett et al. 1967). Auch Gelatt verwendete 1969 die Kowa-RC2 Kamera und berichtete über ihre Handhabung und die speziellen Probleme, die bei den verschiedenen Haussäugetieren bei ihrer Nutzung zu überbrücken sind (Gelatt et al. 1969). Im Jahre 1990 wurde in einer Reihe von drei Veröffentlichungen über den equinen Fundus von Crispin und Matthews ebenfalls die Kowa RC2 Kamera zur Dokumentation ihrer Ergebnisse eingesetzt (Crispin et al. 1990, Matthews et al. 1990). DiLoreto beschrieb 1992 eine neue Methode der Fundusphotographie bei kleinen Versuchstieren. Er hielt eine Linse in einem selbst gefertigten Metalltubus vor die Linse einer Topcon TRC Soft Funduskamera. Diese Prozedur verbesserte die Abgrenzbarkeit der einzelnen Strukturen voneinander und vergrößerte das bisher eher kleine Beobachtungsfeld (DiLoreto et al. 1992). Ende der neunziger Jahre brachte die Firma Kowa ihr neuestes Model auf den Markt, die Kowa Genesis. Gelatt berichtete 1998, dass sie gegenüber den alten Modellen weniger klobig war, und ihre Focuseinrichtung, sowie das transportieren des Filmes nun motorisiert waren. Außerdem seien erste Ergebnisse aus dem Versuchstierbereich mit der ersten Video-Funduskamera, dem Animal Eye-Scope[®] aus Japan, bekannt geworden. Durch die dynamische Aufzeichnung von Bildern versprach er sich einen großen Fortschritt, vor allem im Bereich der Fluoreszenzangiographie (Strubbe et al. 1998).

2.6.2 Kamerasysteme und Filme

2.6.2.1 Kamerasysteme

Nach den zwar kreativen, aber doch sehr behelfsmäßigen Apparaturen, die in den Anfängen der Fundusphotographie beim Tier verwendet wurden, hat sich die Technik, wie oben bereits beschrieben in den letzten Jahrzehnten erheblich weiterentwickelt. Auch heute noch sind die einzelnen Firmen immer noch sehr bestrebt weitere Verbesserungen zu erreichen, vor allem wenn es darum geht den Bildwinkel zu vergrößern. Dadurch müssten weniger Aufnahmen für Mosaik-Fundusbilder gemacht werden (Aan de Kerk et al. 1984). Der wohl größte Fortschritt in dieser Richtung ist die Mira Equator-Plus Kamera, die in der Humanmedizin eingesetzt wird und die einen Bildwinkel von 148° abbildet. Dadurch ist eine umfassende Darstellung großflächiger Netzhautveränderungen für Lehre, Dokumentation und Verlaufs-

kontrolle möglich. Bei dieser Kamera muss das Objektiv auf die Hornhaut aufgesetzt werden. Die Beleuchtung erfolgt entweder direkt durch die Pupille (die dafür eine Weite von 9mm haben muss!) oder diaskleral über ein Lichtleiterkabel, was zu erheblicher Reduktion störender Reflexe führt (Wieder et al. 1983, Ducrey et al. 1977). Eine weitere neue Errungenschaft ist die Confocal scanning laser ophthalmoscopy (CSLO), mit der sowohl Fundusbilder erstellt, als auch dynamisch Videosequenzen bei einer Angiographie aufgenommen werden können. Ein Kamerabeispiel hierfür ist das I+Tech Confocal scanning laser ophthalmoscope (I+Tech CSLO, Clermont Ferrand, Frankreich). Diese Kamera basiert darauf, dass zwei Laserstrahlen, ein Infrarotstrahl und ein Argonstrahl, Bilder eines 40° großen Netzhautfeldes aufnehmen. Die beiden Strahlen können unabhängig oder gemeinsam eingesetzt werden. Die Untersuchung kann in beleuchteter Umgebung durchgeführt werden, so dass eine bessere Kontrolle aller Untersuchungsschritte jederzeit möglich ist. CSLO minimiert Verzerrungen und Reflexionsartefakte und verbessert den Kontrast, indem nur ein begrenzter kleiner Gewebeteil in ausgewählten Tiefen der Retina beleuchtet wird. Das Fundusbild wird Punkt für Punkt in Sequenzen gewonnen, und wird auf einem Videomonitor mit einer Schnelligkeit von fünfundzwanzig Bildern pro Sekunde reproduziert. Die Nutzung von Infrarotstrahlen bei der CSLO ermöglicht eine bessere Betrachtung des Augenhintergrundes bei moderat getrüübter Linse (Rosolen et al. 2001). Fundusphotographie mit Hilfe von monochromatischem Licht, wie z.B. Infrarotstrahlen, erlaubt eine genauere Betrachtung und Dokumentation der verschiedenen Fundusstrukturen als mit weißem Licht. Verschiedene Spektralfarben erlauben die Betrachtung verschieden tiefer Strukturen. Man erreicht eine Verbesserung des Kontrastes, wodurch sich z.B. pigmentierte Tumoren, die insbesondere Infrarotstrahlung absorbieren, definierter darstellen und man eliminiert chromatische Aberrationen. Die Betrachtung unter verschiedenen Wellenlängen erlaubt aber vor allem eine bessere Tiefenlokalisierung von Befunden, da z.B. infrarote Strahlung eine größere Penetrationsfähigkeit durch Gewebe besitzt und tiefere Strukturen des Augenhintergrundes darstellt und auch Trübungen im Strahlengang zu durchdringen vermag (Ducrey et al. 1979, Delori et al. 1977, Dallow et al. 1974).

Herkömmliche Kameras die momentan erhältlich sind, lassen sich unterteilen in hand- gehaltene und fest auf einem Tisch montierte Kameras (Strubbe et al. 1998).

2.6.2.1.1 *Tisch-montierte Kameras*

Die fest montierten Kameras sind sehr kostenaufwendig. Sie bestehen aus einer Beleuchtungseinrichtung, einem optischen System zum fokussieren sowie einer Blitzeinrichtung und einem 35 mm-Kameragehäuse. Der ganze Komplex ist auf einem verstellbaren Tisch montiert, mit der Möglichkeit zu fein kontrollierten Bewegungen vertikal und horizontal. Es existiert auch eine anpassbare Kopf- und Kinnstütze (Barnett et al. 1967). Tisch- montierte Kameras produzieren exzellente Bilder, aber sie sind praktisch nur bei sedierten oder anästhesierten Kleintieren einsetzbar (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967). Das Problem liegt hauptsächlich darin, den Kopf in einem minimalen Abstand zum Objektiv zu positionieren und dort zu halten. Denn auch wenn die Tische fein anpassbar sind, ist ihre Reichweite doch auch eingeschränkt. Der große Vorteil von fixierten Kameras ist der größere Abstand zwischen Objektiv und Kornea des Patientenauges. Wegen der nötigen Nähe zur Patientenkornea kommt es bei den handgehaltenen Kameras doch immer wieder zu Berührungen und damit Beschädigungen der Kornea (Barnett et al. 1969). Verschiedene Modelle werden von den Firmen Kowa, Topcon, Canon, Zeiss und Nidek produziert (Strubbe et al. 1998).

Hersteller	Carl Zeiss	Topcon	Canon	Kowa	Nidek
Gerätetyp	Visucam lite	TRC-NW 100	Canon CR6-NM	Nonmyd α	NM 1000
Bildwinkel	45°	45°	45°	45°&20°	45°
Kameratyp	1 Chip Sensor	Digital	Digital	Digital	Digital
Color/Angio	Col.+0,7 sec. Angio	Color	Col/Angio	Color	Color
Auflösung	-	2,3 Mega-Pix.	3,1 Mega-Pix	2,1 Mega-Pix	-
Scanning Technik	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Filter	Rot,Blau,Grün	Keine	UV	-	-
Beleuchtung	Halogen 8V/20W	9-Stufenblitz	300 W Blitz	Xenon 50 Ws	Xenon Blitz
Refraktions-ausgleich	-	+/- 13 dpt	+/- 13 dpt	-20-+17 dpt	-25-+35 dpt
Pupillen-durchmesser	-	> 4mm	> 3,7 mm	> 3,7mm	4 mm
Nonmydriatik	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Monitor	15"LCD extern	Kleiner interner, optional extern	Kleiner interner, optional extern	Kleiner interner, optional extern	Interner, optional extern
Integr. Software	Ja	JPEG max. 64MB	Digi.- Standard	Digi.- Standard	Digital USB
Stand-alone	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Spaltlampenadation	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Handgriff	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Besonderheiten	Kleine Bildarchivierungssoftware integriert Blitzähnliche Aufnahmetechnik im Angiomode neigt zu verwackelten Bildern	Es können verschieden externe Image-SW angeschlossen werden	Videokamera anstatt singel-digital, FAG-fähig	Eigene Image SW oder fremde SW	Adaptierbar an Nidek-Advanced-Vision-Information-SW oder fremde SW

Tab.2: Produktvergleich von Low-Cost-Funduskameras – Stand Alone

(Firma Wild Medtech 2003)

2.6.2.1.2 Hand-gehaltene Kameras

In der Human- sowie auch in der Tiermedizin haben die hand-gehaltenen Kameras einen leichten Vorteil über die fest montierten Kamerasysteme, denn sie sind tragbar und können daher zum Patienten gebracht werden und sind somit bei jeder Tierart einsetzbar. Sie sind kostengünstiger und relativ einfach in ihrer Handhabung (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967). Sie bestehen im Prinzip aus einem Ophthalmoskop, einer 35mm-Kamera (wahlweise auch Polaroid), einer Blitzeinheit und einem Transformator (Gelatt et al. 1991). Handgehaltene Modelle werden heute von den Firmen Kowa, Rodenstock und Nidek vertrieben (Strubbe et al. 1998).

Hersteller	Kowa	Nidek	Rodenstock
Gerätetyp	Genesis	NM 200 D	Scanoscope
Bildwinkel	25°-30°	30°	
Kameratyp	KB-Film/Video	Digital	Digital/Video
Color/Angio	Color/Angio	Color	Color/Angio
Auflösung	-	1,5 Mega-Pix	
Scanning Technik	Nein	Nein	
Filter	FAG-Filter/Modus	-	
Beleuchtung	8xXen 150-300 Ws	Xenon Blitz	
Refraktionsausgleich	-15-+35 dpt.	-15-+35 dpt	
Pupillendurchmesser	5,5 mm	4 mm	
Nonmydriatik	Nein	Ja	Ja
Monitor	Okular, optional externer Monitor	Externer Monitor	
Integr. Software	Nein	Digital USB	
Stand-alone	Optional	Nein	Optional
Spaltlampenadaption	Nein	Nein	Nein
Handgriff	Ja	Ja	Ja
Besonderheiten	Spez. Für Veterinärmedizin gedacht	Adaptierbar an Nidek- Advanced-Vision- Information-SW oder fremde SW	

Tab.3: Produktvergleich von Low-Cost-Funduskameras - Handgehalten

(Firma Wild Medtech 2003)

2.6.2.2 Filme

Bei herkömmlichen Kamerasystemen, die noch nicht digital arbeiten sind schwarz-weiß Filme, wie auch Farbfilme einsetzbar, wobei Farbfilme meist bevorzugt werden. In früheren Jahren wurden 2 verschiedene Farbdiafilme verwendet: der Kodachrome II und der Ektachrome. Der Kodachrome II war ein relativ langsamer Farbfilm (ASA 25), der besonders gut "warme" bzw. rote Farben ablichtete. Der Ektachrome war deutlich schneller (ASA 64) und betonte vor allem "kalte" bzw. blaue Farben (Gelatt et al. 1981, Gelatt et al. 1969). Für Fundusaufnahmen bei Tieren wurde meist der Kodachrome II bevorzugt (Barnett et al. 1967, Gelatt et al. 1969, Crispin et al. 1990). Natürlich lassen sich auch verschieden andere 35 mm-Filme verwenden, dann muss aber die Beleuchtungsstärke an die Schnelligkeit des Filmes angepasst werden (Barnett et al. 1967). So sind z.B. die Beleuchtungsstärken, welche für die Kowa-Kamera von Barnett 1967/1968 empfohlen wurden heutzutage viel tiefer anzusetzen, da modernere, lichtempfindlichere Filme (ASA 100/ASA200) in Gebrauch sind.

2.6.3 Wichtige Faktoren bei der Fundusphotographie

Um zufriedenstellende Bilder bei der Fundusphotographie zu erhalten, existieren einige Faktoren, die besonderer Beachtung bedürfen:

2.6.3.1 Kamera-Kornea-Abstand

Die Funduskamera darf maximal bis zu einem cm von der Hornhaut entfernt positioniert werden. Wenn die Kamera zu nahe an das Auge heran gebracht wird, besteht die Gefahr, gerade beim nicht sedierten Tier, zufällig die Hornhaut zu berühren, was ein Kneifen und Blinzeln, Zurückziehen des Augapfels, Vorfallen der Nickhaut und evtl. auch Verletzungen der Hornhaut zur Folge hätte. Wenn die Kamera jedoch zu weit vom Auge entfernt ist, entstehen durch die Reflektivität der Hornhaut Artefakte durch kleine Lichtreflexe (Strubbe et al. 1998). Gerade beim Pferd treten wegen der abgeflachten Hornhaut vermehrt Reflexionen auf (Barnett et al. 1967). Außerdem kann ein Teil des Fotos durch überlagernde Iris schwarz sein, wenn die Kamera nicht direkt und nahe genug über der Pupille zentriert ist (Strubbe et al. 1998).

Der einfachste Weg zur Reflexfreiheit ist die optische Trennung von Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang (Luginbühl et al. 1958).

2.6.3.2 Lagerung und Fixierung

Adäquate Lagerung ist eine Grundvoraussetzung für hoch-qualitative Aufnahmen, denn schon die leiseste Kopf oder Augenbewegung kann zu Verwacklungen oder zu Verlust des eingestellten Abschnittes führen (Strubbe et al. 1998). Die kleinste Bewegung verschiebt den Strahlengang der Kamera sofort aus der optischen Achse des Auges. Dadurch treten Reflexe und Aufhellungen auf, die durch Zusatzreflexblenden nicht zu beseitigen sind. Das Gelingen einer Aufnahme setzt also voraus, dass die optische Achse des Auges nahezu identisch mit der optischen Achse des Kameraobjektivs ist (Luginbühl et al. 1958). Kleintiere können auf einem Untersuchungstisch photographiert werden, meist mit einem minimalen Aufwand an Fixierungstechniken. Gegebenfalls kann eine Sedation vorgenommen werden (Strubbe et al. 1998, Barnett et al. 1967). Eine Allgemeinnarkose kann in Ausnahmefällen nötig sein, jedoch ist zu beachten, dass auch wenn sie die Lagerung vereinfacht sie gleichzeitig aber dazu führt, dass der Augapfel zurückgezogen wird, die Nickhaut vorfällt und das Augenlid herabhängt, so dass mechanische Fixierungstechniken angewandt werden müssen (z.B. Situationshefte, Lidspreizer). Da außerdem der Lidschlag ausfällt, muss die Kornea durch regelmäßiges betropfen feucht gehalten werden. Ein weiterer negativer Effekt der Vollnarkose ist die Verengung der Pupille (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967, Donovan et al. 1964). Das Pferd wird meist nur durch eine Hilfsperson am Kopf fixiert. Selten wird eine Bremse benötigt. Wenn die Möglichkeit vorhanden ist, sollte das Pferd in einem Untersuchungsstand untergebracht werden. Handelt es sich um ein Tier, das viel blinzelt, kann eine Lokalanästhesie des N. auriculopalpebralis oder des N. supraorbitalis durchgeführt werden und bei großer Nervosität ist eine Sedation angebracht (Gelatt et al. 1991). Bei Kuh, Schaf und Ziege reicht normalerweise die Fixation des Kopfes aus, vorausgesetzt, dass die Hörner nicht mit der Positionierung der Kamera interferieren. Kaninchen werden am besten in einer besonderen Box oder mittels Handtüchern fixiert (Gelatt et al. 1991).

2.6.3.3 Pupillengröße

Für optimale Fundusbilder sollte die Pupille mittels 1% Tropicamid, auf Grund seiner schnellen, aber kurzen Wirkung, erweitert werden. Unerwünschte Schatten durch die Iris können durch diese Mydriasis verhindert werden (Strubbe et al. 1998). Früher war eine Pupillengröße von mindestens 7 mm notwendig, um eine ausreichende

Lichtintensität und nicht zu lange Belichtungszeit zu ermöglichen (Donovan et al. 1964). Bei manchen Tieren ist Mydriasis jedoch wegen ihrer großen ovalen Pupillenöffnung (z.B. beim Pferd) nicht zwingend notwendig (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967).

2.6.3.4 Okulare Medien

Die Klarheit der Hornhaut und der anderen Medien beeinflusst deutlich die Qualität der Bilder. So können fortgeschrittene Trübungen der Linse und des Glaskörpers die Schärfe der Bilder merklich reduzieren (Gelatt et al. 1981). Vernünftige Aufnahmen kann man manchmal jedoch trotzdem erhalten, indem man nach Weitstellung der Pupille versucht, seitlich der getrübbten Bereiche vorbei zu photographieren (Gelatt et al. 1969). Sollten die Trübungen jedoch so ausgeprägt sein, dass sie die ophthalmoskopische Untersuchung und Dokumentation vollständig verhindern, besteht bei speziellen Fragestellungen trotz invasivem Charakter die Möglichkeit einer Vitroskopie des hinteren Augenabschnittes. Durch die Einführung eines kleinen Endoskops über die Pars plana lassen sich z.B. partielle Netzhautablösungen, die aufgrund von Trübungen der davor liegenden Medien nicht oder nur schemenhaft erkennbar sind genauer beurteilen und dokumentieren (Gerhards et al. 2002).

2.6.3.5 Belichtungsintensität und Belichtungszeit

Schon Luginbühl erkannte 1958, dass es eine Grundvoraussetzung für optimale Aufnahmen ist, die Lichtstärke zu finden, welche die kürzeste Belichtungszeit ermöglicht jedoch ohne Störung des Bildes durch Überstrahlung und Reflexe. Da es praktisch kaum durchführbar ist, das Auge längere Zeit absolut still zu halten und zu fixieren, sind viele Misserfolge auf Bewegungsunschärfe zurückzuführen. Diese Bewegungsunschärfe kann nur durch kurze Belichtungszeit aufgehoben werden. Die Lichtquelle muss möglichst nahe an die Kornea herangebracht werden, da die Lichtmenge pro Flächeninhalt auf dem Fundus annähernd mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Somit kann die Belichtungszeit bei minimaler Distanz zur Hornhaut am kürzesten gewählt werden. Gleichzeitig wird der größtmögliche Ausschnitt abgebildet (Luginbühl et al. 1958). Es ist von großer Wichtigkeit, dass die Beleuchtungsintensität den Umständen angepasst werden kann, denn die Fundusreflektivität variiert von Spezies zu Spezies und von Tier zu Tier. Die Reflexionen der verschiedenen Fundusabschnitte (Tapetum lucidum, Tapetum nigrum, Papilla optica) unterscheiden sich stark und man sollte vor dem Auslösen entscheiden, auf welche Region man

besonderes Augenmerk legt (Barnett et al. 1967). Mit zunehmender Lichtempfindlichkeit der Farbfilme nahm auch der Grad an Reflektivität des Tapetums zu und es erwies sich als nützlich, Filter einzuschalten, die eine Überbelichtung verhindern sollten (Donovan et al. 1964). Es wird berichtet, dass der Augenhintergrund des Pferdes wegen seines farblich weniger differenzierten Tapetums größere Schwierigkeiten bei Farbaufnahmen liefert als bei anderen Tierarten. Es absorbiert viel Licht und ist daher nicht sehr reflexionsfähig, was bei den damals schwächeren Lichtquellen und weniger lichtempfindlichen Filmen ein Problem darstellte. Auch die aus der Papille austretenden Gefäße sind sehr fein und waren unter damaligen Lichtbedingungen schwer scharf zu stellen (Luginbühl et al. 1958, Saurer et al. 1947). Ein anderer Faktor, der bei der Belichtung unbedingt beachtet werden muss, ist der pathologische Zustand der Netzhaut. Bei progressiver Retinaatrophie zum Beispiel ist die Reflektivität erniedrigt und man muss die Belichtungsintensität erhöhen. Nutzt man die gleiche Belichtungsintensität jedoch bei gesunder Netzhaut, kann das Bild leicht überbelichtet sein. Genauso muss die Geschwindigkeit und Lichtempfindlichkeit des verwendeten Films in diese Überlegungen mit einbezogen werden, da ein Film mit der Geschwindigkeit ASA 25 mit Sicherheit eine höhere Beleuchtungsintensität bei gleicher Belichtungszeit wie ein Film der Geschwindigkeit ASA 100 benötigt (Barnett et al. 1967).

2.6.4 Vorgehensweise beim Pferd

Die Untersuchung findet in einem ruhigen, abgedunkelten Raum statt. Für optimale Ergebnisse und einfaches Arbeiten ist auch beim Pferd eine Mydriasis mit Hilfe von 1% Tropicamid wünschenswert. Das Pferd wird von einer Hilfsperson am Halfter fixiert und falls notwendig (wie bereits oben erwähnt) gebremst oder sediert. Der Untersucher postiert seine linke Hand so, dass er mit dem Zeigefinger das Ober- und mit dem Daumen das Unterlid spreizen kann. Es sollte dem Tier erlaubt sein, regelmäßig die Lider zu schließen, um die Hornhaut feucht zu halten. Die Kamera wird mit der rechten Hand gehalten und dann vorsichtig bis auf ca. 8 mm dem Auge genähert. Der Vorderteil der Kamera wird auf dem Daumen abgestützt, so dass bei einer plötzlichen Bewegung des Pferdes die Hand des Untersuchers und die Kamera sich als eine Einheit mitbewegen und die Möglichkeit die Hornhaut zu berühren minimiert wird. Das Licht wird wie bei einem Ophthalmoskop durch die Pupille gerichtet. Dabei wird die Lichtintensität kontrolliert und so niedrig wie möglich gehalten, um das Auge

des Patienten zu schonen. Anders als beim Menschen kann man keinen Nutzen aus einem Fixpunkt ziehen, auf die das Pferd blicken soll. Der Fundus wird so scharf wie möglich eingestellt und dann, ohne große Bewegungen zu verursachen, der Auslöser betätigt (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methode

3.1.1 Patientengut

Für die vorliegende Arbeit wurden im Zeitraum vom 22.4.2004 bis zum 22.11.2004 die Befunde an Augen von 76 Pferden und zwei Eselstuten mittels digitaler Photographie dokumentiert, wobei bei 17 Pferden Befunde an den vorderen Abschnitten des Auges und bei 59 Pferden und den 2 Eseln Befunde am Augenhintergrund festgehalten wurden. Es handelte sich zum einen um Augenpatienten, die stationär in der Klinik für Pferde der Ludwig-Maximilians-Universität München vorgestellt und behandelt wurden, bei denen eine Indikation zur Dokumentation bestand. Zum anderen wurden die Augenhintergründe einiger augengesunder Pferde dargestellt, die aus anderen Gründen in Allgemeinnarkose verbracht wurden oder euthanasiert werden mussten. Das Alter der Pferde lag zwischen 1 Jahr und 25 Jahren. Von diesen Pferden waren 27 Stuten, 11 Hengste und 38 Wallache. Der größte Teil der Pferde waren Warmblüter aus deutschen Zuchtgebieten (Hannoveraner, Holsteiner, Württemberger, Thüringer, Rheinländer, Westfalen, Zweibrückener, Oldenburger), Österreich, Dänemark und Polen. Des Weiteren waren in die Untersuchung verschiedene andere Pferderassen mit eingeschlossen, die in nachfolgender Tabelle aufgeführt werden.

Arabisches Vollblut	5
Englisches Vollblut	2
Traber	1
Friesen	2
Appaloosa	2
Quarter Horse	4
Haflinger	3
Isländer	7
Shetland Pony	1
Polo Pony	1
Deutsches Reitpony	2
Ungarisches Halbblut	1
Trakehner	1

Pura Raza Espagnol	2
Criollo	1
Kaltblutrassen	2
Budjonny	1

Tab.4: Verschiedene andere an der Studie beteiligte Pferderassen

3.1.2 Untersuchungsmethode

3.1.2.1 Allgemeinuntersuchung

Es wurden alle Pferde zuerst einer gründlichen Allgemeinuntersuchung nach folgendem Schema unterzogen:

1. Haltung
2. Verhalten
3. Habitus
4. Ernährungszustand
5. Pflegezustand
6. Atmung
7. Temperatur
8. Puls
9. Lnn. mandibulares
10. Maul- und Konjunktivalschleimhäute, Kapilläre Füllungszeit
11. Husten, spontan und auslösbar
12. Nasenausfluss
13. Allgemeinbefinden ungestört/ ggr., mgr., hgr. gestört

3.1.2.2 Ophthalmologische Untersuchung

Nach der gründlichen Allgemeinuntersuchung folgte eine Augenuntersuchung nach dem Schema des Augenuntersuchungsbogens der Pferdeabteilung (Gerhards 1990 und 2003):

1. Umgebung des Auges
2. Augenlider
3. Konjunktiven/Nickhaut/Sklera
4. Kornea

5. Vordere Augenkammer
6. Iris
7. Pupillenreaktion
8. Linse
9. Glaskörper
10. Papilla optica
11. RetinagesfäÙe
12. Tapetum lucidum
13. Tapetum nigrum
14. Augeninnendruck in mm Hg
15. sonstige Veränderungen

Bei hellem Raumlicht wurde eine sorgfältige Adspektion im Seitenvergleich beider Augen durchgeführt. Dabei wurde speziell auf eine Größenveränderung beider Bulbi, Veränderungen der Umgebung des Auges (z.B. Tränenspur, Haarverlust), der Lider, der Sklera und der Nickhaut geachtet. Die Sehfähigkeit wurde durch Überprüfen der Reaktion auf Drohgebärden getestet. Im Anschluss daran wurde in einem abgedunkelten Raum mit Hilfe einer fokalen Lichtquelle (Hammerlampe, Fa. Carl Zeiss) das Auge genauer untersucht. Dabei wurde auf die Transparenz, die Oberflächenbeschaffenheit und auf GefäÙeinsprossung der Kornea geachtet. Die vordere Augenkammer wurde auf fremden Inhalt, zum Beispiel Fibrin und Blut, überprüft. Die Tiefe der vorderen Augenkammer wurde durch latero-medialen Lichteinfall durch das Auge bewertet. Die Iris wurde auf vordere und hintere Synechien sowie auf Farbveränderungen hin untersucht. Größe und Form der Pupille wurden betrachtet, die Pupillenreaktion auf Lichteinfall und die Linsenvorderfläche auf Trübungsbezirke. Verdächtige Stellen wurden mit Hilfe einer Kopfbandlupe (Stereo Work Master 2.2 x EMO) eingehender betrachtet.

Ergaben sich Hinweise auf einen Hornhautdefekt, so wurde das Auge mit Fluoreszein (Fluoreszein SE THILO[®], Fa. Alcon) angefärbt. Konnte eine Untersuchung des Glaskörpers und des Augenhintergrundes auf Grund einer Miosis nicht durchgeführt werden, wurde die Pupille mit einem Mydriatikum (Tropicamid, Mydriatikum Stulln[®], Fa. Pharma Stulln GmbH) weitgestellt.

Zur Beurteilung der Linse, des Glaskörpers, des Augenhintergrundes, insbesondere des Tapetum lucidums, des Tapetum nigrums, der RetinagesfäÙe und der Seh-

nervenpapille wurde nach eingetretener Mydriasis ein Handophthalmoskop (Beta 200, 3,5 V, Fa. Heine) verwendet, und eine direkte und indirekte Ophthalmoskopie durchgeführt. Dabei wurde insbesondere auf Linsenanomalien, Katarakt, Lageveränderungen der Linse, Glaskörperverflüssigungen, Fundusalbinismus, Netzhautablösungen sowie andere anatomische Varianten bzw. pathologische Veränderungen des Fundus geachtet.

Bei Verdacht auf ein Glaukom (Hornhautödem, Hydrophthalmus) wurde nach Applikation eines Lokalanästhetikums (Tetracainhydrochlorid, Ophthocain[®]-N, Fa. Dr. Winzer Pharma GmbH) der intraokulare Augeninnendruck mittels eines elektronischen Applanationstonometer (Tono-Pen XL[®], Fa. Medtronic Solan) gemessen.

War der Augenhintergrund auf Grund einer Trübung der lichtbrechenden Medien nicht einsehbar und es sollte die Funktionalität der Retina abgeklärt werden, so wurde zum einen eine Ultraschalluntersuchung mittels eines hochauflösenden Schallkopfes (Sonoline Omnia[®], Fa. Siemens) des inneren Auges, sowie in Einzelfällen auch eine Elektroretinographie (ERG) durchgeführt. Das hierfür eingesetzte Messprogramm war Median/Version 2.87 (Fa. Elcat GmbH, Wolfratshausen), die Photostimulation erfolgte mit einer Xenonlampe (Photostimulator, PS-33 Plus, Fa. Grass Instrument Company, Kanada).

Alle Befunde wurden in dem Augenuntersuchungsbogen schriftlich festgehalten.

3.1.2.3 Hilfsmittel und personeller Aufwand

Die digitale photographische Darstellung des Augenhintergrundes wurde bei insgesamt 59 Pferden und zwei Eselstuten durchgeführt. Bei 9 dieser Pferde konnte die Darstellung im Stehen vorgenommen werden. Allerdings mussten alle Tiere auf Grund unruhigen Verhaltens und Abwehrbewegungen, zur besseren Darstellungsmöglichkeit einer leichten Sedierung, entweder mit Xylazin 2% (Xylazin[®] 0,4 mg/kg) oder Romifidin (Sedivet[®] 0,04–0,12 mg/kg) in Kombination mit Levomethadon (Polamivet[®] 0,075mg /kg), unterzogen werden. Einige Tiere wurden zusätzlich in einem Zwangsstand untergebracht. Eine Oberlippenstrickbremse war nie von Nöten.

Bei 43 der Pferde und einer Eselstute wurde die Darstellung im Rahmen einer Allgemeinnarkose für verschiedene Operationen in Seiten- bzw. Rückenlage vorgenommen (36 Pferde nach bzw. teilweise auch vor einer Vitrektomie des erkrankten Auges, 1 Pferd während der Kastration, 3 Pferde während einer Arthroskopie, 2

Pferde während Weichteiloperationen an den Gliedmassen, 1 Pferd während einer Kolik-Operation, 1 Esel während der Entfernung eines Tumors am Unterbauch). Die Pferde erhielten die oben bereits genannte Prämedikation über einen Venenverweilkatheter. Die Einleitung der Narkose geschah durch eine Mischinfusion von achtprozentiger Guaifenesinlösung (My 301[®] 100mg/kg) mit Ketamin (Urostamin[®] 2,2 mg/ kg). Danach wurden die Pferde intubiert und die Narkose durch die Inhalation eines Isofluran-Sauerstoffgemisches aufrechterhalten.

Auf Grund der Lagerung konnte in der Regel nur ein Auge untersucht werden.

Bei 7 Pferden und der anderen Eselstute wurden unmittelbar nach der Euthanasie, die aus anderen Gründen mittels Pentobarbital-Na (Eutha 77[®] 80mg/kg) durchgeführt wurde, die Augenhintergründe dargestellt.

Die digitale photographische Darstellung fand in einem ruhigen abgedunkelten Raum statt. Bei der Darstellung im Stehen wurden die Pferde einer leichten Sedation unterzogen und teilweise im Zwangsstand fixiert oder auch lediglich von einer erfahrenen Hilfsperson mit einem Strick am Halfter gehalten. Da es bei der Verwendung des Fußschalters für die digitale Funduskamera häufig zu Verwacklungen kam, war außerdem eine weitere Hilfsperson zur Bedienung des Gerätes (Auslösen des Photo-mechanismus, Einstellung der Helligkeit, Wechsel zwischen den verschiedenen Kamerafunktionen) nötig.



Abb.3: Einsatz des Scanning Digital Ophthalmoskops[®]

Bei der Darstellung in Vollnarkose bzw. unmittelbar post mortem wurde eine weitere Person benötigt, um die schnell eintrocknende Hornhaut mittels Spülflüssigkeit (Alcon-BSS[®], Fa. Alcon) in regelmäßigen Abständen transparent zu halten.

Die untersuchende Person hielt mit einer Hand Kontakt zum Halfter, um bei eventuellen Abwehrbewegungen besser reagieren zu können oder die Hand wurde genutzt, um gegebenenfalls die Lider manuell zu spreizen. Mit der anderen Hand wurde die Kamera am Handgriff gehalten.



Abb.4: Anwendung der handgehaltenen Kameraeinheit

Die untersuchende Person hält mit der einen Hand Kontakt zum Pferd. Mit der anderen Hand wird die Kamera am Handgriff gehalten.

Bei sehr unruhigen Tieren hat es sich bewährt die Untersuchung in der Box durchzuführen, wenn es dort sehr viel ruhiger war.

Oft ließ es sich nicht vermeiden, dass das kalte Kameraobjektiv durch die Nähe zum wärmeabgebenden Pferdekörper beschlug. Hier zeigte die Erfahrung, dass ein vorheriges Anwärmen des kalten Metalls des Objektivs zur Behebung dieses Problems führte. Bei Trübungen in den vorderen lichtbrechenden Medien (Hornhaut, Linse, Glaskörper) ließ sich manchmal kein vollständig scharfes Bild des Augenhintergrundes erzielen, insbesondere nicht, wenn die Trübungen zentral im direkten Einfallsweg des Lichtes lagen oder eine diffuse Trübung des Glaskörpers vorlag.

3.1.2.4 Kamerasystem

Die Patientenaugen wurden mit dem Scanning Digital Ophthalmoskop[®] (SDO) der Firma Wild Medtec untersucht.



Abb.5: Scanning Digital Ophthalmoskop[®] der Firma Wild Medtec

a) Handgehaltenen Kameraeinheit mit Licht- und Energiequelle, b) Monitor und PC, c) Tastatur und Maus

Bei diesem System handelt es sich um ein auf dem SLO–HRA–Prinzip basierendes, scannendes indirektes Farbophthalmoskop mit einem Bildwinkel von 50°, einsetzbar sowohl für die Diagnose als auch für verschiedene Lasertherapien (Humanmedizin). Es nimmt auf Grund des modularen Gerätekonzepts eine Sonderstellung ein und ist handlich, einfach, delegierbar in der Bedienung und konzipiert für den stationären und mobilen Einsatz.

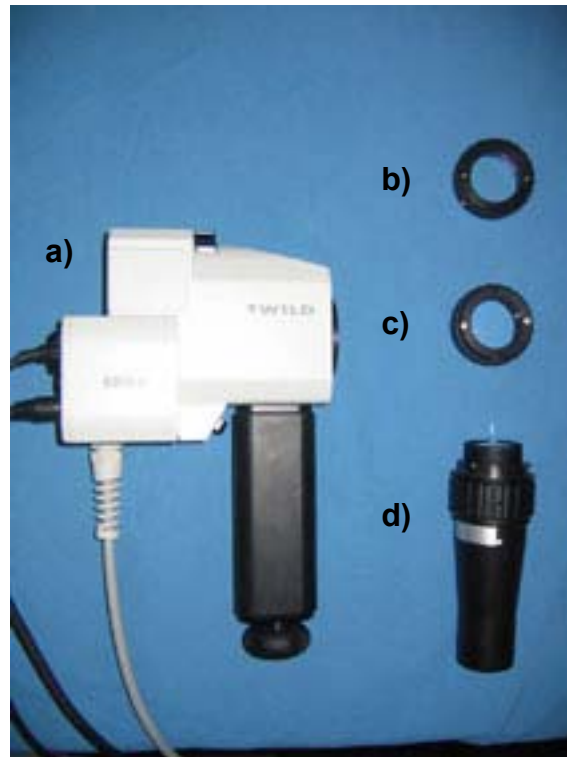


Abb.6: Handgehaltene Kameraeinheit mit den verschiedenen Objektiven

a) Kamera mit Handgriff, b) Objektiv für das vordere Augensegment beim Menschen, c) Objektiv für das vordere Augensegment, Spezialanfertigung für das Pferdeauge, d) Objektivtubus für das hintere Augensegment

Bedingt durch die zeilenförmige Scantechnik ist eine gute, kontrastreiche Bildqualität, speziell bei Trübungen der vorderen Augenabschnitte zu erzielen. Das SDO ist geeignet für eine Videodarbietung in Echtzeit und für die Einzelbilddokumentation.

Mit entsprechendem Zubehör, einem SDO – Objektiv für Übersichtsaufnahmen der vorderen Augenabschnitte inklusive eines Aufsatzes zur Nutzung der Spaltlampe, kann der Einsatzbereich für Diagnose und Therapie auf die vorderen Augenmedien ausgedehnt werden.



Abb.7: Kamera mit Objektiv zur Darstellung der vorderen Augenabschnitte und Aufsatz zur Nutzung einer Spaltlampe

Die Kombination des Objektivs für vordere Augenmedien mit einer handgehaltenen 78/90 dpt Volklinse erlaubt extreme Weitwinkelaufnahmen der Retina.

Ein Nonmydriatic-Modul ermöglicht Einzelaufnahmen ohne medikamentös geweitete Pupille.

Durch eine hochempfindliche Schwarz-Weiß (S/W)-Kamera plus einer besonderen Filtergruppe lassen sich Störungen im Bereich der retinalen Gefäße per Fluoreszenzangiographie (FAG) darstellen.

Das besondere ist das optische Prinzip, das durch die mechanisch, elektronische Scanning-Technik völlig anders gegenüber üblichen Funduskameras gestaltet ist. Eine oszillierende Doppelschlitzblende trennt den Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang. Dies entspricht einem konfokalen Blendenprinzip, das alle störenden Reflexe eliminiert und Streulicht verhindert, wodurch die gesamte Abbildung erheblich kontrastreicher wird. Die Besonderheit des telezentrischen Strahlenganges erlaubt unter anderem die Einkoppelung von Therapie-Laserlicht.

Das SDO arbeitet mit einer Video-Farbkamera für Coloraufnahmen bzw. einer S/W-Kamera für FAG-Aufnahmen und beleuchtet die Netzhaut konfokal scannend mit Halogenlampenlicht in einer Intensität, die der einer Spaltlampenuntersuchung entspricht. Somit können alle Aufnahmen in Echtzeit aufgenommen werden, was für die FAG und anschließender Laser-Behandlung (momentan nur Humanmedizin) mit dem SDO zukünftig von großem Vorteil ist.

3.1.2.5 Bilddokumentation

Das SDO benötigt zur Bildarchivierung und Bildbearbeitung eine eigenständige Imaging-Software (Betriebssystem Microsoft Windows® XP professional Version 2002, Bildarchivierungs-/ Bildbearbeitungssystem Visdo® visual imaging system V2.511.3 von IMEDOS , Gesamtspeicherplatz 522736 kB) mit zugehöriger PC-Hardware (HW) (PC: Intel Pentium® 4 CPU 2.66 GHz, 512 MB RAM; framegrabber; Monitor: Plug and Play Monitor mit Intel® 82845 G Graphics Controller , Farbqualität 32 BIT, Bildauflösung 1600 x 1200 Pixel; Fußschalter, Drucker).

Die Imaging-SW-HW-Komponenten sind extrem wichtig, um die hohe Bildqualität die das SDO liefert, auch entsprechend umzusetzen. Größere Video-Dateien müssen komprimiert werden (Speicherplatz) bzw. in Einzelbilder zerlegt werden können. Das System unterstützt primär das Dateiformat Tagged Image Format (TIF) sowie Bitmap (BMP), PiCture eXchange Datei (PCX), TarGA-Format (TGA), Joint Photographic Experts Group (JPG) und Portable Network Graphics (PNG). Wobei in dieser Arbeit das JPG-Format verwendet wurde. Die Bilder wurden als JPG-Dateien exportiert und auf eine handelsübliche CD-Rom gebrannt. Im JPG-Format hatte eine Datei die Größe von ca. 300 KB und eine Auflösung von ca. 768x576 Pixel (TIF-Format 1,26 MB). Somit bestand später die Möglichkeit, die Bilder auf jeden PC zu transferieren und mit handelsüblichen Grafikprogrammen zu bearbeiten. Gerätetechnisch bedingte Artefakte wurden bei dieser Arbeit mit der Software von Adobe® Photoshop® (Version 5.0. LE) abgeschwächt.

Zur Dokumentation einzelner makroskopischer Befunde diente eine Digitalkamera der Firma Cannon (Ixus V2, Compact Flash Card) mit 2,0 Mega Pixeln. Die Daten wurden mittels USB-Kabel auf einen auf Windows® basierenden Personalcomputer transferiert und konnten dann gegebenenfalls mit der Software Adobe® Photoshop® (Version 5.0 LE) nachbearbeitet werden.

Zum Vergleich wurden teilweise Aufnahmen mit einer konventionellen handgehaltenen Funduskamera (Genesis®, Fa. Kowa) mit einem eingelegten herkömmlichen Diafilm (ASA 100) angefertigt. Diese Dias wurden außerdem zusätzlich mittels eines Flachbrettscanners Cannoscan D6604 der Firma Cannon nachträglich eingescannt und digitalisiert.

3.1.2.6 Bilddaufnahme

Nach Einschalten des Gerätes und Aktivierung der Imaging-Software wurden als erstes Besitzername, Tiername, Geburtsdatum, Geschlecht, sowie ein knapper Vorbericht eingegeben (bzw. eine alte Untersuchung mit bereits allen Angaben ausgewählt). Es war sonst gerätetechnisch nicht möglich in den Aufnahmemodus zu gelangen. Datum und Uhrzeit speicherte das Gerät automatisch.

Im Anschluss wurde noch das jeweils betroffene Auge in einem dafür vorgesehen Feld markiert und der gewünschte Aufnahmemodus (Color Bild, Color Video, Angio Bild, Angio Video, Anterior) ausgewählt. Zusätzlich konnten auch im Nachhinein Anmerkungen zur jeweiligen Aufnahme hinzugefügt werden. Die vordefinierten Menüs erlauben das schnelle Wechseln zwischen den einzelnen Aufnahmemodi auch während einer Untersuchung.

Innerhalb einer Aufnahmeserie war es möglich 50 Bilder in Folge aufzunehmen. Die Real-Time Video Sequenzen hatten jeweils eine maximale Länge von 60 Sekunden. Die „tools“ in der Patientenmaske sowie in der Bildbearbeitung ähneln sich und mittels Imaging-Software ist ein bequemes hin und her wechseln zwischen Aufnahmemodus und Betrachtungs- bzw. Bearbeitungsmodus möglich.

Zu Beginn der Untersuchung musste mit der Kamera zunächst immer ein Weißabgleich durchgeführt werden.

Die Kamera wurde mit einer Hand gehalten und dem Pferdeauge genähert, wobei die andere Hand unterstützend wirkte, wenn ein Lidhalter angebracht war, oder aber die Lider spreizte. Um sich einen guten Überblick zu verschaffen, wurde zunächst immer der zentrale Teil des Fundus (Grenze Tapetum lucidum– Tapetum nigrum mit zentral im Bild liegender Papille) fokussiert, wobei die optimale Lichtintensität mit Hilfe eines Illuminationsreglers an der Lichtquelle eingestellt wurde bzw. in manchen Fällen auch ein sogenannter Graufilter vorgeschaltet wurde, um eine Überstrahlung mancher Areale zu vermeiden. Zur besseren Darstellung der Gefäße wurde auch teilweise vergleichend ein Grünfilter in den Strahlengang eingeschaltet. Danach wurden anatomisch oder pathologisch interessante Bereiche in den Fokus bzw. in die Bildmitte gebracht. Das Fokussieren von Objekten gelingt hier alleine über Veränderungen des Abstandes vom Objektiv zum Objekt und in geringem Maße ist auch ein Nachfokussieren über einen Ring am Objektivtubus möglich.

Gelungene Bilder und Videosequenzen wurden auf der Festplatte gespeichert.

3.1.2.7 Anfertigung makroskopischer Bilder

Die Augen wurden umgehend post mortem entnommen mit physiologischer Kochsalzlösung gereinigt, ungeöffnet in 7,5% Formalin eingelegt und gekühlt. Die Eröffnung erfolgt innerhalb von 24 Stunden zirkulär ca. 5-10mm hinter dem Limbusrand. Danach wurde das Innere des Augapfels vorsichtig nach Außen gestülpt und die interessanten Bereiche abfotografiert bzw. eine Übersichtsaufnahme angefertigt und auf CD-Rom gespeichert.

3.2 Ergebnisse

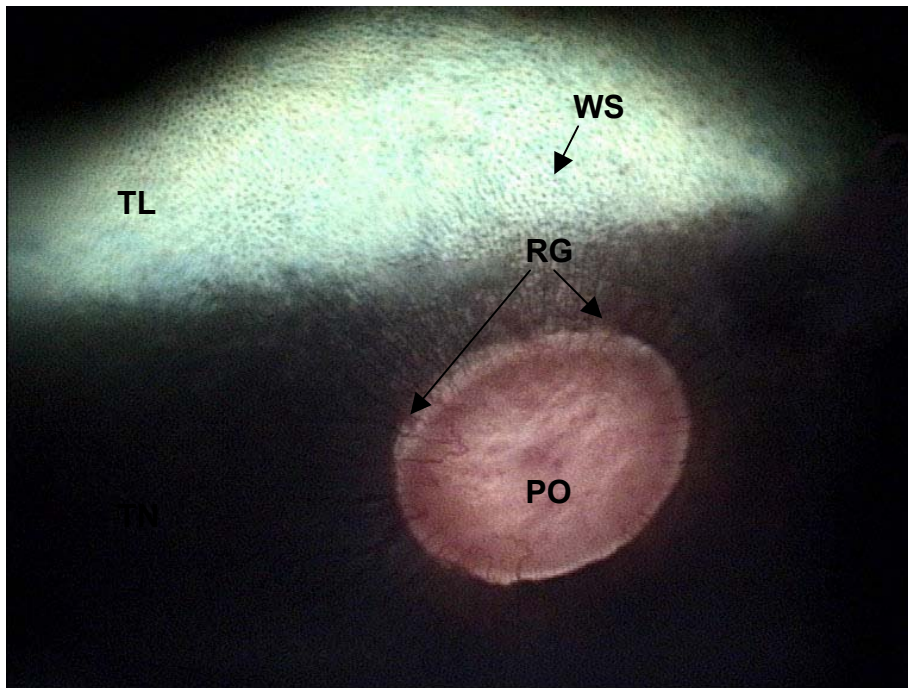
3.2.1 *Fundusphotographische Untersuchung*

Es wurden insgesamt 59 Pferde und zwei Eselstuten in die vorliegende Untersuchung einbezogen, davon 17 augengesunde und 44 mit pathologischen Veränderungen. Die Untersuchung von acht augengesunden Pferden und einer Eselstute erfolgte in Vollnarkose. Bei sieben der augengesunden Pferde und dem anderen Esel erfolgte sie post mortem, bei zwei Pferden davon am bereits entnommenen Bulbus. Ebenfalls in Vollnarkose wurden 36 Pferde aus der Gruppe mit den pathologischen Veränderungen untersucht. Die restlichen neun Pferde wurden im Stehen am Halfter fixiert und mussten aufgrund leicht unruhigen Verhaltens sediert und teilweise auch in einem Zwangsstand untergebracht werden. Die Prozedur wurde im Allgemeinen sehr gut toleriert. Es traten im Anschluss an die Untersuchung keine ophthalmologischen Probleme auf.

Der Kameratubus wurde immer mit einigen Millimetern Abstand vor der Kornea platziert und hatte keinen Kontakt zu dieser. In genau gleicher Weise wurde auch bei den entnommenen Bulbi verfahren.

3.2.2 Fundusphotographische Darstellung

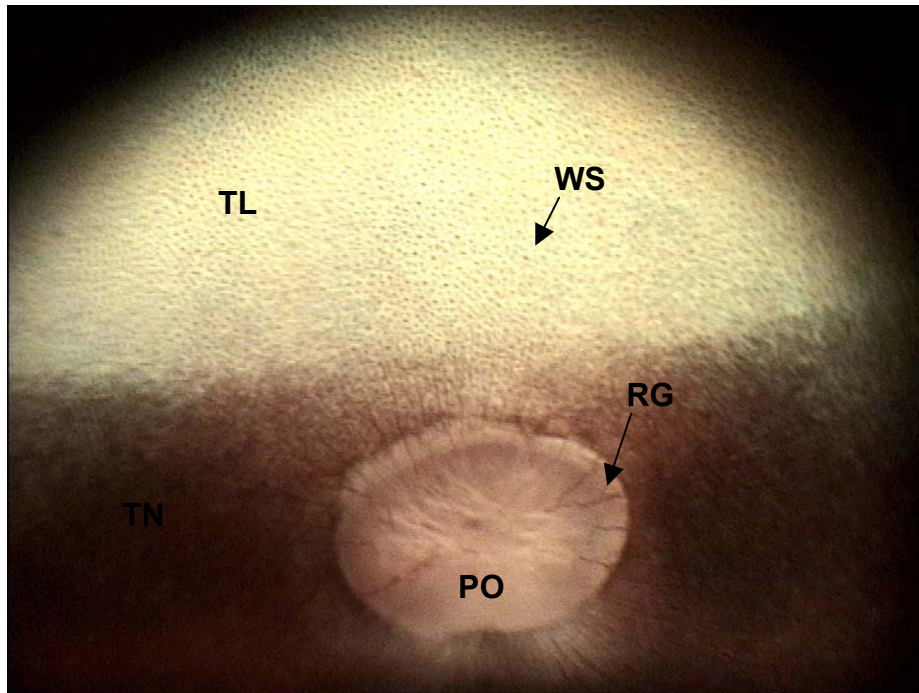
3.2.2.1 Fundusphotographischer Normalbefund



**Abb. 8: Warmblut, Fuchs, Wallach, 16 Jahre, OS, Normaler Fundus,
TL: Tapetum lucidum, TN: Tapetum nigrum, PO: Papilla optica,
WS: Winslow`sche Sterne, RG: retinale Gefäße**

In Abbildung 8 ist der normale Fundus des linken Auges eines 16-jährigen fuchsfarbenen Warmblutwallachs dargestellt. Die Aufnahme wurde als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera angewandt.

Die Dreiteilung des Fundus in das reflektierende, hier grünliche Tapetum lucidum, das dunkel pigmentierte Tapetum nigrum und die lachs- bzw. rosafarbene Sehnervpapille ist deutlich zu erkennen. Von der Sehnervpapille aus ziehen retinale Gefäße auf einer Länge vom 1 bis 1,5-fachen des Papillendurchmessers radiär in den Fundus hinein. Im Tapetum lucidum zeigen sich viele kleine, dunkle Punkte. Dies sind die sogenannten Winslow`schen Sterne, die einen Querschnitt durch choroidale Gefäße darstellen.



**Abb. 9: Lusitano, Falbe, Hengst, 14 Jahre, OS, Normaler Fundus,
TL: Tapetum lucidum, TN: Tapetum nigrum, PO: Papilla optica,
WS: Winslow`sche Sterne, RG: retinale Gefäße**

Abbildung 9 zeigt erneut ein normaler Fundus des linken Auges eines 14-jährigen falbenfarbigen Lusitanohengstes. Die Aufnahme wurde in Vollnarkose während einer Arthroskopie am linken Vorderbein als Einzelbild angefertigt. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera angewandt.

Es zeigen sich dieselben Merkmale des normalanatomischen Fundus wie in Abbildung 8. Hier allerdings handelt es sich um einen Falben, so dass die Farbe des Tapetum lucidums deutlich heller und eher gelblich erscheint. Zusätzlich sind bei diesem Tier im ventalen Bereich der Papille vorhangartige, graue Streifen erkennbar, die durch eine über die Lamina cribrosa hinwegreichende Myelinisierung der Nervenfasern entstehen.



Abb. 10: Warmblut, Fuchs, Wallach, 16 Jahre, OD, normales Tapetum lucidum,

In Abbildung 10 ist erneut der Augenhintergrund desselben Wallachs wie in Abbildung 8 gezeigt. Die Aufnahme wurde als Einzelbild nach der Vitrektomie des rechten Auges in Vollnarkose erstellt. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera angewandt.

Hier wurde besonderes Augenmerk auf das Tapetum nigrum gerichtet, indem der Photograph den Strahlengang der Kamera in leicht nach oben gerichtetem Winkel einstellte. Durch die Mobilität und das große Bildfeld der Kamera können so auch Randbereiche des Fundus gut dargestellt werden.

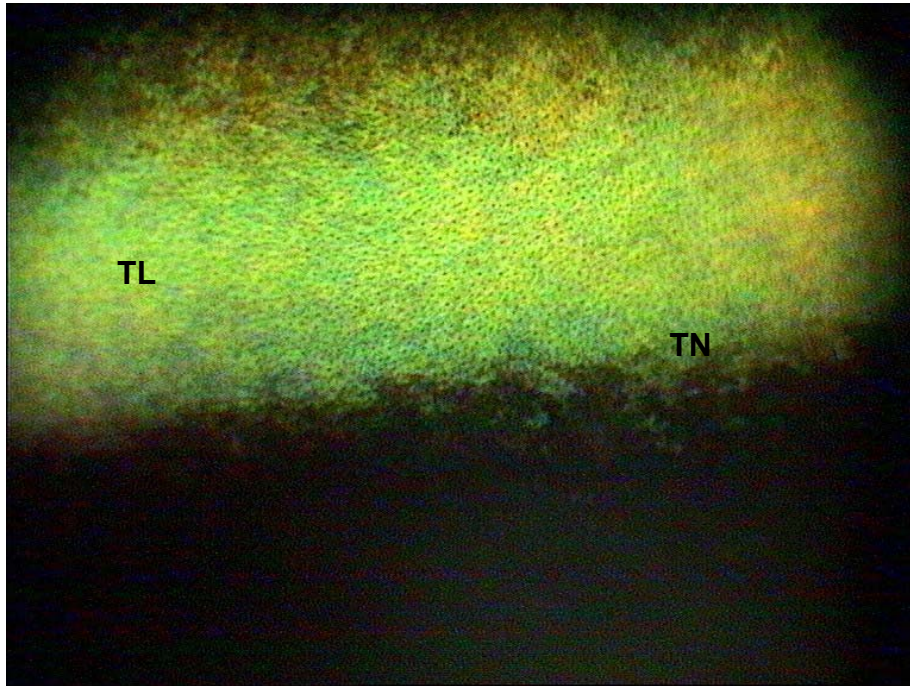


Abb. 11: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OD, Übergang vom Tapetum lucidum zum Tapetum nigrum

Abbildung 11 zeigt den Augenhintergrund des rechten Auges eines 11-jährigen Araberschimmelwallachs. Die Aufnahme entstand am stehenden Pferd unter Sedierung. Es handelt sich um eine Momentaufnahme aus einer Videosequenz. Es wurde der Übergang vom Tapetum lucidum in das Tapetum nigrum fokussiert. Hierbei handelt es sich nicht um eine scharf begrenzte Linie, sondern um einen unregelmäßigen Grenzbereich.

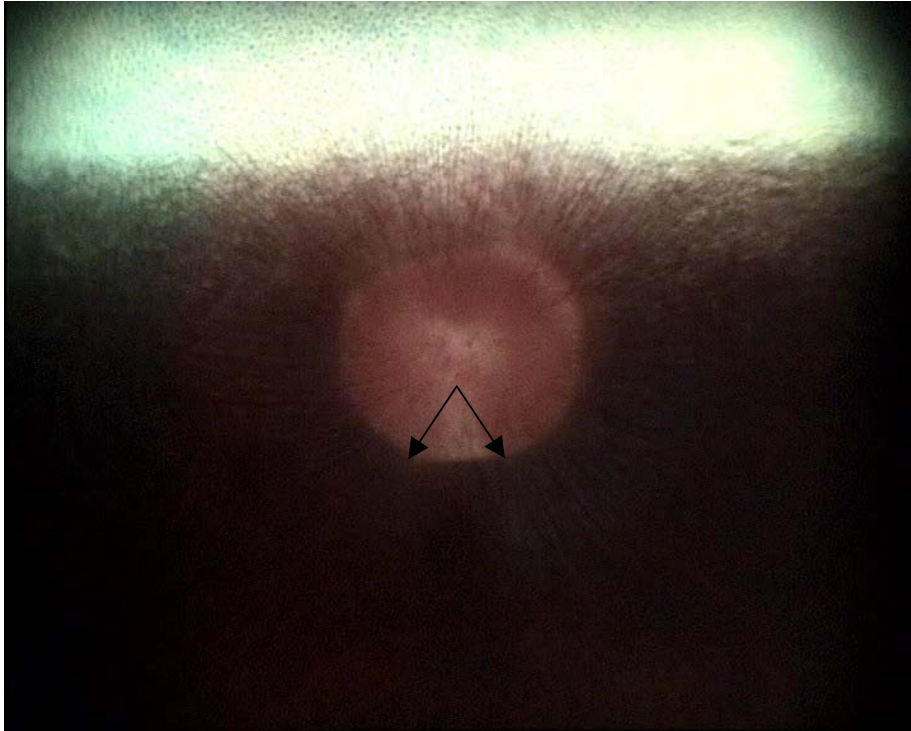


Abb. 12: Oldenburger, Brauner, Wallach, 6 Jahre, OD, Normaler Fundus mit Gefäßausparung am ventralsten Punkt (Pfeile)

In Abbildung 12 ist der Augenhintergrund des rechten Auges eines 6-jährigen Oldenburger Wallachs dargestellt. Die Aufnahme wurde nach einer Vitrektomie in Vollnarkose angefertigt. Es handelt sich um eine Momentaufnahme aus einer Videosequenz. Bei dieser Videoaufnahme wurde in den Strahlengang ein Grünfilter eingeschwenkt, der die Gefäße besonders gut hervortreten lässt.

Durch das Einschwenken des Grünfilters ist hier der radiäre Gefäßkranz besonders gut sichtbar und es wird deutlich, dass am ventralsten Punkt (sechsuhr Position) keine retinalen Gefäße vorhanden sind.

3.2.2.2 Normalanatomische Variationen

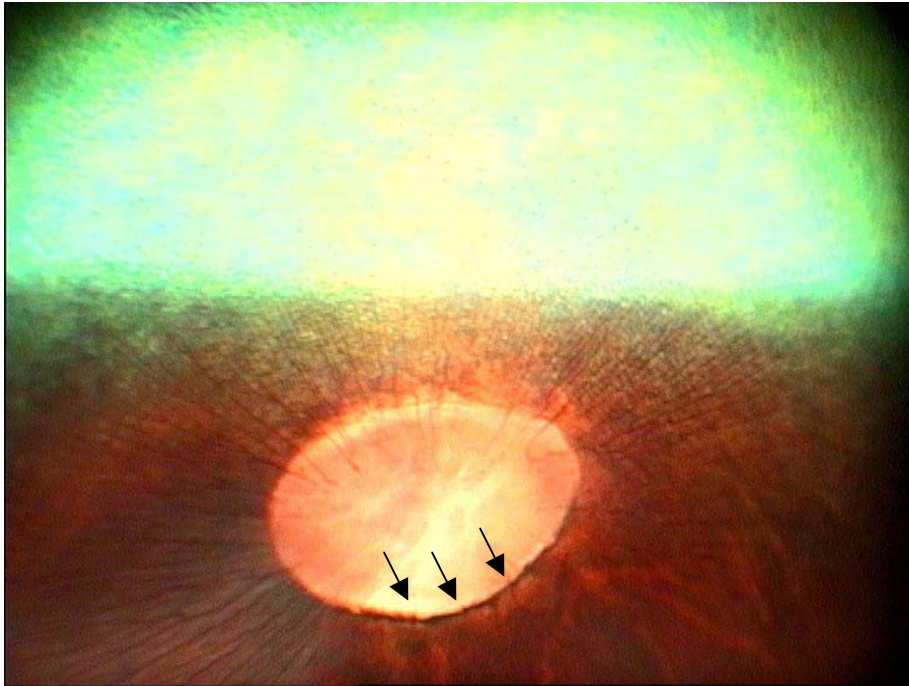


Abb. 13: Haflinger, Fuchs, Stute, 13 Jahre, OS, Hyperpigmentation des ventralen Papillenrandes (Pfeile),

In Abbildung 13 handelt es sich um den Augenhintergrund des linken Auges einer 13-jährigen Haflingerstute. Die Aufnahme wurde als Einzelbild unmittelbar nach der Euthanasie auf Grund einer hochgradigen Arthrose im linken Kniegelenk angefertigt. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera angewandt.

Es handelt sich um einen normalen Augenhintergrund, bei dem jedoch als normalanatomische Variation eine Hyperpigmentation des ventralen Papillenrandes zu erkennen ist. Zusätzlich liegt ein partieller Fundusalbinismus im Bereich des Tapetum nigrum vor, so dass die chorioidalen Gefäße in diesem Bereich rot leuchtend sichtbar werden.

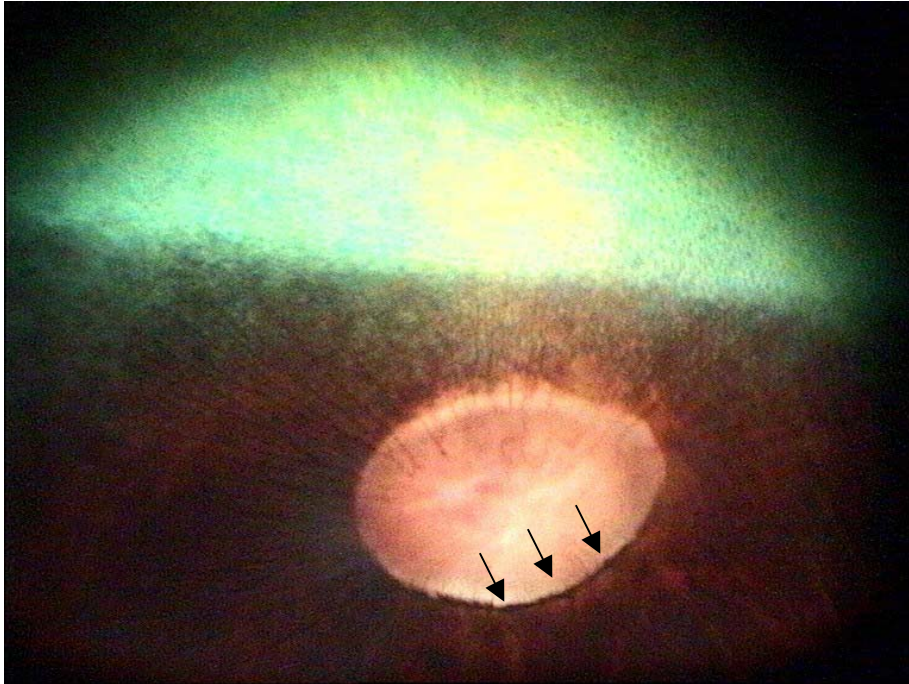


Abb. 14: Haflinger, Fuchs, Stute, 13 Jahre, OS, Hyperpigmentation des ventralen Papillenrandes (Pfeile)

In Abbildung 14 handelt es sich erneut um die 13-jährige Haflingerstute wie in Abbildung 12. Es liegt ebenfalls eine Aufnahme des linken Augenhintergrundes nach der Euthanasie vor. Hier jedoch wurde ein sog. Graufilter in den Strahlengang eingeschaltet, um die Überblendung und starke Reflexion des Tapetum lucidums, wie sie in Abbildung 12 vorliegt, zu vermeiden. Dadurch vermindert sich aber gleichzeitig die schöne kräftige Farbe der choroidalen Gefäße, die durch den Fundusalbinismus so gut sichtbar sind. Und auch die Hyperpigmentierung des ventralen Papillenrandes hebt sich weniger deutlich hervor.

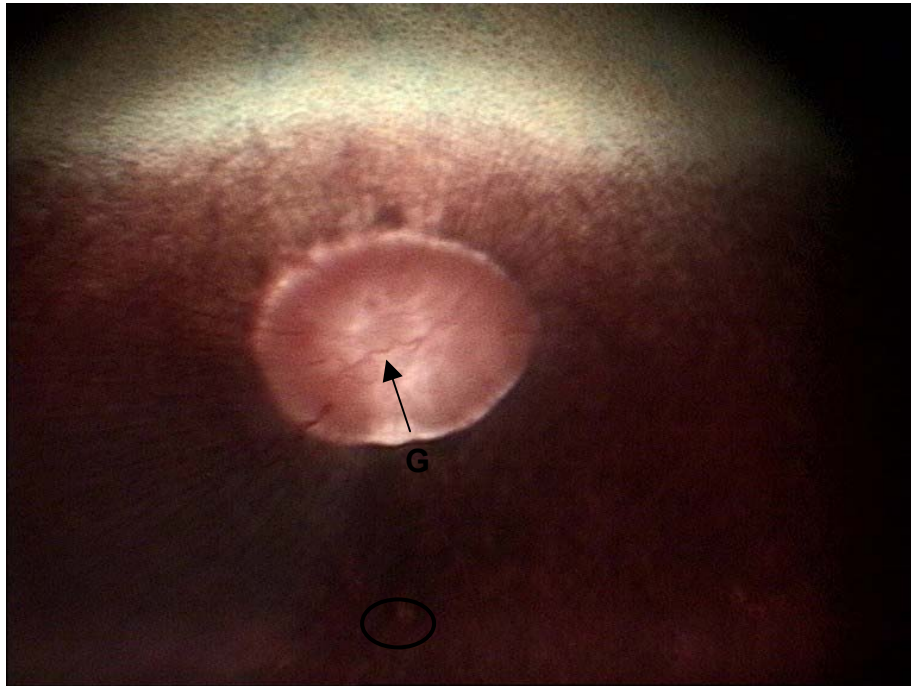


Abb. 15: Appaloosa, Braunschecke, Stute, 6 Jahre, OS, Zweiästiges Gefäß in der Mitte der Sehnervenpapille, G: Gefäß

Abbildung 15 zeigt den Augenhintergrund des linken Auges einer 6-jährigen Appaloosastute. Das Bild wurde als Einzelaufnahme nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera angewandt.

Es zeigt sich in der Mitte der Sehnervenpapille ein verzweigtes Gefäß. Vermutlich handelt es sich hierbei um Überreste embryonaler Gefäße. Außerdem sind zusätzlich einige kleine sog. Bullethole Lesions (Kreis) zu erkennen, die Folge einer fokalen Chorioretinitis sind.

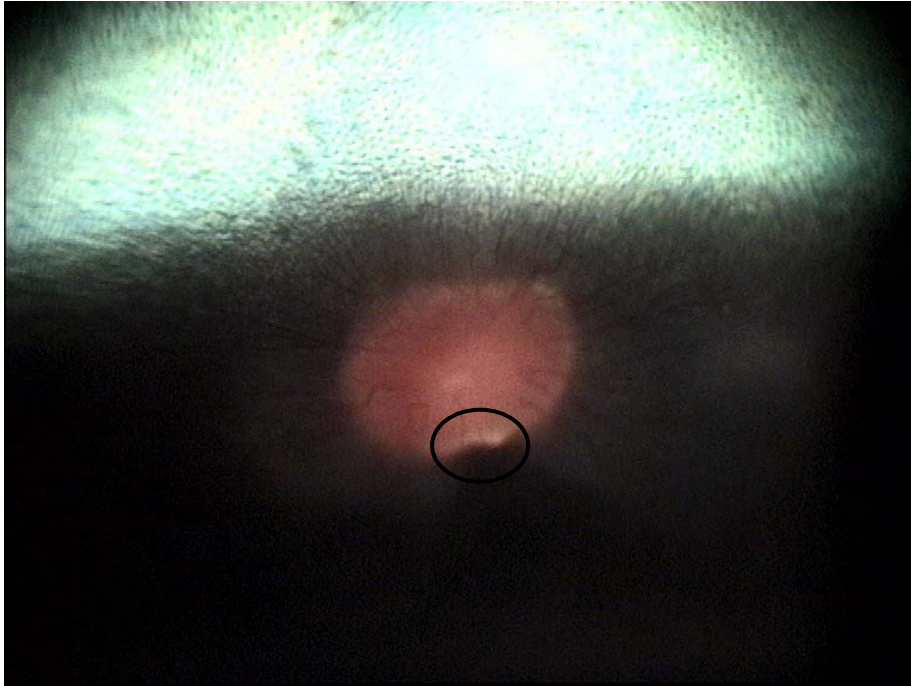


Abb. 16: Warmblut, Rappe, Wallach, 6 Jahre, OS, Einziehung am ventralen Papillenrand (Kreis)

In Abbildung 16 ist der Augenhintergrund des linken Auges eines 6-jährigen Warmblutwallachs gezeigt. Es handelt sich um eine Einzelaufnahme nach einer Vitrektomie in Vollnarkose. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera verwendet.

An der ventralen Begrenzung der Sehnervscheibe zeigt sich bei diesem Wallach eine kleine Einziehung, unter der sich die Ebene der embryonalen Augenbecherspalte befindet. An dieser Stelle treten häufig Entwicklungsanomalien, wie z.B. Kolobome auf.

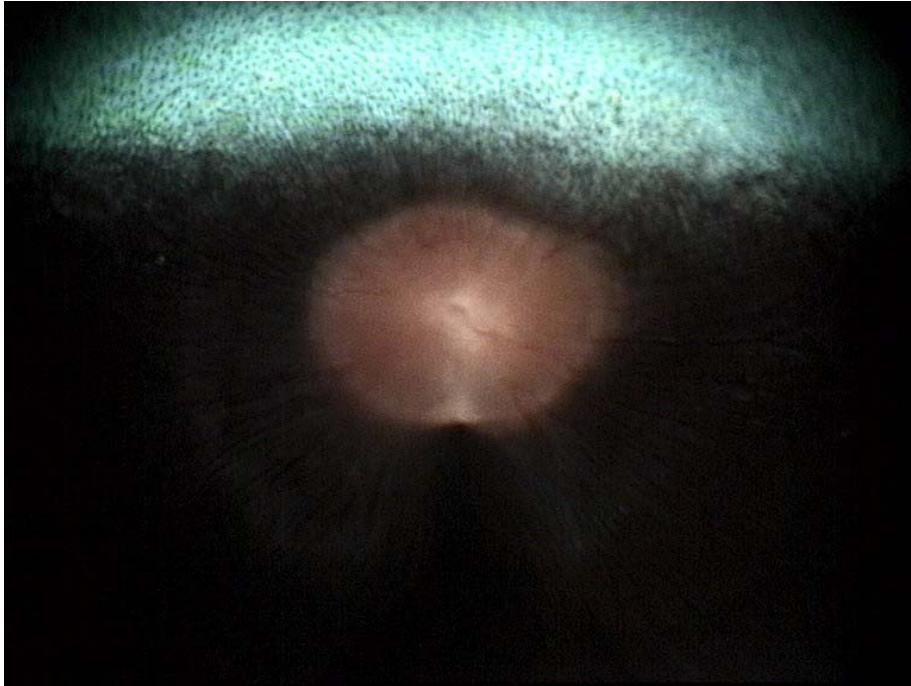


Abb. 17: Isländer, Schwarzbrauner, Hengst, 9 Jahre, OD, Myelinisierung der Nervenfasern über die Lamina cribrosa hinaus

Abbildung 17 zeigt den Augenhintergrund des rechten Auges bei einem 9-jährigen Isländerhengst. Die Aufnahme wurde nach einer Vitrektomie in Vollnarkose als Einzelbild angefertigt. Um eine kontrastreichere und deutlichere Darstellung der retinalen Gefäße zu erreichen wurde ein Grünfilter in den Strahlengang eingeschwenkt. So zeichneten sich die hier wegen des dunklen Tapetums und vermutlich auch aufgrund der durch die ERU bedingten diffusen Trübung eher undeutlich zu erkennenden Gefäße und auch Winslow'schen Sterne deutlich besser ab.

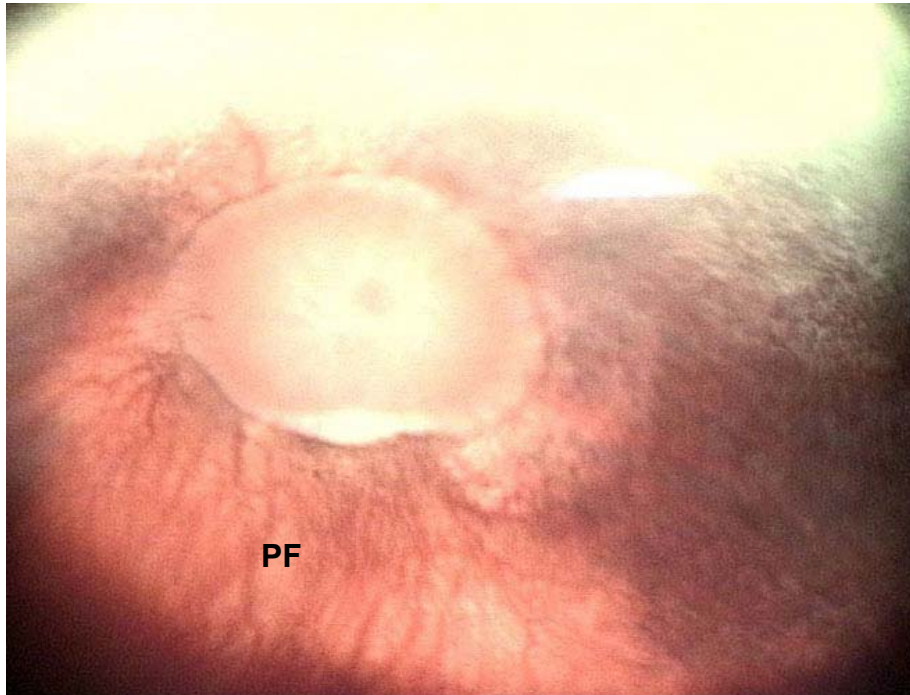
Vom ventrolateralen und ventromedialen Bereich der Sehnervpapille ziehen strahlenförmige, graue Streifen in den Fundus hinein. Manchmal sind sie ähnlich eindrucksvoll wie der Strahlenkranz einer Corona. Es handelt sich hierbei um die Myelinisierung von Axonen der Ganglienzellen in der Nervenfaserschicht, die über die Grenze der Lamina cribrosa vom retroorbitalen Teil des Sehnervs in den Augenhintergrund hineinreicht.



Abb 18: Westfälisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 7 Jahre, OS, Prominente Lamina cribrosa

In Abbildung 18 ist der Augenhintergrund des linken Auges eines 7-jährigen Westfalenwallachs abgebildet. Die Aufnahme wurde als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose durchgeführt. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

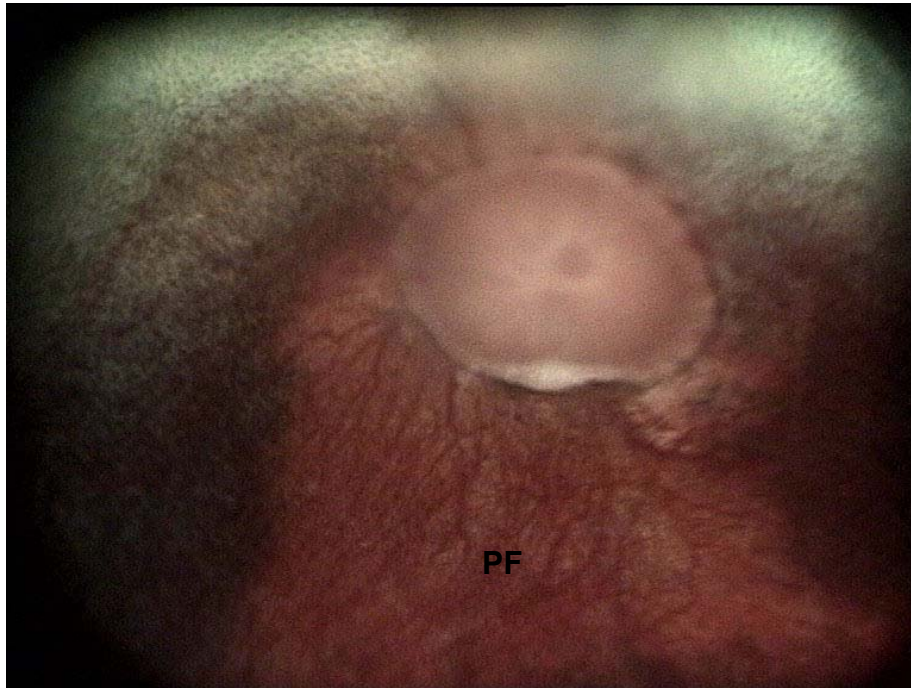
Bei diesem Wallach, obwohl er erst 7 Jahre alt ist, fällt auf, dass die Lamina cribrosa sclerae, die das Foramen sclerae überbrückt, weit hervorsteht, und so der Sehnervscheibe ein faszikuläres Aussehen gibt. Mit zunehmendem Alter wird die Lamina cribrosa prominenter, was sich in einer noch deutlicheren Fenestrierung äußert.



**Abb. 19: Criollo, Braunschecke, Wallach, 21 Jahre, OD, Partieller Fundus-Albinismus,
PF: Partieller Fundusalbinismus**

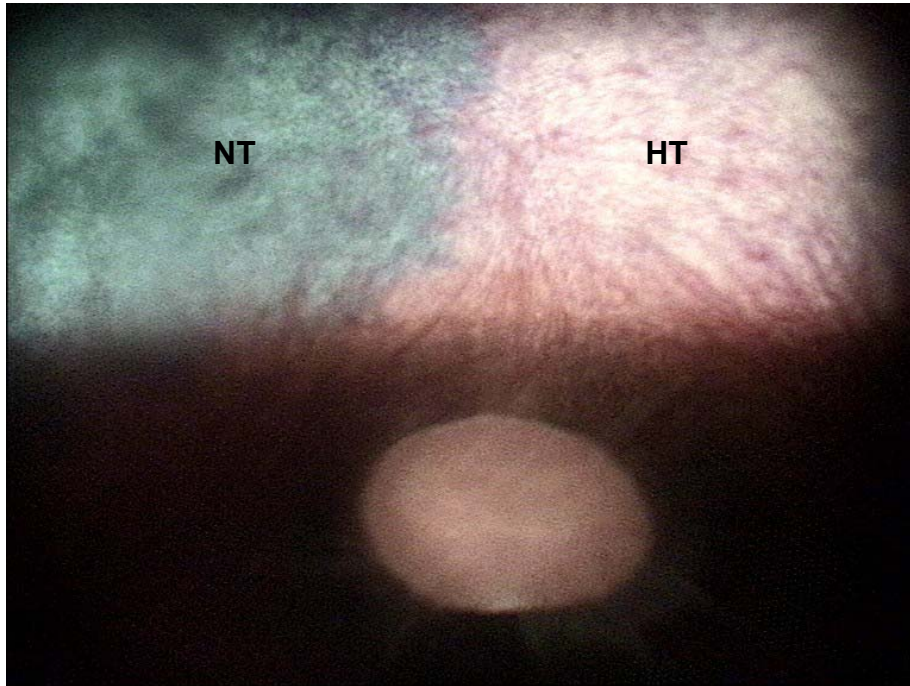
Abbildung 19 zeigt den rechten Augenhintergrund eines 21-jährigen Criollowallachs. Die Aufnahme wurde als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Im Bereich um die gesamte Sehnervpapille, besonders ventral, liegt ein sogenannter partieller Fundusalbinismus vor. Bei Tieren mit heller pigmentiertem Fell, wie hier bei einem Schecken, liegt ein Pigmentmangel vor, so dass die choroidalen Gefäße, die sonst nicht sichtbar sind, in Erscheinung treten. Bei diesem Wallach trifft der Begriff "tigroid" sehr gut zu, da dank der hell leuchtenden Farben die Ähnlichkeit mit einem Tigerfell sehr deutlich ist. Um den partiellen Albinismus darzustellen, kommen die hell strahlenden und reflektierenden Farben zwar zu gute, der Rest des Bildes ist aber wegen des zu stark reflektierenden Tapetum lucidums völlig überstrahlt.



**Abb. 20: Criollo, Braunschecke, Wallch, 21 Jahre, OD, Partieller Fundus-Albinismus,
PF: Partieller Fundusalbinismus**

Abbildung 20 zeigt erneut den rechten Augenhintergrund des 21-jährigen Criollowallachs aus Abbildung 19. Die Aufnahme wurde ebenfalls als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Die Unschärfe im dorsalen Bildbereich resultiert aus Auflagerungen auf der Linsenrückfläche und einer beginnenden Linseneintrübung als Folge der ERU. Wegen der Überstrahlung wurde dieser Befund in Abbildung 19 jedoch nicht deutlich. Bei dieser Aufnahme wurde ein Graufilter in den Strahlengang eingeschwenkt, um eine Überstrahlung durch das hell reflektierende Tapetum lucidum zu verhindern. Die Farben im Bereich des partiellen Albinismus erscheinen nun zwar nicht mehr so imposant und leuchtend, dafür ist das Bild als Ganzes jedoch wesentlich ausgewogener und detaillierter.



**Abb. 21: Isländer, Rappe, Wallach, 5 Jahre, OD, Hypoplastisches Tapetum
HT: Hypoplastisches Tapetum, NT: normales Tapetum**

In Abbildung 21 ist der Augenhintergrund des rechten Auges eines 5-jährigen Isländerwallachs dargestellt. Bei der Aufnahme handelt es sich um eine Momentaufnahme aus einem Video, das nach einer Vitrektomie in Vollnarkose aufgezeichnet wurde. Es wurde ein Graufilter eingesetzt, da der Schwerpunkt in der Darstellung des Tapetum lucidum lag.

Bei diesem Wallach liegt zusätzlich zum partiellen Fundusalbinismus ein dünn ausgebildetes bzw. hypoplastisches Tapetum lucidum vor. Diese anatomische Variante äußert sich in einem orangen oder rötlichen Tapetumreflex. Häufig ist wie hier ein suprapapillärer Bereich davon betroffen. Bei genauem Hinsehen werden außerdem cicumpapilläre Netzhautfalten sichtbar, die später durch das Entfernen des Graufilters und damit mehr Lichtintensität noch besser dargestellt wurden.

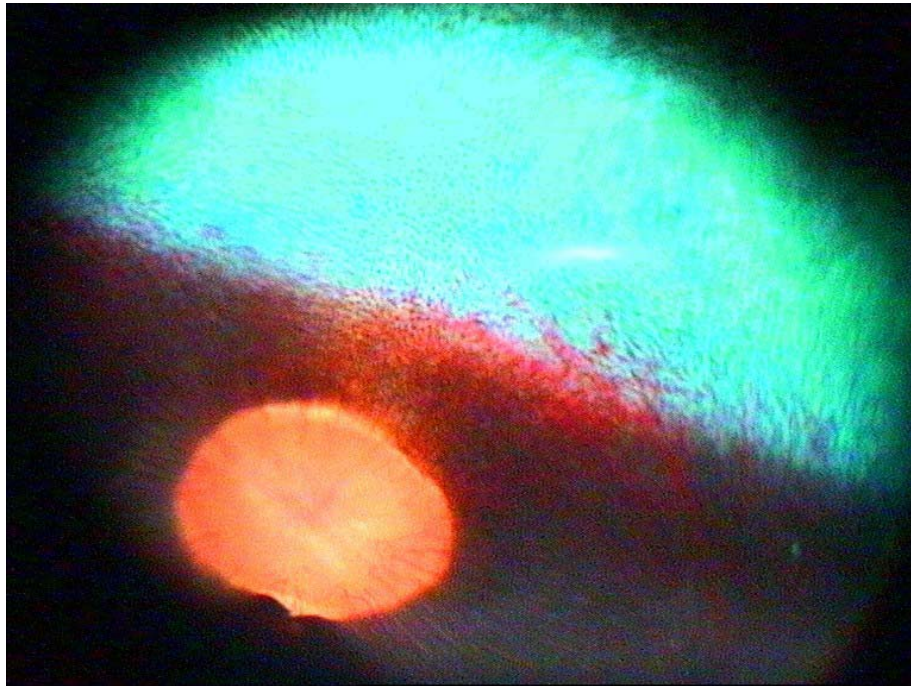


Abb. 22: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OD, Partieller Fundus-albinismus

Abbildung 22 zeigt den Augenhintergrund vom rechten Auge eines 11-jährigen Araberwallachs. Die Aufnahme wurde am stehenden, sedierten Pferd durchgeführt. Es handelt sich um eine Momentaufnahme aus einem Video. Um das sichtbare choroidale Gefäß deutlicher hervortreten zu lassen, wurde ein Grünfilter in den Strahlengang eingeschwenkt. Dadurch erscheinen die Farben, besonders das Rot des Gefäßes, zwar leuchtender, aber es wird auch eine gewisse Verfälschung der Farben z.B. im Tapetum lucidum bewirkt.

Der partielle Fundusalbinismus bei diesem Schimmel stellt einen außergewöhnlich schön anzusehenden Befund dar, denn der bogenförmige Verlauf des sichtbaren choroidalen Gefäßes erinnert an einen edel geschwungenen "Peacocktail" (=Pfauenschwanz).

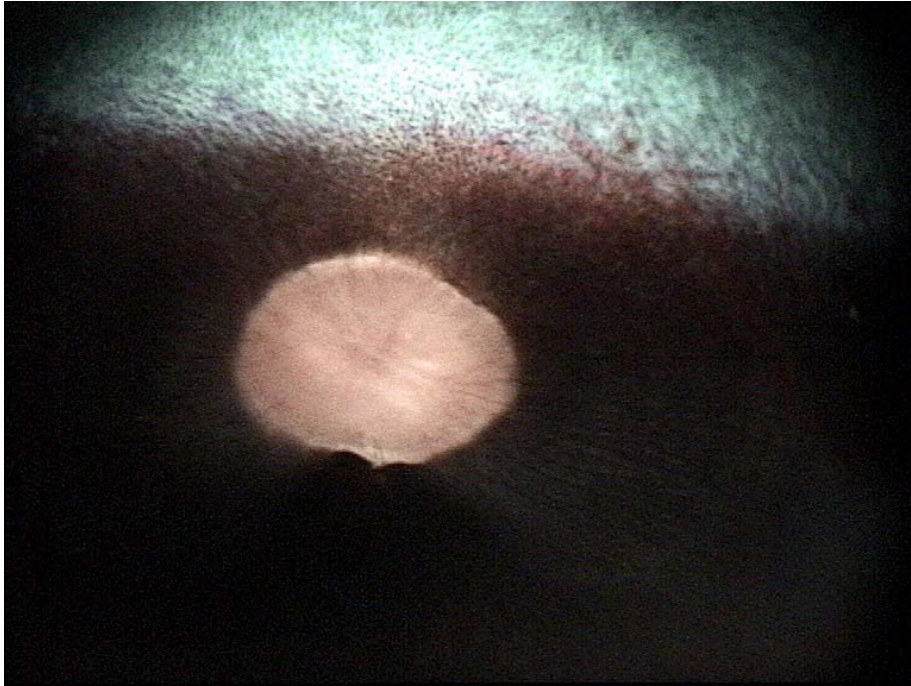


Abb. 23: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OD, Partieller Fundus-albinismus

In Abbildung 23 ist erneut der Augenhintergrund des 11-jährigen Araberwallachs aus Abbildung 22 gezeigt. Es handelt sich erneut um eine Momentaufnahme aus einem Video, die am stehenden Pferd aufgenommen wurde. Dieses Mal wurde jedoch ein Graufilter zwischengeschaltet, so dass das Bild insgesamt dunkler erscheint, nicht zuletzt weil die Farben weniger kräftig und leuchtend erscheinen. Es wurde ebenfalls versucht Aufnahmen ohne einen Filter durchzuführen, aber die Lichtintensität ließ sich auf diesem Wege nicht genügend reduzieren, um eine zu starke Reflexion des bei diesem Wallach sehr farbintensiven Tapetums zu vermeiden.

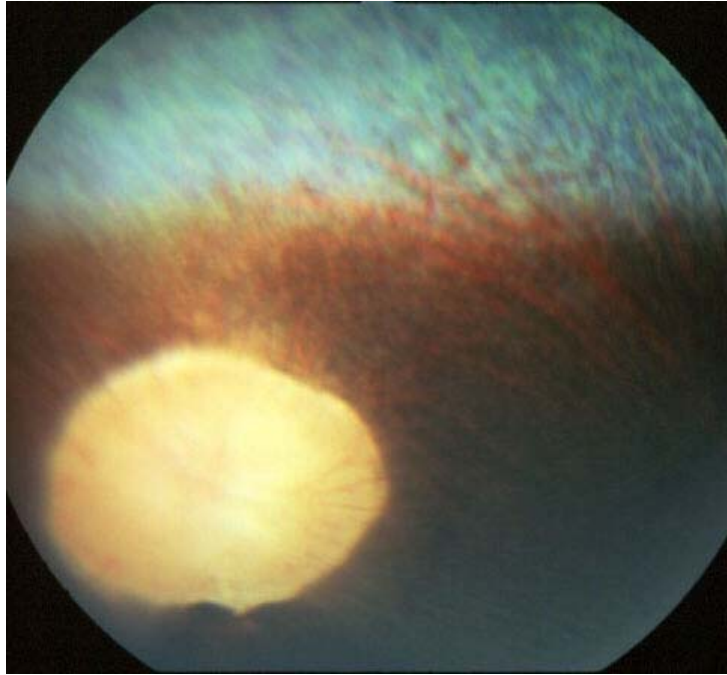


Abb. 24: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OD, Partieller Fundus-albinismus

In Abbildung 24 ist erneut der Augenhintergrund des Wallachs aus Abbildung 22 und 23 zu sehen. Hier handelt es sich jedoch um eine Aufnahme mit einer konventionellen Funduskamera, der Kowa Genesis. Auch diese Aufnahmen wurden in der gleichen Sitzung am stehenden Pferd als Diaserie erstellt. Anschließend wurden die besten Dias mit Hilfe eines Flachbrettscanners digitalisiert. Es ist deutlich sichtbar, dass das ehemals stechend scharfe und detailgenaue Dia erheblich an Schärfe und Auflösung durch den Digitalisierungsprozess verliert. Außerdem ist der Bildwinkel der Kowa Genesis doch deutlich geringer. Die einmalige, naturgetreue Farbdarstellung des Dias wird jedoch kaum beeinträchtigt.

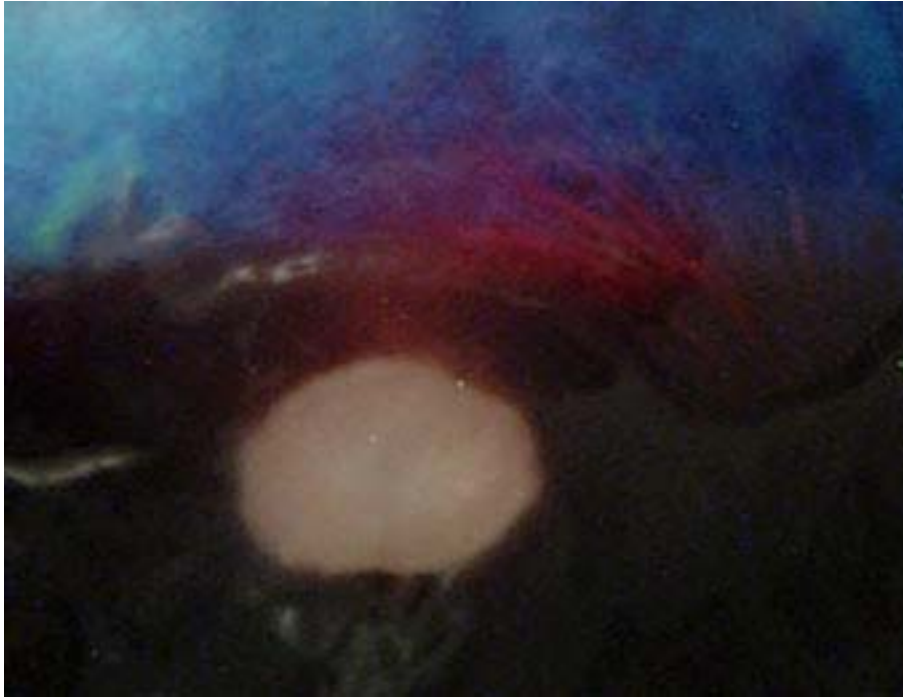


Abb. 25: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OD, Partieller Fundus-Albinismus am eröffneten Augapfel

Zum direkten Vergleich ist in Abbildung 25 eine Photographie der Netzhaut des Wallachs am aufgeschnittenen Bulbus gezeigt. Der Wallach musste auf Grund einer schweren Hufrehe an allen 4 Gliedmaßen euthanasiert werden. Der Bulbus wurde anschließend entnommen und ca. 5- 10 mm hinter dem Limbus zirkulär eröffnet. Eine Ablösung und ein Faltenwerfen der Netzhaut konnte nicht verhindert werden.

Im direkten Vergleich mit dem natürlichen Augenhintergrund wird deutlich, dass die Farben bei der konventionellen Fundusphotographie mit Hilfe von Diafilmen mit einer außergewöhnlichen Intensität und Naturtreue abgebildet werden.

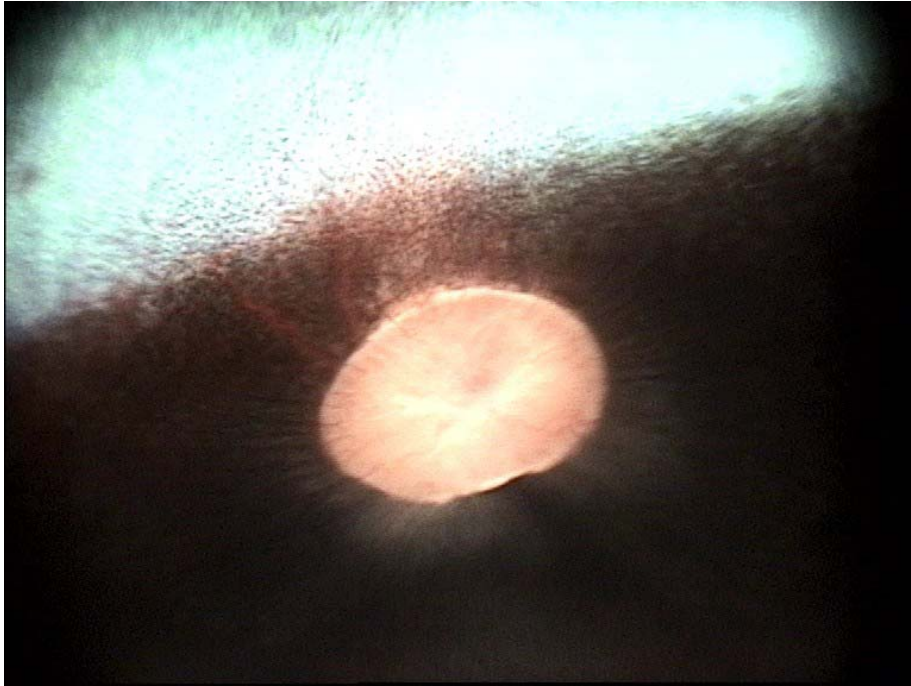


Abb. 26: Vollblutaraber, Schimmel, Wallach, 11 Jahre, OS, Partieller Fundus-Albinismus

In Abbildung 26 ist der Augenhintergrund desselben Pferdes, aber dieses Mal des anderen Auges dargestellt. Es handelt sich wiederum um Momentaufnahmen aus einer Videosequenz, die am stehenden Pferd aufgezeichnet wurde. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Auch das rechte Auge des Wallachs zeigt einen partiellen Albinismus oberhalb der Sehnervscheibe. Es sind häufig beide Augen betroffen, jedoch nicht zwangsläufig symmetrisch.

3.2.2.3 Pathologische fundusphotographische Befunde

3.2.2.3.1 *Retinale Blutung*

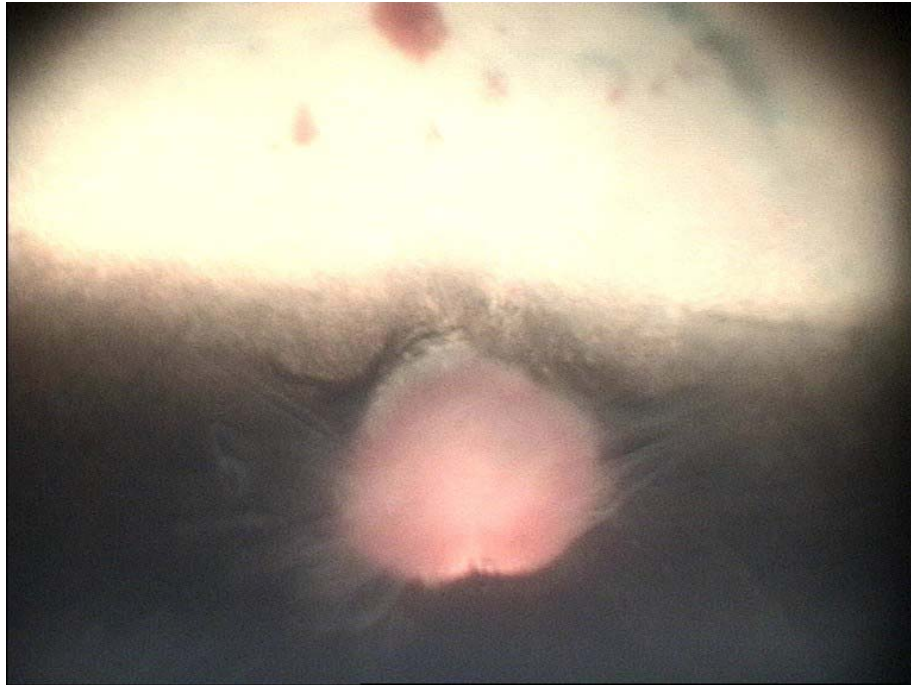


Abb. 27: Thüringer Warmblut, Fuchs, Stute, 8 Jahre, OS, Retinale Blutung

Abbildung 27 zeigt den linken Augenhintergrund einer 8-jährigen Warmblutstute. Die Aufnahme entstand als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Der Glaskörper dieser Stute war vor der Operation stark getrübt und es fanden sich erhebliche entzündliche Einlagerungen. Die feinen grauen Streifen, die fast dreidimensional sichtbar in den Glaskörperraum ziehen, sind Überreste dieser entzündlichen Einlagerungen. Sie liegen so nahe an der Retina, dass sie im Zuge der Operation nicht entfernt werden konnten, um diese nicht unabsichtlich zu beschädigen. Im Bereich des tapetalen Fundus zeigen sich kleine retinale Blutungen. Netzhautblutungen lassen sich auf Grund ihrer Form, Lage und Farbe der jeweiligen Schicht zuordnen, in der sie stattgefunden haben. Zirkuläre, rostbraune Punkte im Tapetum lucidum wie diese sind eher subretinal gelegen.

3.2.2.3.2 Netzhautfalten

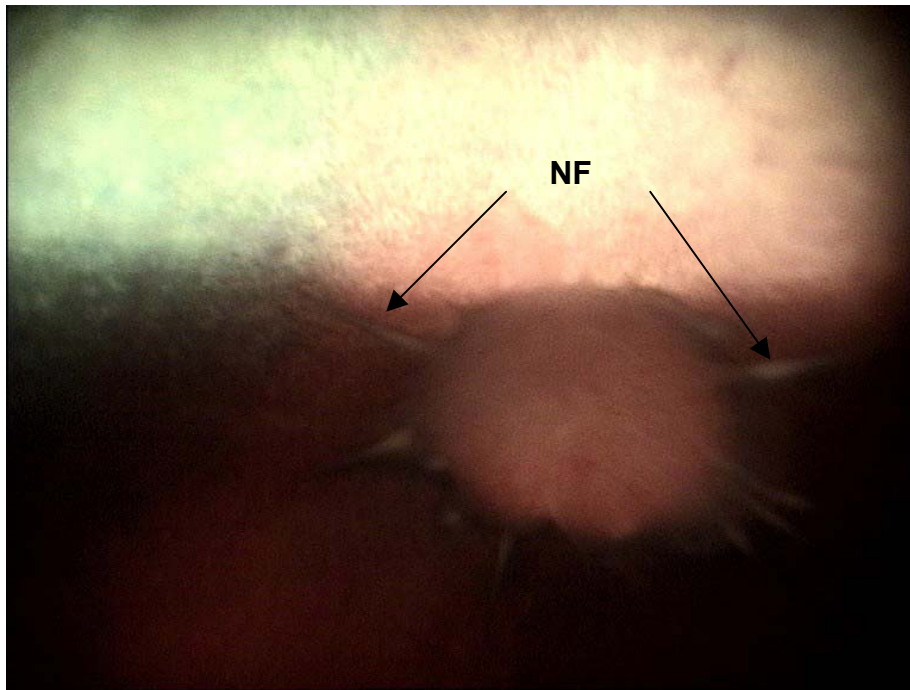


Abb. 28: Deutsches Reitpony, Fuchs, Wallach, 5 Jahre, OD, Netzhautfalten
NF: Netzhautfalten

In Abbildung 28 ist der rechte Augenhintergrund eines 5-jährigen Reitponywallachs gezeigt. Das Bild wurde als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Bei diesem Wallach ist es im Zuge der ERU zu einer partiellen Ablösung der Netzhaut von der Aderhaut in Form von kleinen zirkumpapillären Netzhautfalten gekommen. Die Ablösung kann durch zwei denkbar mögliche Mechanismen ausgelöst worden sein: Entweder durch subretinalen Austritt von Flüssigkeit aus der entzündlich veränderten Uvea oder durch die Zugwirkung vitreo-retinaler Membranen, die im Zuge der Entzündung bei hinteren Uveitiden entstehen.

Zusätzlich liegt auch bei diesem Pony ein hypoplastisches Tapetum vor, das sich in einem teilweise rötlich-orangen Tapetumreflex äußert.

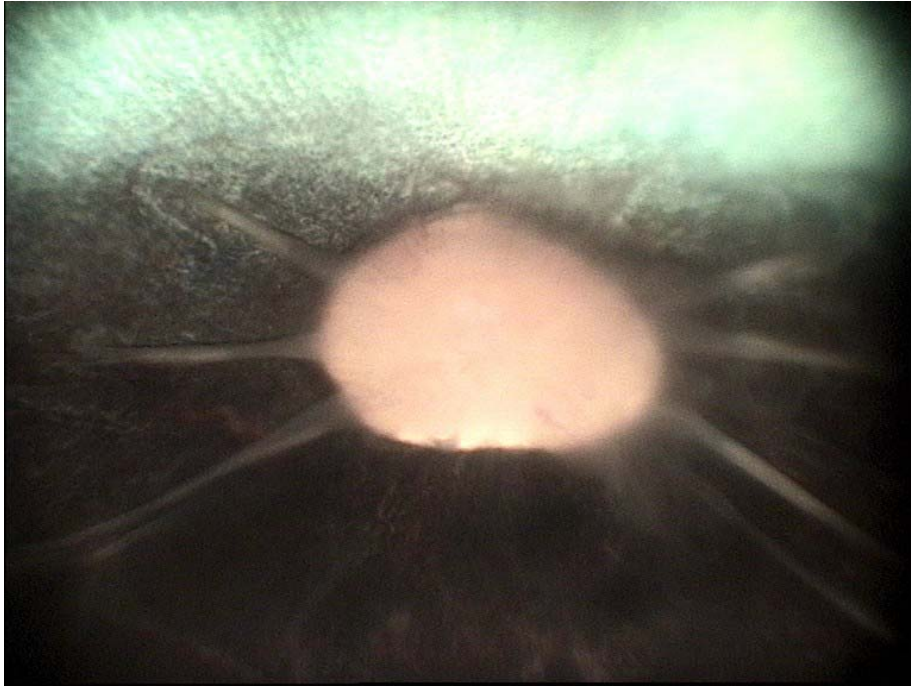


Abb. 29: Westfälisches Warmblut, Fuchs, Hengst, 6 Jahre, OD, Netzhautfalten

Abbildung 29 zeigt den Augenhintergrund am rechten Auge eines 6-jährigen Westfalenhengstes. Die Aufnahme wurde als Einzelbild nach einer Vitrektomie in Vollnarkose erstellt. Dabei wurden keine besonderen Kamerafunktionen eingesetzt. Auch bei diesem Warmbluthengst liegen erhebliche zirkumpapilläre Netzhautfalten vor, die sich weit in das Tapetum nigrum hinein ausdehnen. Schon bestehende Netzhautfalten bedeuten bei einer Glaskörperoperation immer ein erhöhtes Risiko der Erblindung, da durch die Zugwirkung des Vitrektoms während der Operation eine vollständige Ablösung bewirkt werden kann. Auch für die Zukunft muss eine vorsichtige Prognose zum Erhalt der Sehfähigkeit dieses Auges ausgesprochen werden, da ein Fortschreiten der Ablösung bei solch erheblichen Falten wahrscheinlich ist.

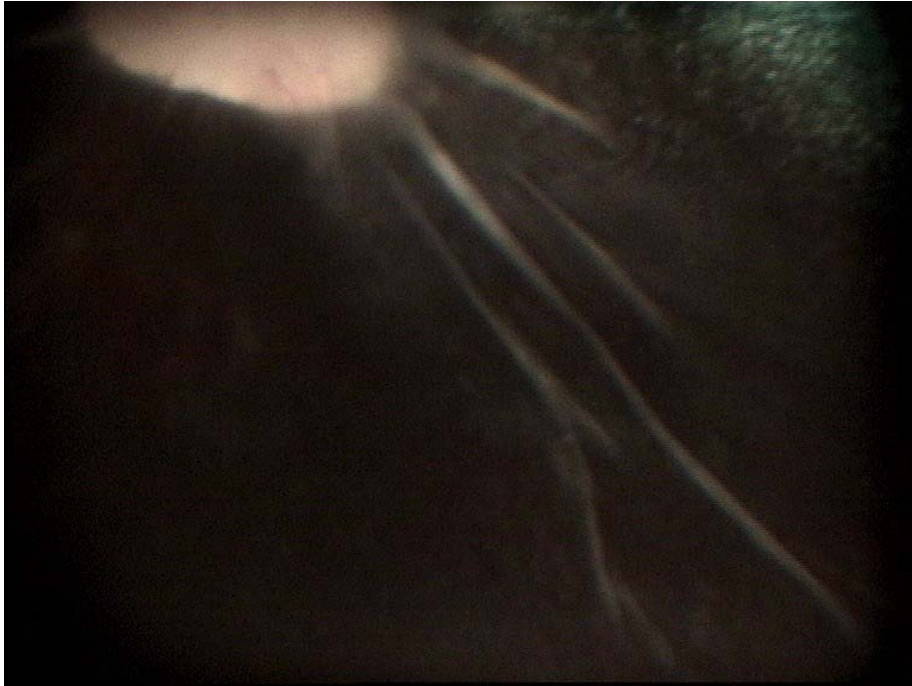


Abb. 30: Westfälisches Warmblut, Fuchs, Hengst, 6 Jahre, OD, Netzhautfalten

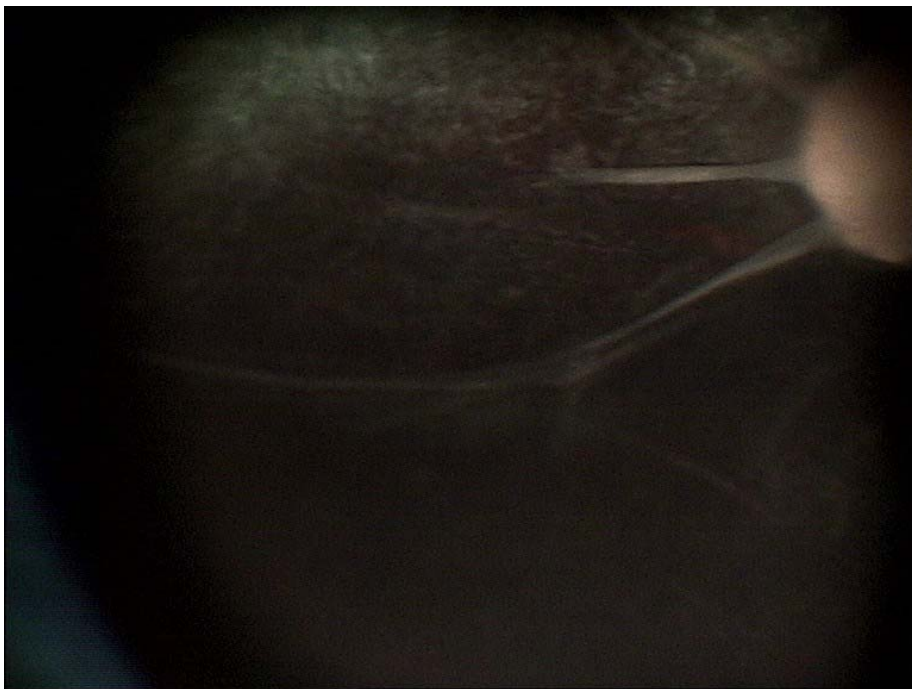


Abb. 31: Westfälisches Warmblut, Fuchs, Hengst, 6 Jahre, OD, Netzhautfalten

Sowohl in Abbildung 30 als auch 31 ist erneut der Augenhintergrund des 6-jährigen Hengstes unter gleichen Bedingungen wie in Abbildung 29 gezeigt.

Beide Abbildungen zeigen, dass die Netzhautfalten zu beiden Seiten der Sehnervpapille weit und baumartig verzweigt in den nicht-tapetalen Fundus hineinziehen, und eine vorsichtige Prognose besteht.

3.2.2.3.3 Netzhautablösung



Abb. 32: Warmblut, Brauner, Wallach, 10 Jahre, OD, vollständige Netzhautablösung

In Abbildung 32 ist der Augenhintergrund des rechten Auges eines 10-jährigen Warmblutwallachs gezeigt. Das Bild ist eine Momentaufnahme aus einem Video, das nach dem Versuch einer Vitrektomie in Vollnarkose aufgezeichnet wurde. Dabei wurden keine weiteren Funktionen der Kamera verwendet.

Bei diesem Wallach war das linke Auge bereits durch die Folgen einer ERU erblindet. Auch das rechte Auge zeigte bereits erhebliche Schäden: eine Abflachung der vorderen Augenkammer, eine nicht mehr vollständig weitzustellende Pupille, hintere Synechien und eine hochgradige Trübungen des Glaskörperaumes. Die Reaktion auf Licht und Drohgebärden war noch vorhanden. Während der Vitrektomie kam es jedoch zu einer vollständigen Ablösung der Netzhaut, die dann, wie auf dem Bild zu erkennen ist, frei im Glaskörperaum schwamm. Auf den Videoaufnahmen ließen sich die flottierenden Bewegungen der frei schwimmenden Netzhaut sehr gut darstellen.

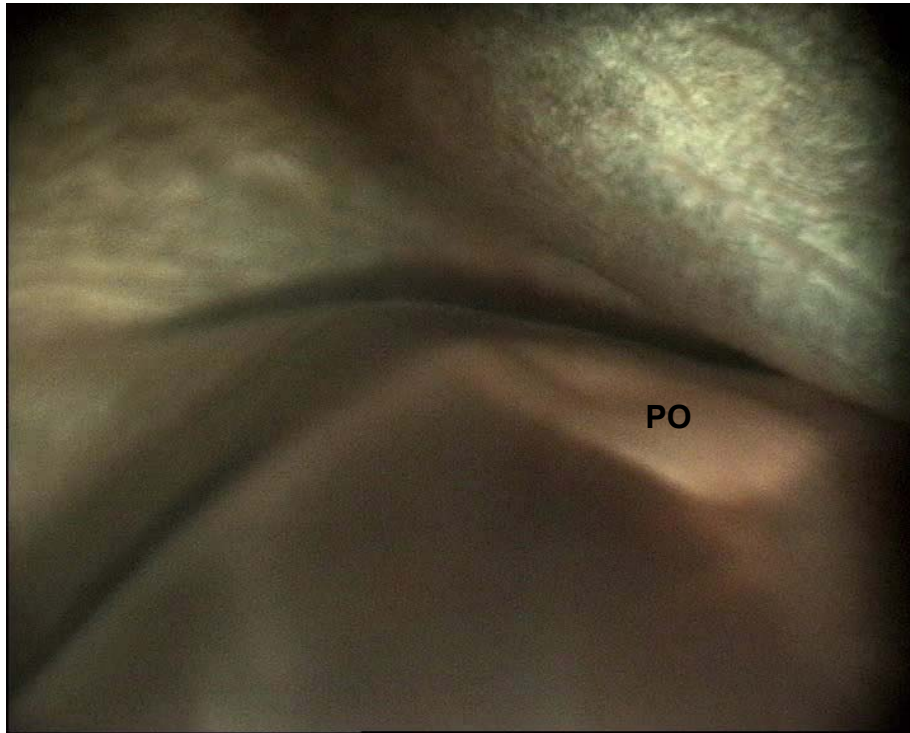


Abb. 33: Warmblut, Fuchs, Wallach, Alter unbekannt, OS, vollständige Netzhautablösung

PO: Papilla optica mit darüber liegender Netzhaut

Abbildung 33 zeigt den linken Augenhintergrund eines Warmblutwallachs unbekanntes Alters, der aus Tierschutzgründen euthanasiert wurde. Bei der Aufnahme handelt es sich um eine Momentaufnahme aus einem Video am bereits entnommenen Auge. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Bei der Entnahme des Auges wurde der Augapfel minimal eröffnet, so dass es durch den Verlust von Glaskörperflüssigkeit zu einem Druckabfall kam und die Netzhaut nicht mehr in Position gehalten werden konnte. Es wurde somit versehentlich der Zustand einer perforierenden Verletzung des Bulbus geschaffen. Mit Hilfe dieses Bildes lässt sich zeigen, dass die Netzhaut im Falle einer Ablösung an der Sehnervscheibe fixiert bleibt. Das Tapetum, das nun von seinem "Vorhang" befreit ist, zeigt andeutungsweise eine Hyperreflexie.

3.2.2.3.4 Bullethole Lesions

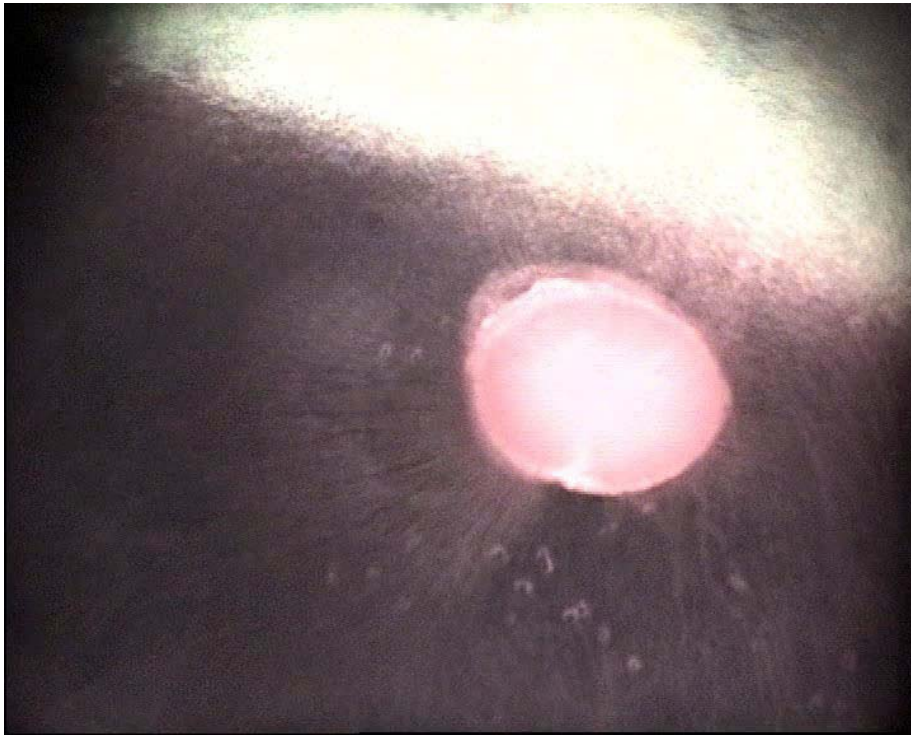


Abb. 34: Isländer, Fuchs, Stute, 5 Jahre, OS, Bullethole Lesions

Abbildung 34 zeigt den Augenhintergrund am linken Auge einer 5-jährigen Isländerstute. Die Aufnahme wurde am stehenden, sedierten Pferd als Einzelbild erstellt, als die Stute zu einer Kontrolluntersuchung nach einer Vitrektomie im Jahr zuvor in der hiesigen Klinik war. Es wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt. Bei dieser Stute befinden sich im Tapetum nigrum unterhalb der Papilla optica mehrere kleine, runde, depigmentierte Bezirke mit hyperpigmentiertem Zentrum. Dabei handelt es sich um sog. Bullethole Lesions, die inaktive Stadien einer Chorio-retinitis darstellen. Als Ursachen kommen vor allem infektiöse Agentien in Frage, die im Zuge einer systemischen Infektion auch die Barriere des Auges überschreiten können. Es wird vermutet, dass kleine, wenige (<20), inaktive Läsionen keinen offensichtlichen Einfluß auf die Sehfähigkeit haben.



Abb. 35: Oldenburger Warmblut, Brauner, Wallach, 5 Jahre, OS, Bullethole Lesions

Abbildung 35 zeigt den linken Augenhintergrund eines 5-jährigen Oldenburgerwallachs. Es handelt sich um eine Momentaufnahme aus einer Videosequenz, die am stehenden Pferd erstellt wurde. Es wurde ein Graufilter in den Strahlengang eingeschwenkt, damit die Veränderungen im Tapetum nigrum nicht überstrahlt wurden.

Auch bei diesem Wallach zeigen sich Stadien einer inaktiven Chorioretinitis in Form von Bullethole Lesions.

3.2.2.3.5 Butterfly Lesions

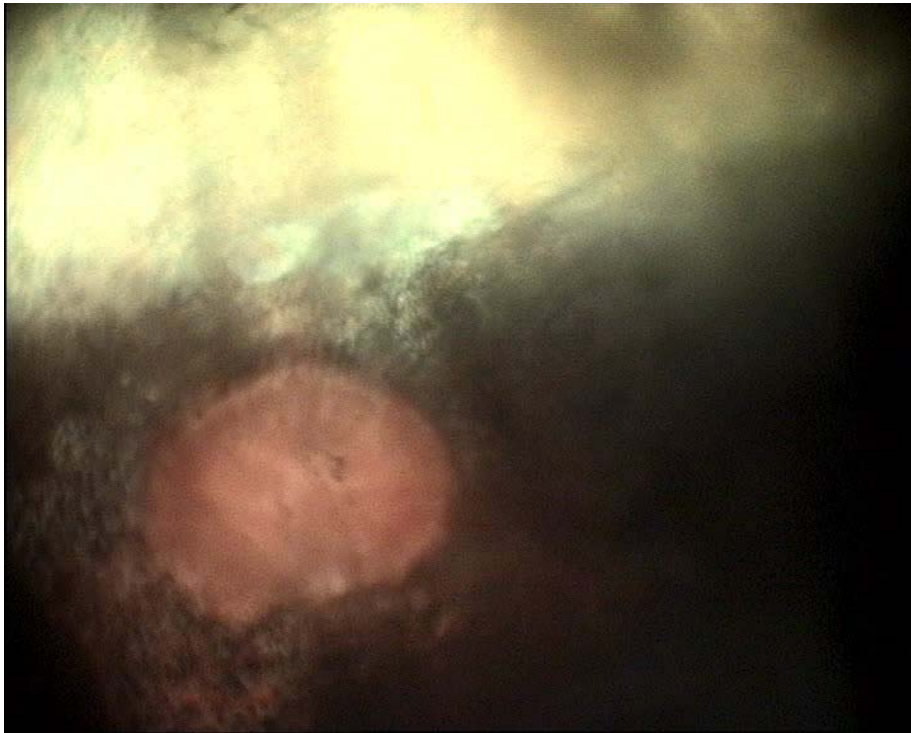


Abb. 36: Polnisches Warmblut, Rappe, Hengst, 10 Jahre, OD, Butterfly Lesions

In Abbildung 36 ist der rechte Augenhintergrund eines 10-jährigen polnischen Warmbluthengstes abgebildet. Die Aufnahme ist eine Momentaufnahme aus einem Video, das vor der Vitrektomie dieses Auges in Vollnarkose aufgezeichnet wurde. Es wurden keine weiteren besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Das Auge zeigt bereits erhebliche Schädigung durch die bestehende ERU. Der gesamte Glaskörperraum ist angefüllt mit entzündlichem Exsudat, das sich zu organisierten, gardinenartigen Membranen zusammenballt. Trotz der schlechten Sichtverhältnisse meint man bereits eine Depigmentierung rund um die Sehnervpapille zu erkennen.

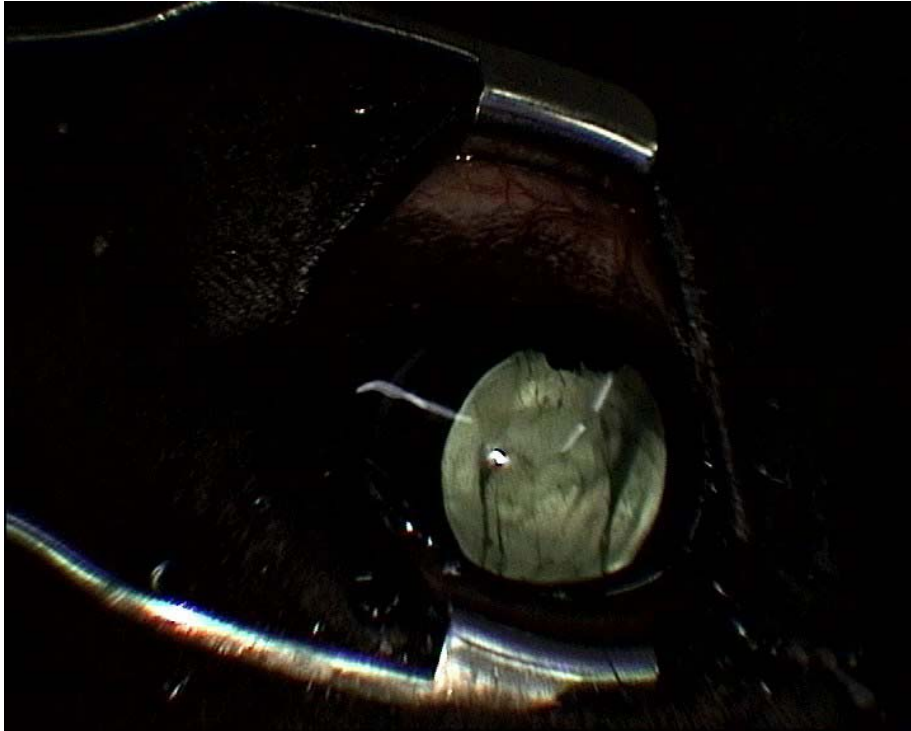


Abb. 37: Polnisches Warmblut, Rappe, Hengst, 10 Jahre, OD, gardinenartige, entzündliche Membranen

Abbildung 37 zeigt erneut das rechte Auge des polnischen Warmbluthengstes aus Abbildung 36. Die Aufnahme wurde ebenfalls vor der Vitrektomie in Vollnarkose getätigt, allerdings als Einzelbild. Es wurde nicht der Tubus zur Darstellung des Augenhintergrundes verwendet, sondern das Objektiv zur Darstellung der vorderen Abschnitte des Auges, das extra für das größere Auge des Pferdes angepasst wurde.

Mittels dieser Photographie können bei medikamentös weitgestellter Pupille die gardinenartigen, entzündlichen Membranen abgebildet werden, die sich hinter der gesamten Sehöffnung aufspannen. Es ist leicht nachzuvollziehen, dass solche massiven Einlagerungen eine erhebliche Einschränkung des Visus bewirken.



Abb. 38: Polnisches Warmblut, Rappe, 10 Jahre, OD, Butterfly Lesions

In Abbildung 38 ist erneut der rechte Augenhintergrund des polnischen Warmbluthengstes gezeigt. Bei diesem Bild handelt es sich um eine Einzelaufnahme, die nach der Vitrektomie in Vollnarkose entstand. Wieder wurden keine besonderen Funktionen der Kamera eingesetzt.

Nachdem die entzündlichen Einlagerungen zusammen mit dem Glaskörpermaterial zum größten Teil entfernt wurden, ist der Blick auf die Sehnervpapille nahezu ungetrübt. Man kann nun deutlich die schmetterlingsflügelartigen, narbigen Veränderungen rund um die Papille erkennen, die daher auch Butterfly Lesions genannt werden. Es handelt sich um inaktive Stadien einer Chorioretinitis, die sich ebenfalls als depigmentierte Zonen, durch die die Sklera reflektiert, mit hyperpigmentierten Flecken darstellen. Diese Form der Chorioretinitis wird immer wieder mit der ERU in Verbindung gebracht, jedoch ist man sich in der Literatur einig, dass Butterfly Lesions nicht als pathognomonisch für ERU anzusehen sind.



Abb. 39: Polnisches Warmblut, Rappe, Hengst, 10 Jahre, OD, nach Entfernung der gardinenartigen, entzündlichen Membranen

In Abbildung 39 wurde wiederum das rechte Auge des polnischen Hengstes mit dem Objektiv für vordere Augensegmente in Vollnarkose nach der Glaskörperoperation dargestellt. Auch auf dieser Photographie wird deutlich, dass die Entfernung der Entzündungsprodukte im Rahmen der Vitrektomie zu einer erheblichen Verbesserung der Sehfähigkeit geführt haben muss. Der Lichteinfall durch die Pupille erfolgt nun nahezu ungehindert.

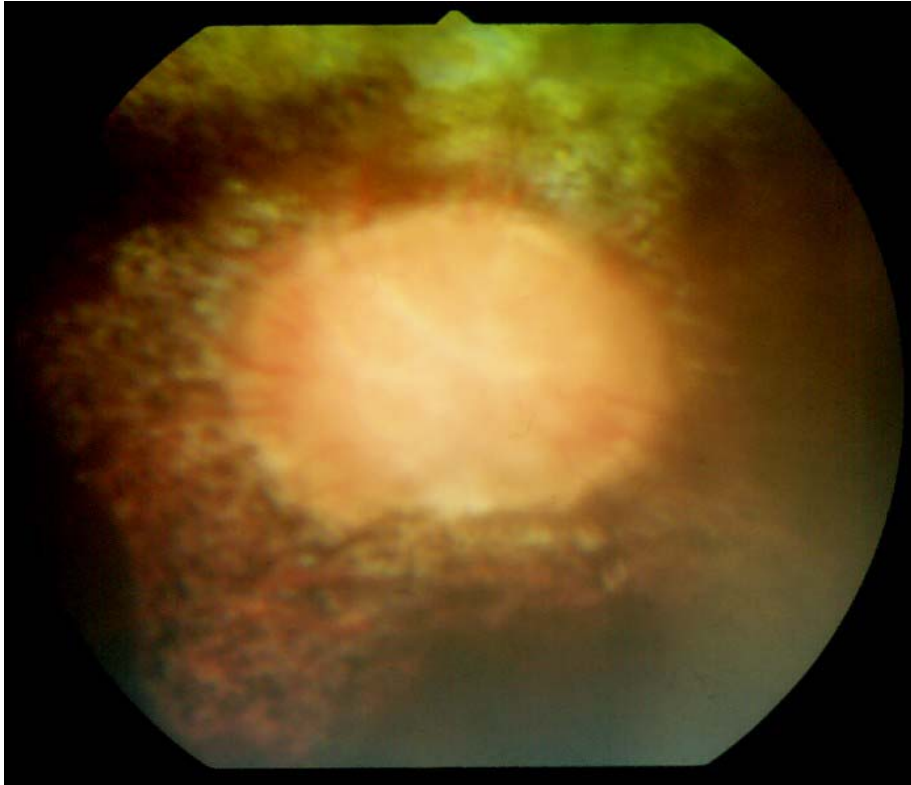


Abb. 40: Polnisches Warmblut, Rappe, 10 Jahre, OD, Butterfly Lesions

Abbildung 40 zeigt ein eingescanntes Dia des polnischen Warmbluthengstes, das mit der konventionellen Kowa Genesis vor der Vitrektomie im Stehen aufgenommen wurde. Auch hier sind die Butterfly Lesions zu erkennen, wenn auch mit einer gewissen Unschärfe, die zum einen durch die bestehende Trübung des Glaskörpers, aber sicherlich auch durch den Verlust an Auflösung durch den Digitalisierungsprozess zu erklären ist. Hinzu kommt erneut, dass der abgebildete Bildausschnitt deutlich kleiner ist, als der des SDO, die abgebildeten Strukturen aber mehr vergrößert werden.

3.2.2.3.6 Sehnervatrophie

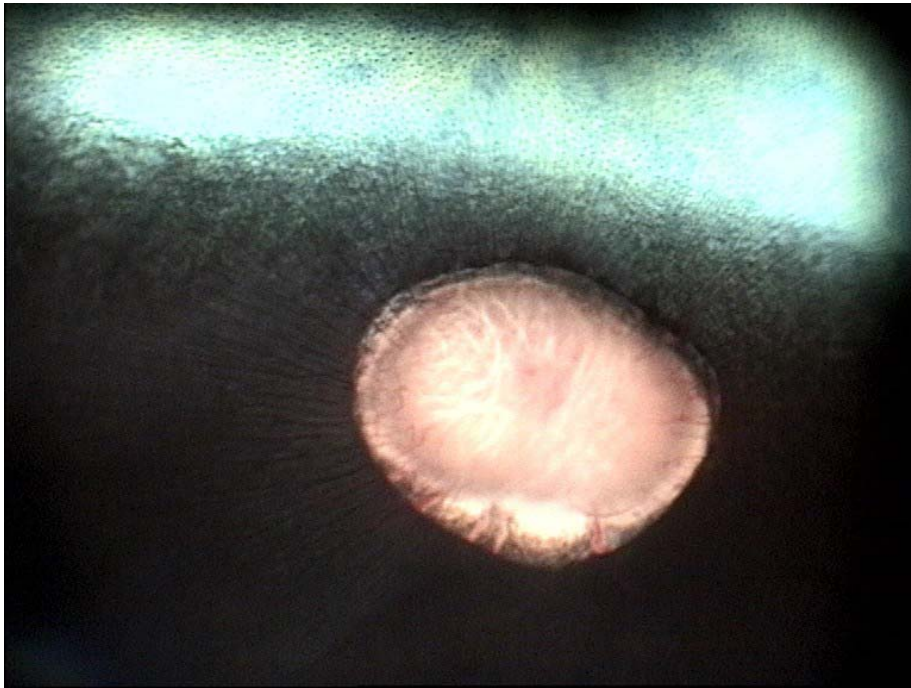


Abb. 41: Ardenner, Rotschimmel, Stute, 5 Jahre, OS, Scheinbar normaler Fundus

In Abbildung 41 ist der Augenhintergrund einer 5-jährigen Ardennerstute dargestellt. Die Aufnahme wurde am sedierten, stehenden Tier als Einzelbild aufgenommen. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera verwendet.

Die Stute wurde mit beidseitiger plötzlicher Blindheit in die Klinik für Pferde der Universität München eingeliefert. Es war beidseits kein Drohreflex vorhanden und die Pupille reagierte nicht mehr auf Lichteinfall. Beide Augen waren völlig klar und reizfrei. Eine elektroretinographische Untersuchung der Netzhaut zeigte keine Verringerung der Erregungsbildung in den Photorezeptoren. Der Augenhintergrund des linken Auges zeigt jedoch scheinbar keine Abweichungen vom Normalbefund.



Abb. 42: Ardenner, Rotschimmel, Stute, 5 Jahre, OD, Sehnervatrophie

Abbildung 42 zeigt den rechten Augenhintergrund der Ardennerstute aus Abbildung 41. Auch diese Photographie entstand am sedierten, stehenden Pferd als Einzelaufnahme. Die Stute wurde zur Sicherheit zusätzlich in einem Zwangsstand untergebracht. Es wurden keine besonderen Kamerafunktionen eingesetzt.

Im Gegensatz zum linken Auge zeigt der Sehnerv des rechten Auges bereits eine beginnende Atrophie. Die Sehnervpapille ist blass und porzellanfarben. Es sind keine retinalen Gefäße mehr zu erkennen. Das Elektroretinogramm des rechten Auges war jedoch, wie auf der linken Seite, nicht eingeschränkt.

Nach der Euthanasie der Stute wurde eine neuropathologische Untersuchung eingeleitet, bei der eine Wallersche Degeneration und Neuritis der Nn. optici festgestellt wurde, die auf der rechten Seite besonders ausgeprägt war. Die knöchernen Basis der Fossa cranii rostralis fehlte völlig, so dass das Gehirn nur noch durch ein dünnes Häutchen von den umliegenden Strukturen getrennt war. Als Ätiologie kam am ehesten ein Kompressionsschaden der Sehnerven durch Ansammlung von entzündlichem Exsudat und Vorwölbung des durch osteolytische Prozesse nur noch häutig ausgebildeten Bodens der Schädelhöhle in Frage.

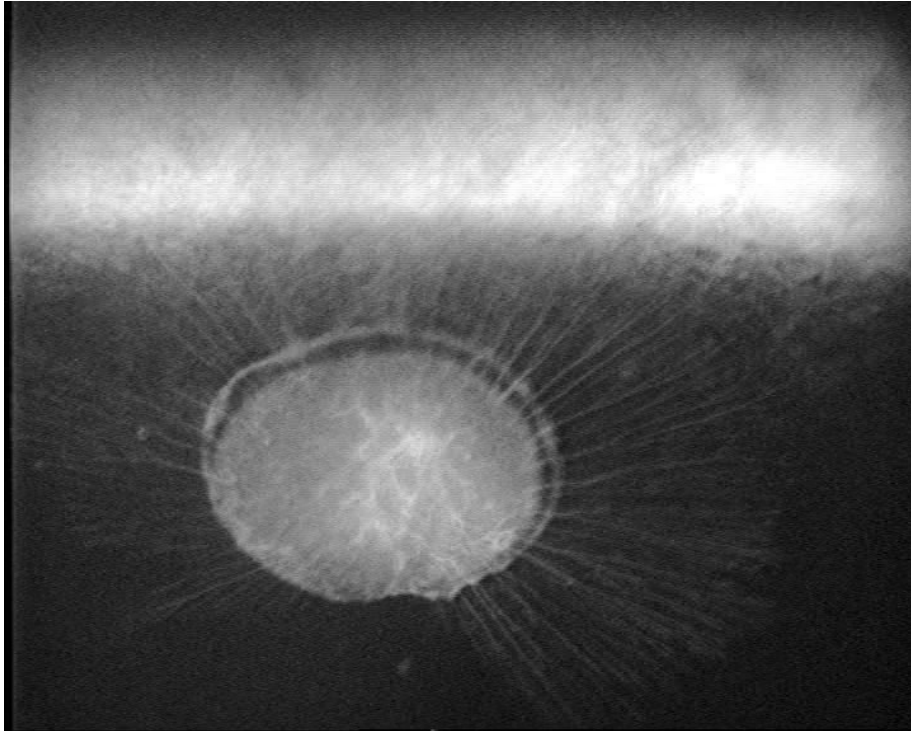


Abb. 43: Ardenner, Rotschimmel, Stute, 5 Jahre, OD, Fluoreszenzangiographie

Abbildung 43 zeigt ein Fluoreszenzangiogramm des rechten Auges der Ardennerstute aus den Abbildungen 41 und 42. Das Bild ist eine Momentaufnahme aus einem Video, das im schwarz-weiß Modus speziell für Fluoreszenzangiographien aufgenommen wurde. Durch die Realtime-Video-Darstellung lassen sich der Verlauf und die verschiedenen Phasen der An- und Abflutung bei der Angiographie sehr gut dokumentieren. Auch diese Untersuchung konnte am sedierten, im Zwangsstand untergebrachten Pferd durchgeführt werden.

Während der Fluoreszenzangiographie zeigten sich um die Sehnervscheibe noch einige Gefäße, die im normalen Aufnahmemodus nicht mehr zu erkennen waren. Allerdings benötigte das Fluoreszein eine längere Zeitdauer bis es in die retinalen Gefäßen eintrat.



Abb. 44: Hannoveraner, Fuchs, Wallach, 5 Jahre, OD, Sehnervatrophie und retinale Narben

In Abbildung 44 ist der rechte Augenhintergrund eines 5-jährigen Hannoveranerwallachs dargestellt. Bei der Aufnahme handelt es sich um eine Momentaufnahme aus einem Video, das am sedierten, im Zwangsstand stehenden Tier entstand. Es wurde ein Graufilter verwendet, um eine Überstrahlung der narbigen Veränderungen rund um die Sehnervpapille zu vermeiden.

Ursprünglich wurde der Wallach in die Klinik für Pferde der Universität München überwiesen, weil den Besitzern Reizerscheinungen des linken Auges aufgefallen waren. Im Zuge der routinemäßigen Untersuchung des zweiten Auges fiel auf, dass der Wallach auf dem rechten Auge blind zu sein schien und keine Drohgebärden oder Lichteinfall mehr wahrnahm. Die Sehnervpapille ist deutlich kleiner als die der linken Seite und rings um den Sehnerv liegen narbige, depigmentierte Bereiche, durch die der Reflex der Sklera schimmert.

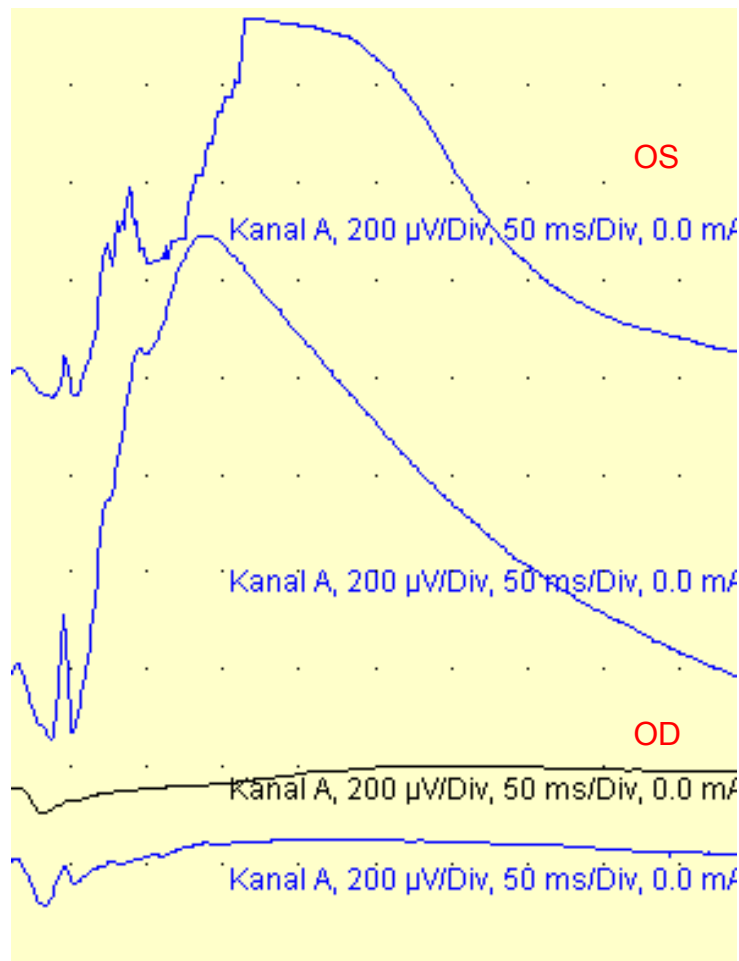


Abb. 45: ERG des 5 Jahre alten Warmblutfuchswallachs, OS: linkes Auge, OD: rechtes Auge

In Abbildung 45 sind die Ergebnisse der elektroretinographischen Untersuchung beider Augen des 5 Jahre alten Warmblutwallachs gezeigt. Bei den beiden oberen Kurven handelt es sich um die Hell- und Dunkeladaptation des linken Auges. Es ist eine deutliche Erregungsbildung in der Netzhaut anhand des Ausschlags erkennbar. Bei den beiden unteren Kurven handelt es sich um die Kurven der Hell- und Dunkeladaptation des rechten Auges. Im Gegensatz zum linken Auge ist nahezu keine Erregungsbildung mehr vorhanden.

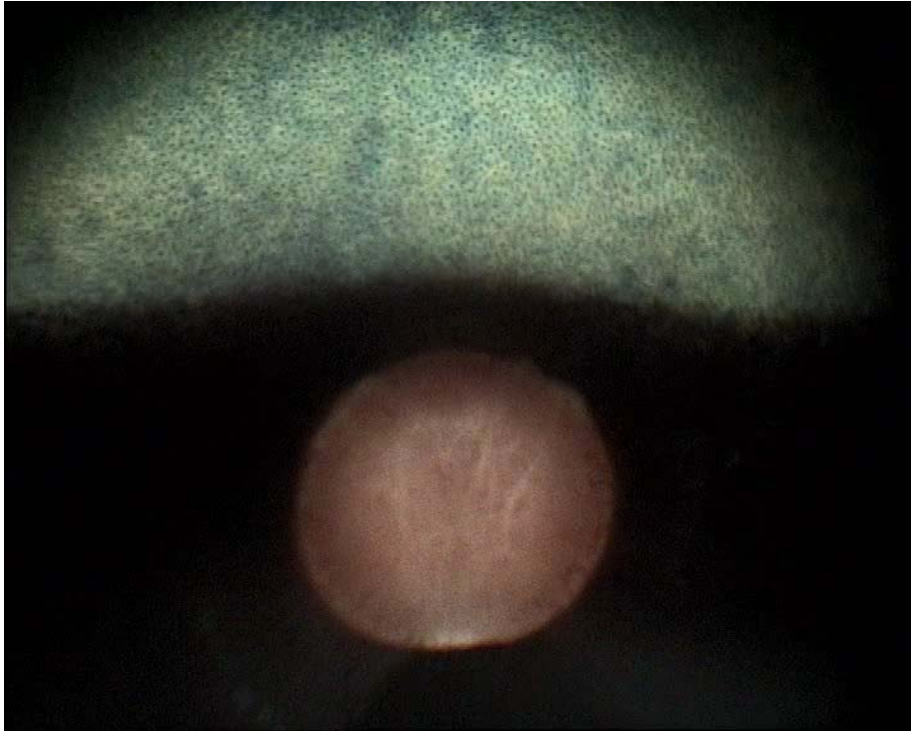


Abb. 46: Hannoveraner, Fuchs, Wallach, 5 Jahre, OS, Unauffälliger Fundus

Abbildung 46 zeigt den linken Augenhintergrund desselben Wallachs wie in Abbildung 44. Es handelt sich ebenfalls um eine Momentaufnahme aus einem Video, das am sedierten, im Zwangsstand stehenden Pferd entstand.

Ursprünglich war der Wallach zur Kammerwasserpunktion bzw. späteren Vitrektomie des linken Auges überwiesen worden. Der linke Augenhintergrund zeigte keine Abweichungen vom normalen Fundusbild. Im Vergleich zum rechten Auge ist der erhebliche Größenunterschied der beiden Sehnervpapillen deutlich zu erkennen. Trotz gleichen Abstands und ohne nachträgliche Vergrößerung ist die Papille des linken Auges im Durchmesser fast doppelt so groß wie die des rechten.

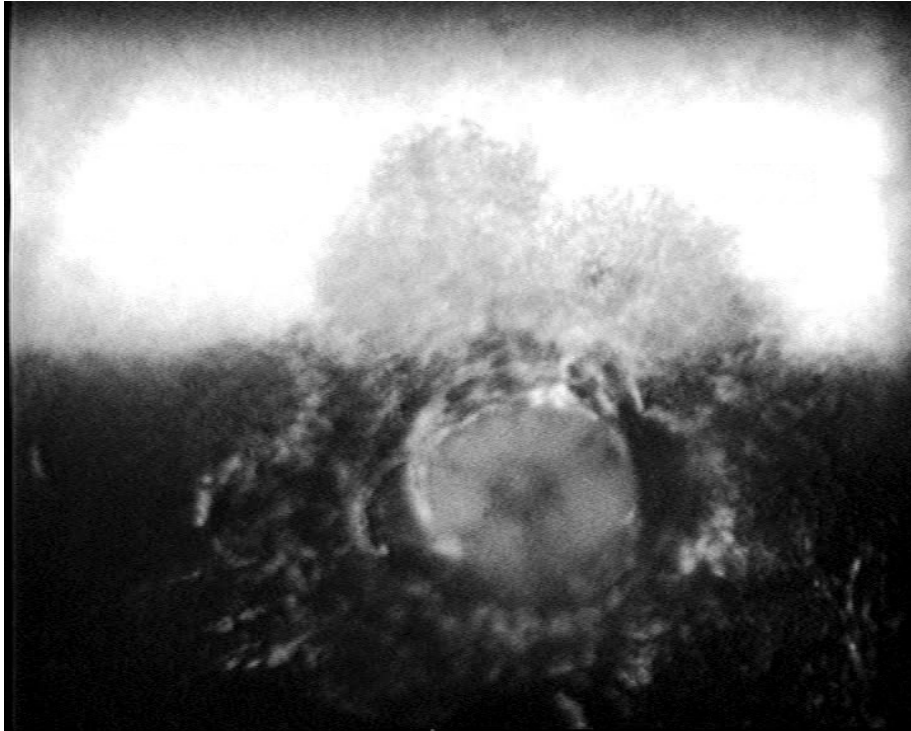


Abb. 47: Hannoveraner, Fuchs, Wallach, 5 Jahre, OD, Fluoreszenzangiographie

In Abbildung 47 ist eine Momentaufnahme aus einem Fluoreszenzangiographievideo des rechten Auges gezeigt. Die Angiographie wurde ebenfalls am sedierten, im Zwangsstand stehenden Tier durchgeführt. Dafür wird eine hochempfindliche schwarz-weiß Kamera mit einer besonderen Filtergruppe verwendet. Die Einstellungen lassen sich durch wenige Handgriffe am Gerät automatisch einschwenken bzw. austauschen.

Das Anfluten des Fluoreszeins nahm bei diesem Auge mehr als eine Minute in Anspruch. Es stellen sich keine Netzhautgefäße mehr dar. Das Fluoreszein lässt die choroidalen Gefäße durch die geschädigte Netzhaut durchscheinen und an vielen Stellen scheint das Fluoreszein regelrecht aus den zerstörten Gefäßen ausgelaufen zu sein.

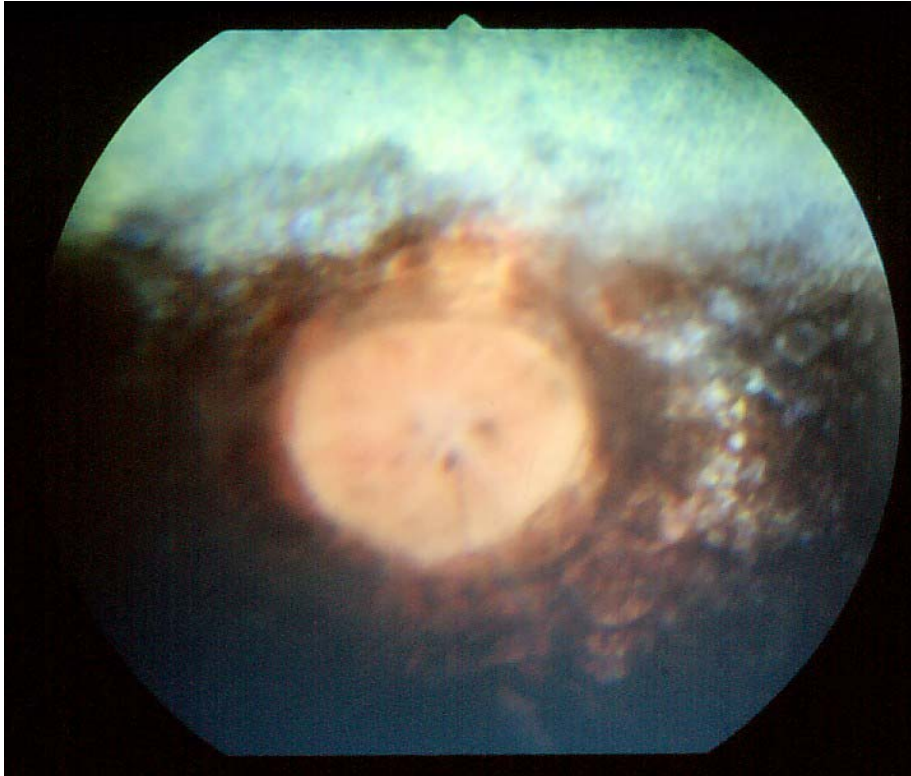


Abb. 48: Hannoveraner, Fuchs, Wallach, 5 Jahre, OD, Sehnervatrophie und retinale Narben

In Abbildung 48 ist ein weiteres Mal der Augenhintergrund des 5jährigen Hannoveraners aus den vorangegangenen Abbildungen gezeigt. Bei diesem Bild handelt es sich erneut um ein konventionelles Dia, das mit der Kowa Genesis aufgenommen und anschließend eingescannt wurde. Auch dieses Bild entstand am stehenden Pferd.

Erneut wird deutlich sichtbar, dass die Farbgebung des Dias wesentlich lebendiger und farbenfroher erscheint. Die Auflösung des Dias nach dem Scannvorgang hat sich jedoch wieder deutlich verschlechtert. Auf Grund des kleineren Bildausschnitts und der stärkeren Vergrößerung wird vor allem auch die erhebliche Verkleinerung der Sehnervpapille nicht in vollem Ausmaß ersichtlich.

3.2.2.3.7 Pigmentretinopathie



Abb. 49: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OS, Pigmentverschiebungen

Abbildung 49 zeigt den linken Augenhintergrund eines 14-jährigen Warmblutwallachs. Es handelt sich um ein am sedierten, stehenden Tier aufgenommenes Einzelbild. Dabei wurden keine besonderen Funktionen der Kamera in Anspruch genommen. Der Bildausschnitt erscheint kleiner und die Papille größer, da das Bild im Nachhinein zugeschnitten und angepasst wurde.

Der Wallach zeigte bei Einlieferung eine Einblutung in die vordere Augenkammer, die von einem Traubenkorn ausging. Es wurde eine Uveitis traumatischer Genese diagnostiziert. Den Besitzern sind nie Veränderungen oder eine Beeinträchtigung der Sehfähigkeit aufgefallen. Es zeigen sich zackenartige Pigmentproliferationen und –verschiebungen über den gesamten Fundus verteilt, jedoch vornehmlich im Tapetum nigrum rund um die Papille. Es handelt sich vermutlich um eine ausgedehnte Pigmentretinopathie ungeklärter Genese.

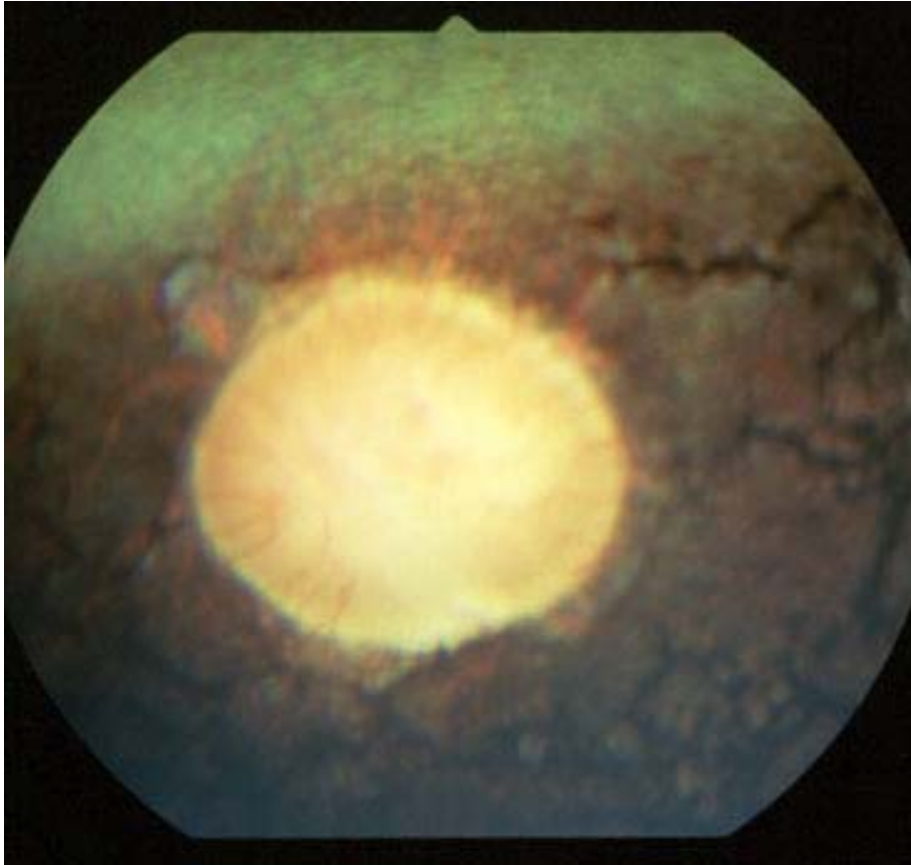


Abb. 50: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OS, Pigmentverschiebungen

In Abbildung 50 ist ebenfalls der linke Augenhintergrund des Wallachs aus Abbildung 49 gezeigt. Das Dia wurde ebenfalls am sedierten, stehenden Tier mit der konventionellen Kowa Genesis aufgenommen und anschließend digitalisiert. Wie schon mehrfach beobachtet, ist die Farbgebung des Dias unübertroffen naturgetreu, aber die Schärfe des konventionellen Dias ist verloren gegangen.

Als zusätzlicher Befund kann an der 11 Uhr Position am Rande der Papille ein umschriebener, hypopigmentierter Bereich mit einer Randzone von Pigmenthypertrophie beobachtet werden. Hierbei handelt es sich um ein atypisches Kolobom im peripapillären, nicht-tapetalen Fundus ohne Verbindung zur Augenspalte.

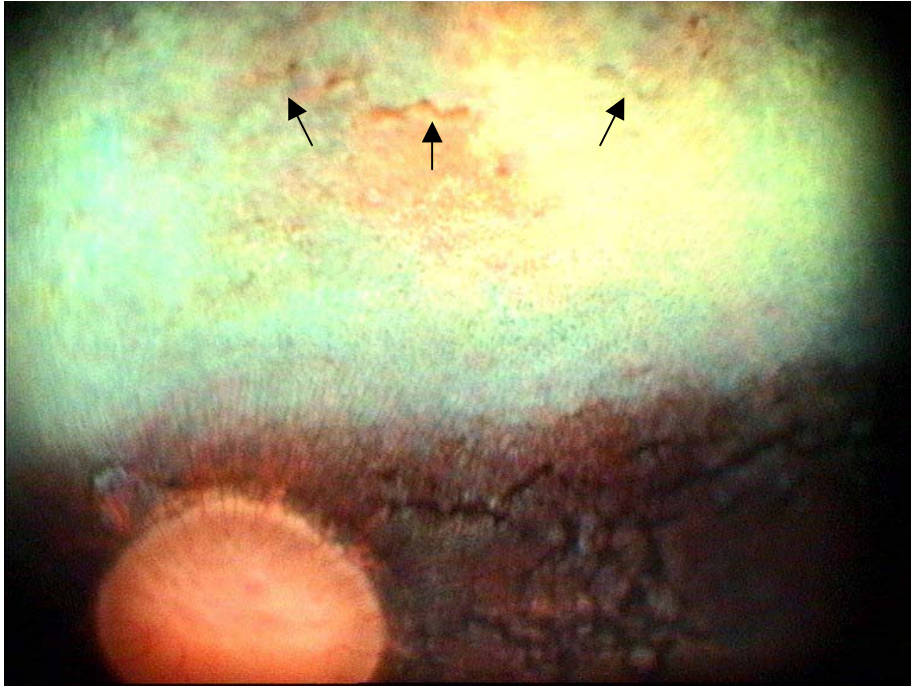


Abb. 51: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OS, ektopisches Pigment (Pfeile)

In Abbildung 51 ist erneut der Augenhintergrund des 14-jährigen Warmblutwallachs unter gleichen Bedingungen dargestellt.

Bei dieser Aufnahme wurde der zentrale Fokus mehr auf das Tapetum lucidum gerichtet. Es sind ektopische Pigmentinseln sichtbar (Pfeile), die immer als pathologisch angesehen werden sollten. Da hier auch der Tapetumreflex verändert erscheint, ist eine Atrophie der neurosensorischen Retina anzunehmen.

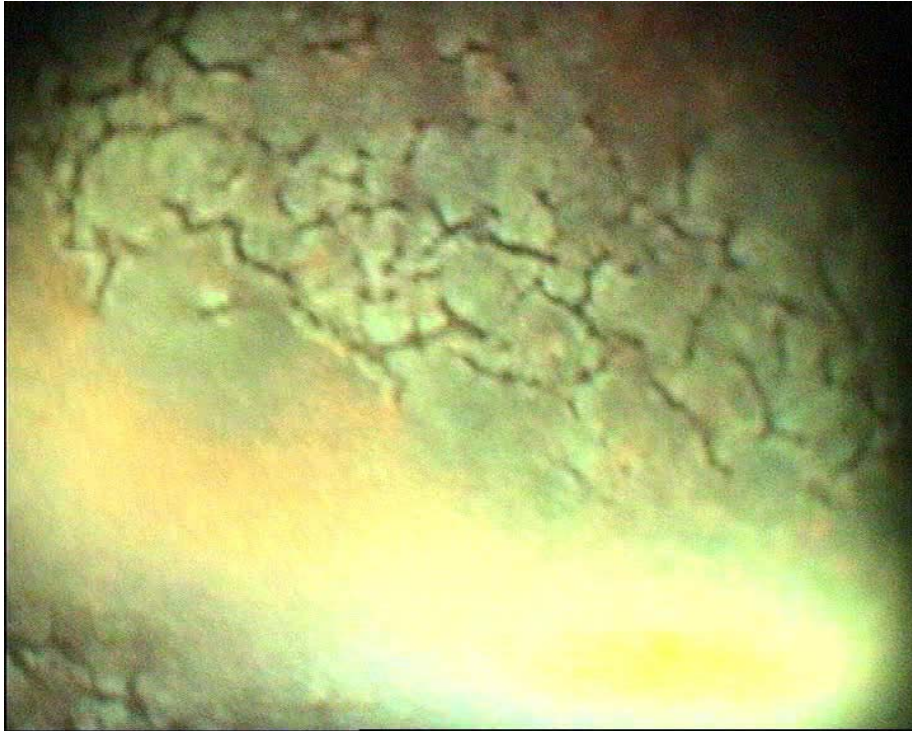


Abb. 52: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OS, Pigmentzacken

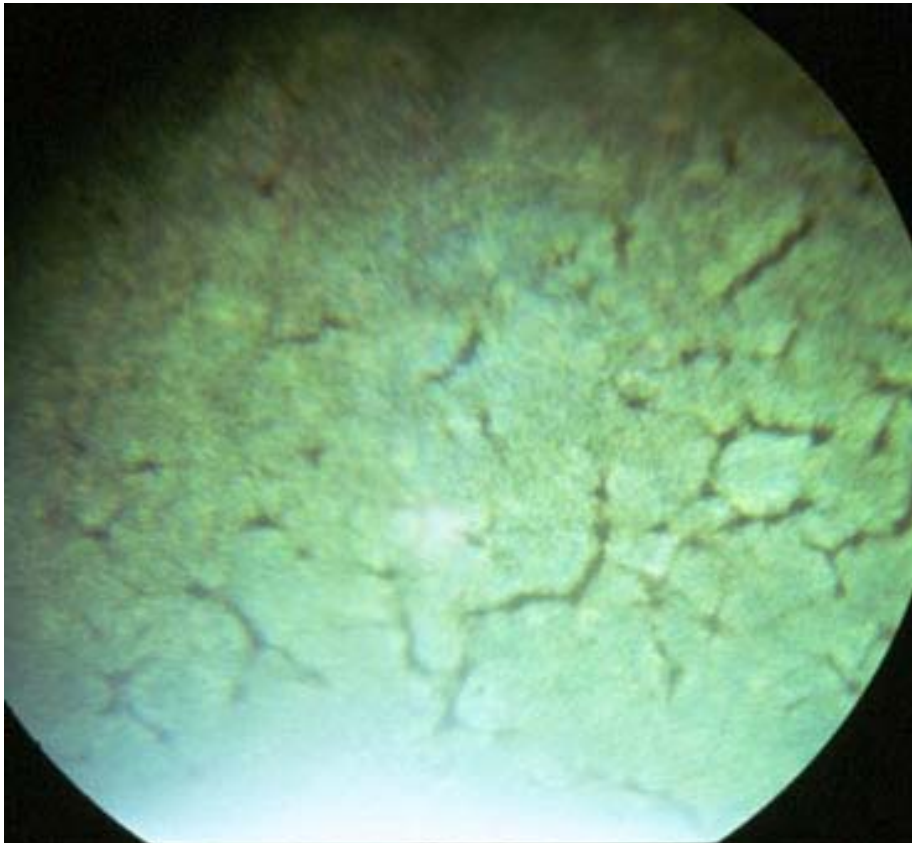


Abb. 53: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OS, Pigmentzacken

Die Abbildungen 52 und 53 zeigen das netzförmige Maschenwerk an Pigmentproliferationen im tapetalen Fundus im direkten Vergleich.

Abbildung 52 wurde mit dem SDO als Momentaufnahme aus einem Video erstellt. Bei Abbildung 53 handelt es sich um ein Dia, das mit der Kowa Genesis abgelichtet wurde.

Es kann kaum ein Unterschied in der Bildschärfe festgestellt werden, allerdings hat das SDO erneut Schwierigkeiten mit der richtigen Lichtintensität, um einerseits im Tapetum keine Hyperreflexion zu bewirken und andererseits das Bild genügend hell zu lassen.



Abb. 54: Württembergisches Warmblut, Fuchs, Wallach, 14 Jahre, OD, Pigmentverschiebungen

In Abbildung 54 wurde der rechte Augenhintergrund des nun mehrfach gezeigten Wallachs abgebildet, um zu demonstrieren, dass die netzförmigen Pigmentveränderungen beidseits zu finden sind.

3.2.2.3.8 Senile Retinopathie

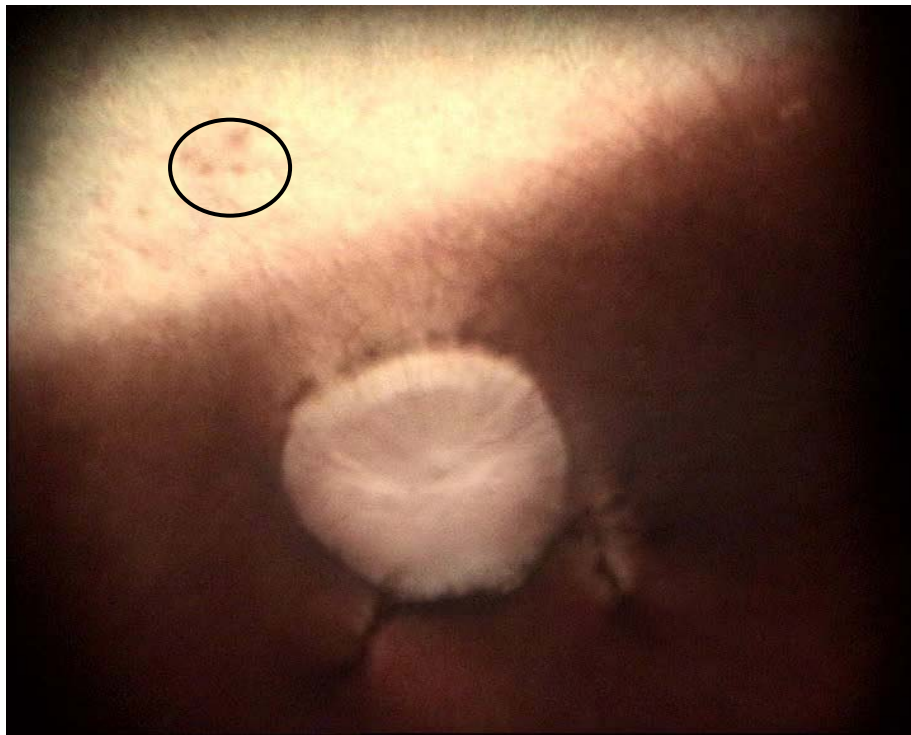


Abb. 55: Deutsches Reitpony, Schimmel, Stute, Alter unbekannt, OD, senile Retinopathie

Abbildung 55 zeigt den rechten Augenhintergrund einer Ponystute unbekanntes Alters. Bei der Aufnahme handelt es sich um eine Momentaufnahme aus einer Videoaufzeichnung, die am sedierten, im Zwangsstand stehenden Pferd angefertigt wurden. Es wurde ein Graufilter in den Strahlengang eingeschwenkt, um Hyperreflektionen des Tapetums zu vermeiden.

Der rechte wie auch der linke Augenhintergrund dieser Ponystute weisen an mehreren Stellen des nicht-tapetalen Fundus depigmentierte Zonen mit linearen oder balkenförmigen Pigmenthypertrophien auf, die sich teilweise fast dreidimensional vorwölben. Der tapetale Fundus scheint unbeeinträchtigt zu sein. Dabei handelt es sich um eine häufige, bilaterale Veränderung bei älteren Pferden. Vermutlich stellt sie eine besondere altersgebundene Form der Pigmentretinopathie dar. Die Ursache ist unbekannt.

Zusätzlich sind im Tapetum einige kleine Netzhautblutungen sichtbar (Kreis).

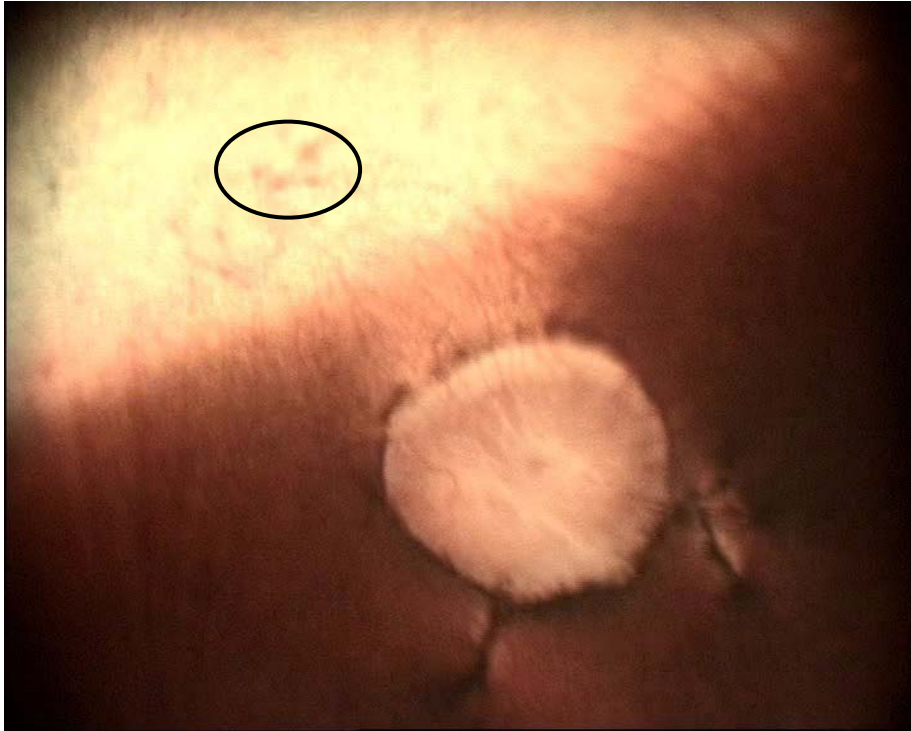


Abb. 56: Deutsches Reitpony, Schimmel, Stute, Alter unbekannt, OD, senile Retinopathie

In Abbildung 56 ist nochmals der rechte Augenhintergrund der Ponystute aus Abbildung 55 dargestellt. Die Aufnahme wurde ebenfalls als Momentaufnahme aus einem Video erstellt. Allerdings wurde dieses Mal kein Graufilter eingeschwenkt, so dass das Bild heller erscheint. Dieses Mal ist es geglückt allein über die Regulation der Lichtintensität eine zu starke Reflexion des Tapetum lucidum zu vermeiden.

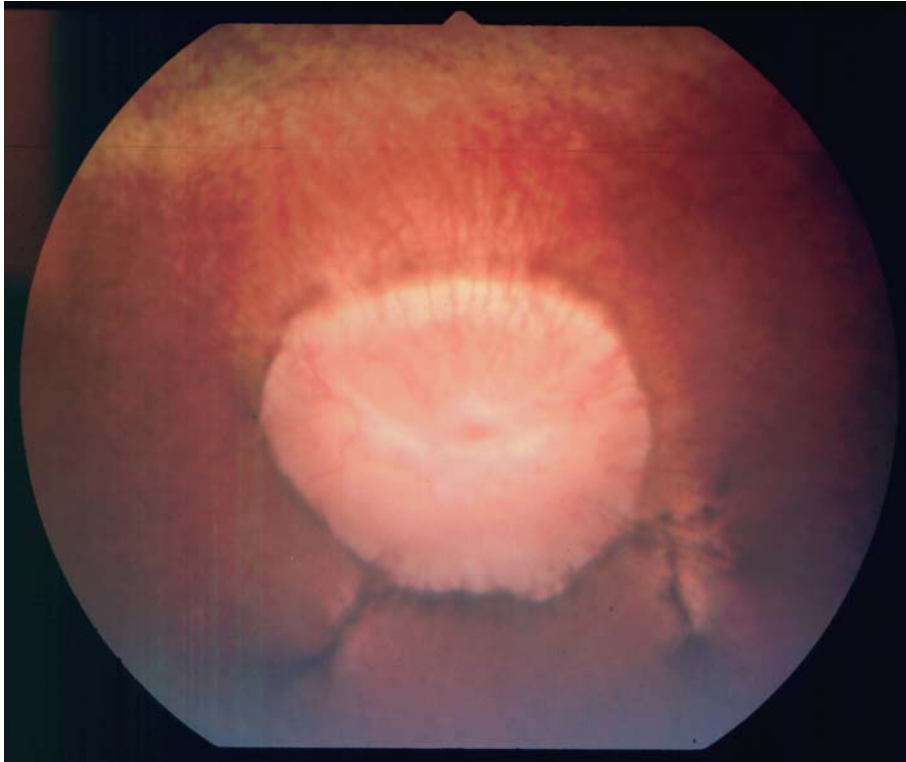


Abb. 57: Deutsches Reitpony, Schimmel, Stute, Alter unbekannt, OD, senile Retinopathie

Abbildung 57 zeigt wiederum den Augenhintergrund der Ponystute aus den vorherigen Abbildungen. Bei dieser Photographie handelt es sich um ein eingescanntes Dia, das mit der konventionellen Kowa Genesis ebenfalls am stehenden Tier erstellt wurde. Dieses Mal hat das Dia durch den Digitalisierungsprozess erstaunlich wenig seiner Schärfe verloren und zeigt wiederum die lebendigeren Farben. Der Bildausschnitt ist deutlich kleiner, so dass z.B. die Netzhautblutungen hier nicht mit abgebildet werden können. Aber die einzelnen Strukturen werden stärker vergrößert, was eine genauere Studie erlaubt.

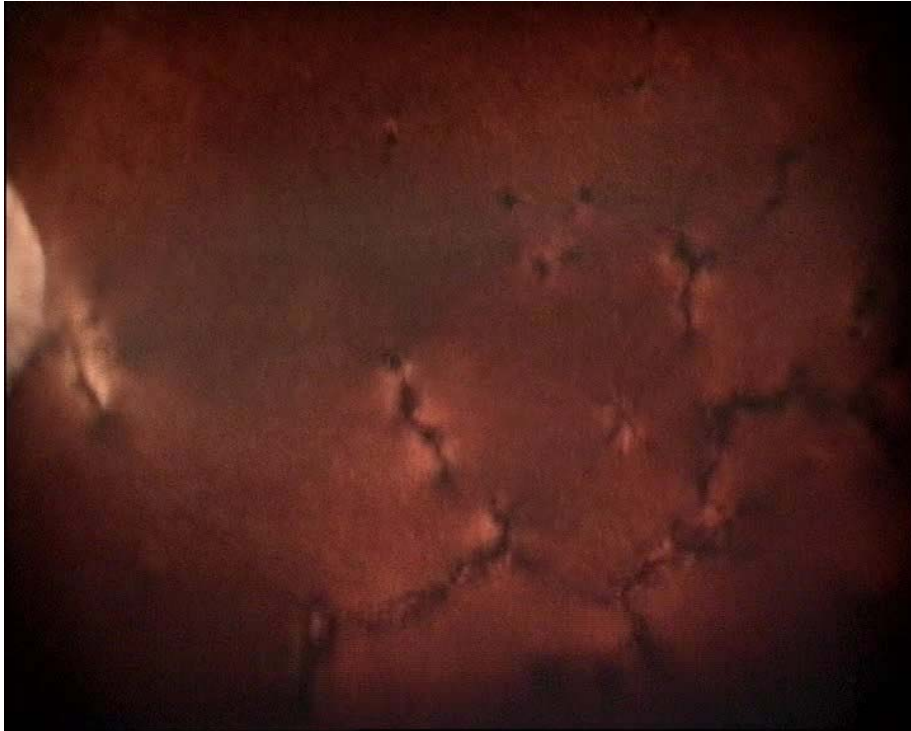


Abb. 58: Deutsches Reitpony, Schimmel, Stute, Alter unbekannt, OD, Pigmentproliferationen

Abbildung 58 wurde unter den gleichen Bedingungen wie oben bereits erwähnt erstellt. Es wurde kein Filter eingeschwenkt und die maximale Lichtintensität eingesetzt, um den dunklen Untergrund ausreichend zu beleuchten.

Auf dieser Aufnahme werden die linearen bzw. balkenförmigen Pigmentproliferationen innerhalb der pigmentlosen Bezirke im Tapetum nigrum besonders deutlich. Die Pigmentinseln heben sich so plastisch und dreidimensional hervor, wie die Gebirgsketten auf einer Luftaufnahme oder die Landschaft des Mondes. Es fällt nicht schwer nachzuvollziehen, dass es sich histologisch um eine regelrechte Zerreißung des Pigmentepithels und der Photorezeptorschicht handelt.

4 Diskussion

4.1 Untersuchungsmethoden

4.1.1 Untersuchungsmaßnahmen

Die fundusphotographische Darstellung des Augenhintergrundes mit dem in dieser Arbeit verwendeten Scanning Digital Ophthalmoskop[®] der Firma Wild Medtech wurde von den im Stehen fotografierten Pferden in der Regel problemlos toleriert. Es war wichtig, dass der Patient sich während der Untersuchung so wenig wie möglich bewegte, was in den meisten Fällen schon durch die Verbringung in einen ruhigen, abgedunkelten Raum gewährleistet war. Manche Tiere irritierte zu Beginn der Untersuchung das vom Belüftungssystem der Kamera erzeugte Geräusch. Nach einigen Minuten der Eingewöhnung stellte dies doch meist kein Problem mehr dar. Eine leichte Sedierung war jedoch zum Schutz von Mensch, Tier und Gerät immer notwendig. Nur besonders unruhige Tiere wurden zusätzlich noch in einen Zwangsstand verbracht. Eine Oberlippenstrickbremse war nie erforderlich. Die Sedation des Pferdes zur Fundusphotographie z.B. mit Xylazin wird von verschiedenen Autoren als nützliche Maßnahme beschrieben nervöse Tiere ruhigzustellen (Strubbe et al. 1998, Gelatt et al. 1991, 1981, 1969). Im Gegensatz dazu sieht Barnett die Sedation doch als meistens völlig unnötig an. Seiner Meinung nach ist der ruhige Umgang mit dem Tier der wichtigste Faktor um gute Fundusbilder zu erlangen (Barnett et al. 1967). Gelatt wies außerdem mehrfach darauf hin, dass ein auriculopalpebraler oder supraorbitaler Nervblock beim Pferd, der eine Akinesie des Lides bewirkt, bei extremem Lidkneifen und Lidschlag von Nutzen ist (Gelatt et al. 1991, 1981, 1969). Gerade bei der digitalen Darstellung war zur Gewinnung von artefaktfreien Bildern wichtig, dass die Pferde nicht mit dem Kopf schlugen oder sonstige Körperbewegungen machten. Bereits Saurer erkannte 1947, dass Fundusaufnahmen ohne Bewegungsunschärfe beim Pferd wegen seines lebhaften Augenspiels schwieriger als bei den anderen Haussäugetieren sind.

Bei der Darstellung in Vollnarkose war es weniger das Problem artefaktfreie Bilder zu erhalten, als vielmehr die auch in der Literatur erwähnten Nebenwirkungen der Vollnarkose zu minimieren. Das größte Problem stellte zum einen die nasoventrale Rotation des Bulbus und die reduzierte Pupillenweite dar zum anderen die schnelle Ausstrocknung der Hornhaut durch den außer Kraft gesetzten Lidschlag. Ein regelmäßiges Betropfen der Hornhaut war unbedingt nötig, um zu vermeiden, dass diese

matt und glanzlos wurden, was zwangsläufig die Bildschärfe erheblich beeinflusste. Auf diese unerwünschten Nebenwirkungen der Allgemeinnarkose und das Abwägen dieser gegen die Vorteile der einfacheren Lagerung wird in der Literatur einstimmig immer wieder hingewiesen (Gelatt et al. 1991, Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967, Donovan et al. 1964, Luginbühl et al. 1958).

Eine Mydriasis wurde als äußerst hilfreich bei der photographischen Darstellung des Augenhintergrundes beurteilt. Die Mydriasis wird von verschiedenen Autoren entweder generell empfohlen (Strubbe et al. 1998, Saurer et al. 1947) oder erforderlichenfalls zusätzlich eingesetzt (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967). In der heutigen Zeit, in der ein kurzwirksames Mydriatikum wie Tropicamid zur Anwendung beim Pferd zur Verfügung steht, ist dieses Mittel der Wahl. Langwirksames Atropin, wie es Luginbühl (1958), Cattcott (1952) oder Saurer (1947) einsetzten, sollte nur verwendet werden, wenn es auch einen therapeutischen Wert hat.

Das richtige Einstellen des Strahlenganges der Kamera erfordert etwas Übung. Besonders da dieser Vorgang sozusagen blind erfolgen muss, da man auf einen Monitor blickt und nicht direkt durch das Objektiv der Kamera. Ebenfalls erschwerend kommt das hohe Eigengewicht (2,2 kg) der Kamera hinzu, dass das Ruhighalten zu einem schwierigen Unterfangen macht und dass die Fokussierung nahezu allein durch den Kornea-Objektiv Abstand erfolgt und nicht wie bei der konventionellen Kowa Genesis eine elektrische Vorrichtung zur Fokussierung existiert. Sowohl von Strubbe (1998) und Gelatt (1991), als auch von Barnett (1967) wird ein ungefährer Kamera- Kornea Abstand von 8-10 mm für das Pferd empfohlen. Kommt man zu nahe an das Auge heran, reagiert das Pferd mit Lidkneifen und Abwehrbewegungen und das Kameraobjektiv beschlägt, ist man zu weit entfernt, entstehen Spiegelungsartefakte und Teile des Bildes werden schwarz, da die Iris den Blick versperrt. Die große ovale Pupille des Pferdes ist jedoch von Vorteil und ermöglicht eine gute Einstellung verschiedener Bereiche des Augenhintergrundes, wie schon Gelatt (1969) und Barnett (1967) feststellten.

Trübungen der vorderen Medien wie Hornhauttrübungen, Katarakt und entzündliche Auflagerungen führten trotz der zeilenförmigen Scanntechnik der digitalen Kamera zu Detailverlusten und Unschärfe der Bilder. Es soll hier schon einmal darauf hingewiesen werden, dass der größte Qualitätsverlust durch die ständigen Augenbewegungen der Tiere und den verspäteten Auslösemoment zustande kam. Die

Bildqualität am laufenden Bild ist um einiges besser, als die Qualität der Bilder in dieser Arbeit.

4.1.2 Kamerasystem

Das SDO liefert auf Grund seiner zeilenförmigen Scantechnik einem Augenspiegel entsprechende, kontrastreiche Bilder vom hinteren Augenabschnitt. Dank seines modularen Gerätekonzepts ist es handlich und gut geeignet für den mobilen Einsatz. Lediglich das hohe Eigengewicht erschwert das ruhige und bequeme Halten der Kamera über einen längeren Zeitraum. Ein Halsriemen, der einen Teil des Gewichtes tragen soll ist jedoch mit dem Gerät lieferbar. Durch den weiten Bildwinkel von 50° erhält man einen, im Vergleich zu den älteren konventionellen Modellen, wie der Kowa Genesis, großen Bildausschnitt, der gute Übersichtsaufnahmen des Fundus erlaubt.

Dank der verschiedenen Filter, die in den Strahlengang eingeschwenkt werden können und der über ein Drehrädchen fein verstellbaren Lichtintensität, läßt sich die Beleuchtungsstärke den verschiedenen Teilbereichen des Fundus gut anpassen, so dass Überstrahlungen weitestgehend vermieden werden können bzw. dunkle Bildbereiche vermehrt ausgeleuchtet werden können. Allerdings erfordert diese Feinabstimmung Übung und Erfahrung.

Als weiterer Vorteil hat sich vor allem bei Aufnahmen am stehenden Pferd die Video-darbietung in Echtzeit erwiesen. Das SDO ist gerade wegen seines digitalen Prinzips anfällig für Bewegungsartefakte, was sich in der typischen Verpixelung digitaler Bilder in der Einzelbilddokumentation darstellt. In Kombination mit den beim Pferd schon in der Literatur beschriebenen Eigenschaften des lebhaften Augenspiels und schnellen Lidkneifens bei Berührung der Wimpern (Saurer et al. 1947), führte dieses oft durch zu spätes Auslösen bei Einzelbildern zu Verzerrungen und unscharfen Bildern. Aus einer 60 Sekunden langen Videoaufnahme, bei der man genug Zeit zum fokussieren hat, eine Momentaufnahme aus besonders gelungenen Abschnitten herauszuschneiden führte nur zu minimalen Auflösungsverlusten, die oft besser zu tolerieren waren.

Wegen dieser Anfälligkeit für Bewegungsartefakte hat es sich auch gezeigt, dass es sinnvoller ist, eine Person die Auslösung der Einzelbilder und das Starten der Videosequenzen per Mausklick am PC durchführen zu lassen, als den Fußschalter zu verwenden. Die leichte Bewegung beim Auslösen mit dem Fuß, die sich durch den

gesamten Körper fortpflanzt ist ein zusätzlicher, kritischer Faktor in dem ohnehin schon anfälligen Kreis aus Pferd, Kamera und Kamerahalter.

Durch seine zeilenförmige Scanntechnik besitzt das SDO ein optisches Prinzip, das völlig anders ist als das üblicher Funduskameras. Schon Rosolen et al. berichteten, dass diese sequentielle, "Punkt-für-Punkt" Bilderstellung präzisere Aufnahmen des Augenhintergrundes liefert (Rosolen et al. 2001). Eine oszillierende Doppelschlitzeblende, die den Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang trennt, soll störende Reflexe eliminieren und Streulicht verhindern, wodurch die Abbildung kontrastreicher wird. Dieses physikalischen Prinzips der optischen Trennung von Beleuchtungs- und Beobachtungsstrahlengang durch eine Reflexblende, um Reflexe zu vermeiden, bediente sich bereits Luginbühl bei seinen Versuchen zur Darstellung des Augenhintergrundes von Haustieren (Luginbühl et al. 1958).

Die Aufnahmen mit dem Nonmydriatic-Modul des SDO haben sich beim Pferd als nicht praktikabel und auch als nicht notwendig erwiesen, da bei Tieren von denen man auf Grund interessanter Befunde Aufnahmen des Augenhintergrundes anfertigen will, meist aus therapeutischen Gründen sowieso atropinisiert werden müssen. Oder die Pupille ist durch einen krankhaften Prozess bedingt in Weitstellung (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967).

Besonders reizvoll am SDO sind seine zusätzlichen Kamerafunktionen. Mit den entsprechenden Objektiven und einem zusätzlichen Aufsatz zur Nutzung der Spaltlampe lassen sich zusätzlich zu den Bildern des Augenhintergrundes ansprechende Bilder der vorderen Augenabschnitte anfertigen. Diese Kombination von externer Photographie und Fundusphotographie in einem Gerät war bisher nicht möglich. Durch eine hochempfindliche Schwarz-Weiß-Kamera und einer besonderen Filtergruppe lassen sich außerdem Störungen im Bereich der retinalen Gefäße durch Fluoreszenzangiographie darstellen. Auch hier sind die Videoaufzeichnungen in Echtzeit erneut von Vorteil. So können alle Phasen der An- und Abflutung des Fluoreszeins detailgetreu abgebildet werden und man ist besser in der Lage, durch die bewegten Bilder, diesen dynamischen Prozess und darin enthaltene Störungen nachzuvollziehen. Auch aus diesen Videoaufnahmen lassen sich interessante Momentaufnahmen für beispielsweise Veröffentlichungen ohne weiteres entnehmen. Als großer Nachteil erweisen sich aber die hohen Anschaffungskosten einer digitalen Funduskamera wie dem Scanning Digital Ophthalmoskop® von Wild Medtech. Da die Kamera speziell für Photographien des vorderen und hinteren Abschnittes des Auges

konzipiert ist, hat der Untersucher eigentlich kaum die Möglichkeit das Gerät flexibel zu nutzen und in der Klinik für die Dokumentation anderer Befunde einzusetzen. Somit ist die Anwendung sehr speziell und auf das Auge begrenzt.

4.2 Fundusphotographische Darstellung

4.2.1 Normalanatomischer Augenhintergrund

Die Photographie des Augenhintergrundes stellte schon immer auf Grund seiner schweren Zugänglichkeit eine besondere Herausforderung dar. Das Auge des Pferdes mit seiner großen, ovalen Pupille ist jedoch sehr gut zur Fundusphotographie geeignet (Gelatt et al. 1969, Barnett et al. 1967). Für die Beurteilung von pathologischen Veränderungen ist eine gute Kenntnis des fundusphotographischen Normalbefundes und der normalanatomischen Variationen wichtig. Es wird im Folgenden auf den Vergleich zwischen konventioneller Photographie und digitaler Photographie genauer eingegangen. Die Darstellung des klinisch unauffälligen Augenhintergrundes entspricht den Angaben aus der Literatur (Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Gelatt et al. 2001, Severin et al. 1996, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990), wobei dank des Bildwinkels von 50° größere Abschnitte des Fundus auf einem Bild abgebildet werden konnten und so bessere Übersichtsaufnahmen entstanden sind.

Das im dorsalen Drittel liegende Tapetum lucidum stellt sich bei der konventionellen Fundusphotographie als halbrunde, je nach Fellfarbe gelbe, grüne oder blaue Fläche da, in der die Winslow'schen Sterne als schwarze, kleine Punkte sichtbar sind (Barnett et al. 2004, Severin et al. 1996, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Matthews et al. 1990). Auch mittels digitaler Photographie lässt sich das Tapetum scharf und kontrastreich darstellen. Jedoch entsteht durch sein großes Reflexionsvermögen häufig eine Überstrahlung, so dass die einzelnen Strukturen nur schlecht voneinander abgrenzbar sind. Um dies zu vermeiden, hat es sich bewährt einen Graufilter in den Strahlengang einzuschwenken und so die Lichtintensität zu vermindern. Der Graufilter bewirkt jedoch eine erhebliche Farbverfälschung und einen Verlust der Natürlichkeit und Leuchtkraft der individuellen Farbe des Tapetums. Laut Gelatt (2001) handelt es sich beim Übergang vom Tapetum lucidum zum Tapetum nigrum um eine horizontale, unregelmäßige Grenzlinie. Bei der digitalen Photographie stellt sich dieser Übergang, sofern man die Reflektion des Tapetum

lucidums kontrolliert, scharf und gut differenzierbar dar. In gleicher Weise verhält es sich bei der Darstellung des partiellen Fundusalbinismus oder eines hypoplastischen Tapetums. Gelingt es durch Regulation der Lichtintensität oder durch den Graufilter eine Überstrahlung zu vermeiden, zeigen sich die choroidalen Gefäße detailliert und deutlich und das beschriebene "tigroide" Aussehen des Fundus (Barnett et al. 2004, Slatter et al. 2001, Cutler et al. 2000) kann sehr gut nachvollzogen werden. Allerdings handelt es sich immer um eine Gratwanderung, denn bei zu starker Verdunkelung verlieren die restlichen Strukturen des Augenhintergrundes und die Farbgebung an Qualität. Es erfordert Erfahrung und Übung, um ein ausgewogenes Bild, bei dem alle Strukturen gleichwertig abgebildet sind, zu erstellen. Häufig muss man sich jedoch entscheiden, wo der Schwerpunkt der Darstellung liegt und die Photographien später digital nachbearbeiten.

Wenn bei der Darstellung des Tapetum lucidums die Lichtintensität häufig reduziert werden muss, so verkehrt sich dies beim intensiv pigmentierten, lichtabsorbierenden Tapetum nigrum ins Gegenteil. Um beispielsweise den Verlauf der Gefäße oder der myelinisierten Nervenfasern verfolgen zu können, ist es notwendig, die Beleuchtungsstärke zu erhöhen.

Die Sehnervpapille ist in der Regel gemäß den Angaben in der Literatur gut zu erkennen (Barnett et al. 2004, Herring et al. 2003, Severin et al. 1996, Cooley et al. 1992, Rebhun et al. 1992, Lavach et al. 1990, Riis et al. 1981), wobei durch den großen Bildwinkel zusätzlich ein größerer umliegender Bereich des Fundus detaillierter abgebildet wird als mit den konventionellen Kameras. Hyperpigmentationen des Papillenrandes und Variationen der Oberfläche der Papille, wie eine faszikuläre Lamina cribrosa oder kongenitale Gefäßreste (Barnett et al. 2004, Matthews et al. 1990) bilden sich kontrastreich und teilweise sogar fast dreidimensional ab. Wie schon Modes (1937) berichtet, hat das Pferd einen paurangiotischen Fundus und die kurzen Gefäße sind sehr fein gezeichnet (Saurer et al. 1947). Um diese feinen Gefäße vor allem in dunklen Tapeta nigra besser verfolgen zu können, erweist es sich manchmal als nützlich, einen Grünfilter in den Strahlengang einzuschwenken, der rötlich-braune Farben besser hervortreten lässt. Aber auch hier tritt eine erhebliche Verfälschung der Farben ein, so dass die konventionelle Photographie hier eindeutig von Vorteil ist. Auch bei partiellem Fundusalbinismus kann der Grünfilter zum deutlicheren Hervortreten der choroidalen Gefäße führen und so beeindruckende Bilder erzeugen.

4.2.2 Pathologische Befunde am Augenhintergrund

Es wurden zum ersten Mal einige pathologische Veränderungen am Augenhintergrund des Pferdes mittels digitaler Photographie dargestellt.

4.2.2.1 Erkrankungen der Netzhaut

Veränderungen der Netzhaut lassen sich mit dem SDO gut darstellen.

Besonders erste Anzeichen einer fokalen Netzhautablösung, sogenannte Netzhautfalten (Barnett et al. 2004, Rebhun et al. 1992), stellen sich außerordentlich plastisch und dreidimensional dar. Ihr Verlauf kann wegen des großen Bildwinkels weit in die Peripherie verfolgt werden und es war nie nötig besondere Funktionen der Kamera einzusetzen, um eine Verbesserung der Darstellung zu erreichen. Bei vollständigen Netzhautablösungen läßt sich vor allem dank der Videofunktion, der in der Literatur übliche Vergleich mit einem frei flottierenden, trichterförmigen, grauen Segel, das nur noch an der Sehnervpapille und der Ora ciliaris retinae befestigt ist, nachvollziehen (Brooks et al. 2002, Brooks et al. 1998, Mätz- Rensing et al. 1996).

Netzhautblutungen liessen sich im deutlich reflektierenden Tapetum lucidum ohne große Schwierigkeiten abbilden, da ein guter Kontrast zwischen der dunklen Blutung und den hellen Farben des Tapetums besteht. Die Zuordnung der Blutung zu den einzelnen Schichten, wie Slatter (2001) sie vornimmt, war immer möglich.

Inaktive Stadien einer Chorioretinitis mit depigmentierter Peripherie und hyperpigmentiertem Zentrum (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Gelatt et al 2001, Rebhun et al. 1992) lassen sich mit guter Präzision abbilden. Sowohl Butterfly als auch Bullethole Lesions liessen sich in dieser Arbeit als Folgen einer ERU nachweisen. In der Literatur wird immer wieder berichtet, dass Butterfly Lesions nicht als pathognomonisch für eine bestehende ERU anzusehen sind (Barnett et al. 2004, Brooks et al. 2002, Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Rebhun et al. 1992, Davidson et al. 1991, Matthews et al. 1990, Bistner et al. 1984, Rebhun et al. 1962, Errington et al. 1941).

Die Darstellung von Pigmentretinopathien gelingt problemlos. Die Pigmentverschiebungen, die laut Barnett et al. (2004) hauptsächlich peripapillär am Übergang vom tapetalen zum nicht-tapetalen Fundus liegen, treten sehr deutlich und klar abgrenzbar hervor. Auch von ektopische Pigmentproliferationen im Tapetum lucidum, die in der Literatur immer als pathologisch angesehen werden (Barnett et al. 2004), konnten sowohl mit dem SDO als auch mit einer konventionellen Kamera, von der

Bildschärfe her, gleichwertige Bilder gewonnen werden. Allerdings war es bei der digitalen Darstellung erneut schwierig die passende Lichtintensität einzustellen, um einerseits eine Hyperreflektion zu vermeiden und andererseits das dunkle Pigment genügend hervortreten zu lassen. Auch hier erweisen sich die Videoaufzeichnungen als wertvoll, um optimale Einstellungen abzapassen. Eine Pigmentveränderung im Sinne einer senilen Retinopathie, bei der es zu balkenförmigen Pigmenthypertrophien kommt (Barnett et al. 2004, Cutler et al. 2000, Matthews et al. 1990), trat besonders plastisch und dreidimensional hervor. Auch hier bestand kaum ein Unterschied zwischen digitalen und nachträglich digitalisierten konventionellen Photographien. Als Vorteil des SDO erwies sich jedoch erneut der größere Bildausschnitt, so dass die flächige Ausdehnung besser zur Geltung kam.

4.2.2.2 Erkrankungen des Sehnervs

Erkrankungen des Sehnervs lassen sich genau wie die normalen anatomischen Verhältnisse der Papille besonders gut abbilden.

Die kleine und blasse Papille im Zuge einer Atrophie des Sehnervs stellt sich vor allem im Seitenvergleich hervorragend dar. Die Gefäßarmut, die sich nach einiger Zeit einstellt, tritt deutlich hervor und die Möglichkeit zur Durchführung einer Fluoreszenzangiographie mit Videofunktion erweist sich hierbei als besonders nützlich. Wie auch in der Literatur beschrieben, liessen sich in dieser Arbeit sowohl entzündliche als auch traumatische bzw. ischämische Ursachen für eine Atrophie des Sehnervs nachvollziehen (Gelatt et al. 2001, Cutler et al. 2000, Brooks et al. 1998, Wintzer et al. 1997, Riis et al. 1981). Eine Retinopathie, als Folge einer Beschädigung des Sehnervs, mit extensiver, progressiver Depigmentierung, fokaler Pigmenthypertrophie und Verminderung der Gefäßversorgung bzw. Zerstörung der Gefäße zeigte sich sowohl bei der konventionellen, als auch bei der digitalen Photographie. Die Möglichkeit zur Durchführung einer Angiographie war auch hierbei ein Vorteil gegenüber der konventionellen Kamera und das größere Bildfeld des SDO's machte die flächige Ausdehnung der Retinopathie wie auch die Verkleinerung der Sehnervpapille deutlicher.

Insgesamt muß außerdem auch bei der Darstellung pathologischer Befunde betont werden, dass die Farbgebung und Natürlichkeit der Farben der digitalen Bilder hinter denen der konventionellen Bilder zurückstehen.

4.3 Schlussfolgerungen

Es ist mittels der digitalen Photographie mit dem Scanning Digital Ophthalmoskop® eine objektive Darstellung normalanatomischer und pathologischer Befunde am Augenhintergrund des Pferdes möglich. Der Vorteil liegt in den verschiedenen Funktionen der Kamera, die die Bildgebung des vorderen und hinteren Augenabschnittes, sowie eine Fluoreszenzangiographie in der Form von Einzelbildern und als Echtzeitvideos ermöglichen und in dem vergrößerten Bildwinkel, der bessere Übersichtsaufnahmen von großflächigen Veränderungen zu lässt.

Es handelt sich um eine schnelle und nach kurzer Einübung leicht anwendbare Methode, die kaum Nachteile gegenüber der herkömmlichen Fundusphotographie aufweist. Zusätzlich ist das gesamte Gerät flexibel einsetzbar und ermöglicht den mobilen Einsatz am Patienten.

Analog zur Humanmedizin können Heilungsverläufe und interessante Befunde vor allem im Hinblick auf Veröffentlichungen und Vorträge protokolliert werden. Auch kann die digitale Photographie bei schlechter Prognose zur Erhaltung der Sehfähigkeit bei der Planung von Operationen ihrer postoperativen Verlaufskontrolle und bei der Dokumentation eine Bereicherung sein.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass mit dem verwendeten Kamerasystem zwar nicht verbesserte in- vivo Bilder der anatomischen Strukturen und pathologischen Veränderungen des Augenhintergrundes im Vergleich zur konventionellen Photographie erzeugt wurden, aber die Qualität ist, was Auflösung und Kontrast betrifft, zumindest als annähernd gleichwertig bzw. nach Digitalisierung der herkömmlichen Photographien sogar überwiegend als wesentlich besser anzusehen.

Es steht außer Zweifel, dass die Schärfe, Natürlichkeit und Farbqualität eines guten konventionellen Diapositivs bisher nicht nur unübertroffen sondern auch unerreicht bleiben. Man darf jedoch nicht unterschätzen, dass man mittels einer digitalen Kamera, wie dem SDO, das Ergebnis sofort auf dem Bildschirm beurteilen und im Zweifelsfall die Photographie sofort wiederholen kann. Wohingegen man bei der konventionellen Darstellung auf die Entwicklung des Filmes warten muß, ohne dass man weiß, ob überhaupt ein brauchbares Bild gelungen ist (Oftmals sind nur 2-3 Bilder von 36 zu verwenden). Hinzu kommt, dass im digitalen Zeitalter der

elektronischen Medien und des Internets Dias leider als nahezu obsolet betrachtet werden müssen.

Die digitale Photographie ist eine wertvolle Ergänzung in der ophthalmologischen Untersuchung des Pferdeauges und es ist mit einer weiteren Verbesserung der Qualität der Bilder in Zukunft zu rechnen. Momentan bleibt sie jedoch auf Grund der hohen Anschaffungskosten des Gerätes und seiner beschränkten Einsatzmöglichkeiten speziellen Kliniken vorbehalten.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde erstmalig die digitale Photographie des Augenhintergrundes am Pferdeauge eingesetzt. Ziel war es vor allem, den klinischen Nutzen, die Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Fundusphotographie, auch im Vergleich zu den bisherigen konventionellen Möglichkeiten, zu untersuchen. Dabei konnten sowohl die normale Anatomie und normalanatomische Varianten als auch einige ausgewählte pathologische Veränderungen präsentiert werden. Als Kamerasystem diente das Scanning Digital Ophthalmoskop® der Firma Wild Medtech.

59 Pferde unterschiedlichen Alters, Geschlechts und verschiedener Rassen sowie zwei Eselstuten wurden zunächst einer eingehenden ophthalmologischen Untersuchung unterzogen. Anschließend erfolgte die photographische Darstellung bei neun Pferden im Stehen, bei 43 Pferden und einem Esel in Vollnarkose und bei sieben Pferden und einem Esel unmittelbar post mortem. Bei der Darstellung hielt die untersuchende Person mit einer Hand Kontakt zum Halfter, um bei eventuellen Abwehrbewegungen besser reagieren zu können oder die Hand wurde genutzt, um gegebenenfalls die Lider manuell zu spreizen. Mit der anderen Hand wurde die Kamera mit einem Kamera- Kornea- Abstand von wenigen Millimetern am Handgriff gehalten. Die Bilder ließen sich als Einzelaufnahmen oder als Momentaufnahmen aus Videos erstellen, wobei sich letztere am stehenden Tier als besonders geeignet erwiesen. Obwohl es sich um eine schmerzlose und nicht invasive Untersuchung handelte, war eine Sedation der Patienten bei der Darstellung im Stehen auf Grund von unruhigem Verhalten zum Schutz von Mensch, Tier und Kamera immer notwendig. Im Anschluss an die Untersuchung traten keine untersuchungsbedingten ophthalmologischen Probleme auf.

Die Kamera lässt sich dank ihrer kompakten Bauweise und der einfachen Handhabung leicht und flexibel einsetzen und eignet sich daher gut zur Anwendung am Pferdeauge. Durch seine auswechselbaren Objektive kann man das SDO auch einsetzen, um digitale Bilder der vorderen Abschnitte des Auges anzufertigen. Die hochempfindliche schwarz- weiß Kamera und ein einschwenkbares Filtersystem ermöglichen außerdem die Durchführung einer Fluoreszenzangiographie in Form von Videos oder Einzelbildern.

Die digitale Fundusphotographie liefert dem Untersucher Bilder vom gesunden und pathologisch veränderten Augenhintergrund, die im Hinblick auf Schärfe und

Auflösung in der Qualität den konventionellen Bildern kaum nachstehen. Durch das Einscannen der konventionellen Bilder verlieren diese erheblich an Schärfe, so dass die digitalen Photographien dann als qualitativ hochwertiger angesehen werden müssen. Die Natürlichkeit und das Spektrum der Farben betreffend bleiben die konventionellen Bilder jedoch unerreicht.

Trotzdem ist das hier verwendete Gerät für die Dokumentation von Befunden am Pferdeauge durch seine einfache Handhabung und die zufrieden stellenden Ergebnisse im Zeitalter der digitalen Medien insgesamt als gute Alternative zu werten.

6 Summary

Digital Fundusphotography in Horses

Anika Pachten

In this study digital photography in the equine fundus was applied for the first time. This research concentrated primarily on the clinical applications, the possibilities and limitations as well also compared to the conventional photography. Normal anatomy and variations, as well as some specific diseases of the fundus, could be presented. The device for this application was the Scanning Digital Ophthalmoskop[®] of the Wild Medtech company.

A total of 59 horses of various age, sex and breed and two donkey mares were examined. Initially, each horse was subjected to direct ophthalmoscopy followed by the photography of the fundus. The photographs of nine horses were taken while standing. 43 horses and one donkey were photographed while under general anesthesia and the rest of seven horses and one donkey were photographed immediately post mortem. During the procedure the examiner maintained contact to the horses head with one hand to prevent sudden movements. This hand was also used to hold the eyelids open. In the other hand the examiner held the camera at the grip in a distance of several millimeters to the cornea. The photographs were taken either as single pictures or single images could be retrieved from recorded video sequences. This way of imaging proved to be very useful in the standing horse. Although it was a non- invasive method sedation was needed in all standing horses to reduce unwanted movement. No adverse reactions resulting from the examination were observed throughout the course of this study.

Due to its compact size and the easy handling the application of the camera is practical and suitable in equine ophthalmology. By changing the objectives the SDO can be used to make pictures of the anterior segment of the eye. In addition there is a sensitive black and white camera and a special filtersystem to perform a Fluorescein Angiography. Again there is the choice between either real time video modus or single pictures.

Concerning sharpness and resolution digital fundus photography provides the examiner with images from normal as well as pathological changed fundi of slightly

poorer quality than those taken with conventional equipment. But the conventional photographs are losing much of their resolution after being digitalized (scanned). However so far there is nothing equally good with regard to the naturalness and range of colours of conventional fundus photographs.

Yet, in this age of multi media, the camera used in this study provides an adequate alternative to document pathologic findings in equine ophthalmology because of its easy handling and satisfying results.

7 Literaturverzeichnis

Aan de Kerk, A. L. (1984)

New fundus cameras at the I.C.O. /A.A.O., 1982
Int Ophthalmol 7, 31- 36

Ammann, K., Müller, A. (1968)

Das Bild des normalen Augenhintergrundes beim Pferd
Berl Munch Tierärztl Wochenschr 81, 370– 372

Bayer, J. (1906)

Augenheilkunde, Zweite Auflage
Wilhelm Braumüller, Wien und Leipzig

Barnett, K. C., Keeler, C. R. (1967)

Fundus photography
Vet Rec 80, 624- 627

Barnett K. C., Keeler, C. R. (1968)

Retinal photography in animals
Br J Ophthalmol 52, 200- 201

Barnett, K. C. (1971)

The ocular fundus of the horse
Equine Vet J 4, 17- 20

Barnett, K. C., Crispin, S. M., Lavach, J. D., Matthews, A. G. (2004)

Equine Ophthalmology: An Atlas and Text, 2nd Edition, Elsevier (USA)
Kap.14 Fundus, 211– 245

Barnett, K. C., Crispin, S. M., Lavach, J. D., Matthews, A. G. (1995)

Color Atlas and Text of Equine Ophthalmolgy, Mosby Wolfe, London
Kap.13 Fundus, 182– 214

Bürgerliches Gesetzbuch BGB (2002)

Buch 2-Recht der Schuldverhältnisse; Absatz 8-Einzelne Schuldverhältnisse; Titel 1-Kauf/Tausch; Untertitel 3-Verbrauchsgüterkauf; § 476 Beweislastumkehr

Bistner, S. (1984)

Fundus examination of the horse

Vet Clin North Am: Large Animal Practice 6, 541– 551

Brooks, D. E., Komaromy, A. M., Källberg, M. E. (1999)

Comparative retinal ganglion cell and optic nerve morphology

Vet Ophthalmol 2, 3– 11

Brooks, D. E. (2002)

Equine Ophthalmology

AAEP Proceedings, Vol 48, 300- 313

Brooks, D. E. (1998)

Equine Ophthalmology in Textbook of Veterinary Ophthalmology, 3rd edn. (ed. Gelatt, K.N.) Lippincott, Williams and Wilkins, Baltimore, 1105– 1117

Byrom, F. B. (1963)

The Lancet, 516 ff.

Catcott, E. J. (1952)

Ophthalmoscopy in Canine Practice

J Am Vet Med Assoc 121, 35- 37

Cooley, P. L. (1992)

Normal equine ocular anatomy & eye examination

Vet Clin North Am: Equine Practice 8, 427– 448

Crispin, S. M., Matthews A. G., Parker, J. (1990)

The equine fundus I: examination, embryology, structure and function

Equine Vet J Suppl 10, 42– 49

Cutler, T. J., Brooks, D. E., Andrew, S. E., Denis, H. M., Biros, D. J., Gelatt, K. N., Komaromy, A. M., Kallberg, M. (2000)

Disease of the equine posterior segment

Vet Ophthalmol 3, 73– 82

Dallow, R. L. (1974)

Color Infrared Photography of the Ocular Fundus

Arch Ophthalmol 92, 254- 258

Davidson, M. G. (1991)

Equine Ophthalmology in Textbook of Veterinary Ophthalmology, 2nd Edition (ed.

Gelatt, K.N.), Lea & Febiger, Philadelphia, 576- 610

Delori, F. C., Gragoudas, E. S., Francisco, R., Pruett, C. (1977)

Monochromatic Ophthalmoscopy and Fundus Photography-The Normal Fundus

Arch Ophthalmol 95, 861- 868

DiLoreto, D. Jr., Grover, D. A., del Cerro, C., del Cerro, M. (1992)

A new procedure for fundus photography and fluorescein angiography in small laboratory animal eyes

Curr Eye Res 24 (Suppl. 1), 3- 9

Donovan, E. F., Wyman, M. (1964)

Fundus photography of the dog and cat by means of the Noyori hand fundus camera

Am J Vet Res 25, 865- 870

Ducrey N. M., Delori, F. C., Gragoudas, E. S. (1979)

Monochromatic Ophthalmoscopy and Fundus Photography-The Pathological Fundus

Arch Ophthalmol 97, 288- 293

Ducrey, N., Pomerantzeff, O., Schepens. C., Delori, F. C., Schneider, J. (1977)

Clinical Trials with the Equator- Plus Camera

Am J Ophthalmol 84, 840- 846

Ehrenhofer, M. C. A., Deeg, C. A., Reese, S., Liebich, H- G., Stangassinger, M., Kaspers, B. (2002)

Normal structure and age-related changes of the equine retina
Vet Ophthalmol 5, 39– 47

Errington, B. J. (1941)

Ophthalmology in Equidae
J Am Vet Med Assoc 98, 115– 123

Ewart, S.L., Ramsey, D.T., Xu, J., Meyers, D. (2000)

The horse homolog of congenital aniridia conforms to codominant inheritance
J Hered 91, 93- 98

Gelatt, K. N., Henry, J. D. Jr. (1969)

Ocular Photography
Mod Vet Pract 50, 40- 48

Gelatt, K. N., Leipold, H. W., Coffman J. R. (1969)

Bilateral optic nerve hypoplasia in a colt
J Am Vet Med Assoc 155, 627- 631

Gelatt, K. N., Finocchio, E. J. (1970)

Variations in the normal equine eye
Vet Med Small Anim Clin 65, 569- 574

Gelatt, K. N. (1971)

Ophthalmoscopic studies in the normal and diseased ocular fundi of horses
J Am Animl Hosp Assoc 7, 158- 167

Gelatt, K. N. (1971)

Optic disc astrocytoma in a horse
Can Vet J 12, 53

Gelatt, K. N., (1972)

Recent advances in veterinary and comparative ophthalmology

Advan Vet Sci Comp Med 16, 1- 33

Gelatt, K. N. (1981)

Ophthalmic examination and diagnostic procedures in Textbook of Veterinary

Ophthalmology, 1st edition (ed. Gelatt, K.N.), Lea & Febiger, Philadelphia, 206- 264

Gelatt, K. N. (1991)

Ophthalmic Examination and diagnostic procedures in Textbook of Veterinary

Ophthalmology, 2nd edition (ed. Gelatt, K.N.), Lea & Febiger, Philadelphia, 195- 236

Gelatt, K. N. (2001)

Color Atlas of Veterinary Ophthalmology, Equine Ophthalmology

Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore, 255- 297

Gerhards, H. (1988)

Klinische und ophthalmologische Befunde während der Entwicklung eines primär
intraolulären Tumors beim Pferd

Pferdeheilkd 4, 31-34

Gerhards, H. (1990)

Manuskript zur Vorlesung über Augenkrankheiten

Tierärztliche Hochschule Hannover

Gerhards, H., Wollanke, B. (2002)

Einsatz der Vitroptik[®] bei Pferden: Endoskopie des Glaskörperaums und
angrenzender Strukturen

Pferdeheilkd 18, 559- 562

Gerhards, H., Wollanke, B. (2003)

Die Untersuchung des Pferdeauges bei der Kaufuntersuchung

Prakt Tierarzt 84, 28- 32

Gerhards, H., Wollanke, B. (2003)

Anatomie und Physiologie von Auge und Visus
Proceedings Pferdeheilkunde Curriculum Ophthalmologie
28.2.-2.3.2003 Berlin

Gerhards, H. (2004)

Laseranwendungen in der Ophthalmo-Chirurgie beim Pferd
Vortrag anlässlich des Internationalen Kongresses über Lasermedizin,
Laserchirurgie, Endoskopie und minimal invasive Chirurgie Garmisch-Partenkirchen,
13.-15. 2. 2004

Gutner, R., Miller, D. (1983)

Ophthalmic Technology-Inside the Fundus Camera
Ann Ophthalmol 15, 13- 16

Herring, I. P. (2003)

Examination of the Eye in Current Therapy in Equine Medicine 5 (ed. Robinson,
N.E.), Saunders, St. Louis, 450- 454

Hees, H., Sinowatz, F. (1992)

Kap. 16, Sinnesorgane
Histologie, 2. Auflage
Deutscher Ärzteverlag, Köln, 322- 349

Huber, E. (1937)

Fondo do Ojo Normal del Perro, Ratinograms Obtenidos con el Retinographo do
Nordenson
Rev Med Vet (B. Aires) 19, 643- 649

Jones, R. G. (1997)

Ocular Trauma in Current Therapy in Equine Medicine 4 (ed. Robinson, N.E.),
Saunders, Philadelphia, 350- 353

Ketring, K. L. (1992)

Visual impairment in Current Therapy in Equine Medicine 3 (ed. Robinson, N.E.),
Saunders, Philadelphia, 608- 611

Kómar, G., Szutter, L. (1968)

Tierärztliche Augenheilkunde
Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

König, H. E., Liebich, H- G. (2002)

Kap. 16 Sehorgan
Anatomie der Haussäugetiere II, 2. Auflage
Schattauer Stuttgart/New York, 287- 308

Lassaline, M. (2003)

Emergency Treatment of Ocular Trauma in Current Therapy in Equine Medicine 5
(ed. Robinson, N.E.), Saunders, St. Louis, 461- 467

Lavach, J. D. (1990)

Large Animal Ophthalmology, Fundus
CV Mosby, St. Louis, 209- 224

Leistungs-Prüfungs-Ordnung (LPO) (2004)

Regelwerk für den deutschen Turniersport
Teil A: Allgemeine Bestimmungen; Abschnitt A VIII: Teilnahmeberechtigung; §66
Allgemeine Teilnahmebeschränkungen von Pferden und Ponys 3.3.

Leonardi, E. (1930)

Fondo Oculare del Cane
Ann Ottamnd Clin Occulistica 58, 18- 27

Liebich, H- G.(2004)

Kap. 16 Sinnesorgane, Sehorgan
Funktionelle Histologie der Haussäugetiere, 4. Auflage
Schattauer, Stuttgart/New York, 331- 358

Luginbühl, H. (1958)

Die farbphotographische Darstellung des Augenhintergrundes bei verschiedenen Haustieren

Schweiz Arch Tierheilkd 100, 187- 195

Matthews, A. G., Crispin, S. M., Parker, J. (1990)

The equine fundus II: normal anatomical variants and colobomata

Equine Vet J Suppl 10, 50– 54

Matthews, A. G., Crispin, S. M., Parker, J. (1990)

The equine fundus III: pathological variants

Equine Vet J Suppl 10, 55– 61

Mätz- Rensing, K., Drommer,W., Kaup, F.- J., Gerhards, H. (1996)

Retinal detachment in horses

Equine Vet J 28, 111- 116

Millichamp, N. J. (1992)

Occular Trauma

Vet Clin North Am: Equine Praticce 8, 521– 536

Modes, E. (1937)

Das Blutgefäßbild des Augenhintergrundes bei den Haussäugetieren

Inaugural- Dissertation, Universität Leipzig

Modes, E. (1936)

Das Blutgefäßbild des Augenhintergrundes bei den Haussäugetieren

Arch wissensch prakt Tierheilkd 79, 449

Munroe, G. A. (1997)

Congenital Ocular Disease in Current Therapy in Equine Medicine 4 (ed. Robinson, N.E.), Saunders, Philadelphia, 355- 359

Munroe, G. A. and Barnett, K. C. (1984)

Congenital ocular diseases in the foal

Vet Clin North Am: Large animal Practice 6, 519– 537**Nickel, R., Schummer, A., Seiferle, E. (1992)**

Kap. Sinnesorgane, Sehorgan

Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Band IV, 3. Auflage

Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 386- 472

Ollivier, F. J., Samuelson, D. A., Brooks, D. E., Lewis, P. A., Kallberg, M. E., Komaromy, A. M. (2004)

Comparative morphology of the tapetum lucidum (among selected species)

Vet Ophthalmol 7, 11– 22**Platt, H., Barnett K. C., Barry D. R., Bell, A. S. W. (1983)**

Degenerative lesions of the optic nerve in Equidae

Equine Vet J Suppl 2, 91– 97**Ramsey, D. T., Ewart, S. L., Render, J. A., Cook, C. S., Latimer, C. A. (1999)**

Congenital ocular abnormalities of Rocky Mountain Horses

Vet Ophthalmol 2, 47– 59**Rebhun, W. C. (1992)**

Retinal and optic nerve diseases

Vet Clin North Am: Equine Practice 8, 587- 608**Rebhun, W. C. (1987)**

Diseases of the Retina and Optic Nerve in Current Therapy in Equine Medicine 2 (ed.

Robinson, N.E.), Saunders, Philadelphia, 458- 460

Rebhun, W. C. (1983)

Equine retinal lesions and retinal detachments

Equine Vet J Suppl 2, 86– 90

Rennordnung des Direktoriums für Vollblutzucht und –Rennen (2003)

Kapitel IX, Ziffer 425

Riis, R. C. (1981)

Equine Ophthalmology in Veterinary Ophthalmology, 1st edn. (ed. Gelatt, K.N.), Lea & Febiger, Philadelphia, 569– 605

Riis, R. C., Rebhun, W. C. (1990)

Proliferative optic neuropathy in a horse caused by a granular cell tumor
Equine Vet J Suppl 10, 69– 72

Riis, R. C., Jackson, C., Rebhun, W., Katz, M. L., Loew, E., Summers, B., Cummings, J., de Lahunta, A., Divers, T., Mohammed, H. (1999)

Occular manifestations of equine motor neuron disease
Equine Vet J 31, 99– 110

Roberts, S. R. (1962)

Fundus Lesions in Equine Periodic Ophthalmia
J Am Vet Med Assoc 141, 229– 239

Roberts, S. R. (1971)

Chorioretinitis in a Band of Horses
J Am Vet Med Assoc 158, 243– 246

Rosolen, S. G., Saint-Macary, G., Gautier, V., LeGargasson, J.- F. (2001)

Ocular fundus images with confocal scanning laser ophthalmoscopy in the dog, monkey and minipig
Vet Ophthalmol 4, 41- 45

Rubin, L. F. (1974)

Atlas of veterinary ophthalmoscopy
Lea & Febiger, Philadelphia, 289- 327

Rüsse, I., Sinowatz, F. (1998)

Lehrbuch der Embryologie der Haustiere, 2. Auflage
Kap. 11 Sinnesorgane
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 287- 303

**Satzung und Ordnung des Hauptverbandes für Traberzucht und-Rennen e.V.
(HVT) (2003)**

Teil B Trabrennen; I Teilnehmer an Trabrennen; b) Zulassung der Pferde §28
Grundregeln; Abschnitt 3e)

Saurer, H. (1947)

Beitrag zur Photographie des Augenhintergrundes bei Haustieren
Schweiz Arch Tierheilkd 89, 199- 205

Saunders, L. Z., Rubin, L. F. (1975)

The Retina
Ophthalmic Pathology of Animals–An Atlas & Reference Book
S. Karger AG, Basel, 110– 151

Saunders, L. Z., Rubin, L. F. (1975)

The Optic Nerve
S. Karger AG, Basel, 152- 177

Saunders, L. Z., Bistner, S. I., Rubin, L. F. (1972)

Proliferative optic neuropathy in horses
Vet Pathol 9, 368- 378

Schmidt, V. (1999)

Handbuch Pferdepraxis 2. Auflage (Hersg. Dietz, O., Huskamp, B.)
Kap. 38 Augenkrankheiten
Ferdinand Enke Verlag , Stuttgart, 707– 740

Severin, G. A. (1996)

Kap.1 Examination of the eye–Ophthalmoscopy
Severin's veterinary ophthalmology notes, 3rd Edition
Im Selbstverlag, Fort Collins, 19– 34

Severin, G. A. (1996)

Kap.15 Retina & Optic nerve
Severin's veterinary ophthalmology notes, 3rd Edition
Im Selbstverlag, Fort Collins, 415– 452

Silbersiepe, Berge, Mueller (1986)

Krankheiten des Kopfes, I. Augenkrankheiten, G. Krankheit der Netzhaut und des Sehnerven
Lehrbuch der speziellen Chirurgie 16. Auflage
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 51– 56

Slater, J. D., Ellis, M., Froeschl, N. (2000)

Equine chorioretinal lesions: the role of equine herpesvirus- 1 in lesion pathogenesis
Proceedings IV Internationaler Kongress über Kleintier- und Pferdekrankheiten Wien,
1.- 4. Juni 2000

Slater, J. D., Gibson, J. S., Barnett, K. C., Field, H. J. (1992)

Chorioretinopathy associated with neuropathology following infection with equine herpesvirus–1
Vet Rec 131, 237– 239

Slatter, D. H. (2001)

Kap.16 Retina
Fundamentals of veterinary ophthalmology, 3rd Edition
W.B. Saunders Company, Philadelphia, 419– 456

Slatter, D. H., Huxtable C. R. (1983)

Retinal degeneration and granulomatous optic neuritis in a horse
Equine Vet J Suppl 2, 98– 100

Strubbe, D. T., Gelatt, K. N. (1998)

Ophthalmic examination & diagnostic procedures in Textbook of Veterinary Ophthalmology, 3rd edition (ed. Gelatt, K.N.), Lippincott, Williams and Wilkins, Baltimore, 427- 466

VanCader, T., Edwards, W. C., Allen, L. (1973)

Ophthalmic Photography in Academic Ophthalmology
Ann Ophthalmol 5, 1165- 1168

Wieder, M., Te Poel, W., Müther, H. (1983)

Die Photodokumentation mit der Equator-Plus Camera
Fortschr Ophthalmol 80, 482- 484

Williams, D. L., Barnett, K. C. (1993)

Bilateral optic disc colobomas and microphthalmos in a thoroughbred horse
Vet Rec 132, 101- 103

Wintzer, H.- J. (1997)

Krankheiten des Pferdes
Augenkrankheiten
Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg, 403- 426

Wissdorf, H., Gerhards, H., Huskamp, B., Deegen, E. (2002)

Kap. 3.6.1. Augapfel
Praxisorientierte Anatomie und Propädeutik des Pferdes, 2. Auflage
Verlag M. & H. Schaper, Alfeld-Hannover, 124- 151

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich vor allem Herrn Prof. Dr. H. Gerhards für die Überlassung des interessanten Themas, seine zahlreichen Anregungen und sein großes Interesse an meiner Arbeit danken.

Herzlichen Dank allen Mitarbeitern der Pferdeabteilung der Chirurgischen Tierklinik der Ludwig- Maximilians- Universität München für ihre Unterstützung bei den Untersuchungen, besonders Richard McMullen, der mich mit seiner Begeisterung für die Fundusphotographie immer motivierte.

Esther Maasen und meiner Volleyballmannschaft bin ich sehr dankbar für das Durchsehen der Arbeit und ihre konstruktive Kritik.

Mein besonderer Dank gilt Jan Lorenz für seine Hilfe bei allen den Computer betreffenden Problemen und der Unterstützung bei der Formatierung.

Nicht zuletzt ein herzliches Dankeschön an meine Freunde und Familie für ihr Verständnis während der letzten Monate und insbesondere meinen Eltern, ohne die dieser Weg nicht möglich gewesen wäre.

Lebenslauf

Name: Anika Theresia Pachten

Geburtsdatum: 22.2.1979

Geburtsort: Düsseldorf

Familie: Michael Pachten
Johanna Pachten

Stefanie van Wezel, geb. Pachten
Andreas Pachten

Familienstand: ledig

Schule: 1985–1989 Matthias–Claudiusgrundschule, Kaarst
1989–1998 Albert–Einsteingymnasium, Kaarst

Universität: 1998–2004 Studium der Tiermedizin an der Ludwig–
Maximilians– Universität München
25.2.2004 Abschluss des Studiums der Tiermedizin
2.4.2004 Approbation als Tierärztin
Seit April 2004 Promotionsstudium in der Klinik für
Pferde der Universität in München unter der Leitung von Herrn
Prof. Dr. H. Gerhards
1.5.2004–30.9.2004 halbe Stelle als wissenschaftlicher
Mitarbeiter in der Klinik für Pferde der Universität in München
unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. H. Gerhards