

Diagnostischer Einsatz der digitalen Infrarot-Schwarzweiß-Photographie in der Pferdeophthalmologie

József Tóth und Lieke Dikker

Tierärztliche Klinik Domäne Karthaus, Dülmen

Zusammenfassung

Die sorgfältige Diagnostik von Augenerkrankungen ist Voraussetzung für eine Erfolg versprechende Therapie. Für die Untersuchung des Auges steht eine Vielzahl von Hilfsmitteln zur Verfügung und doch bleiben dem Untersucher einige Bereiche verwehrt. Das nachfolgend beschriebene Verfahren zur bildlichen Darstellung im infraroten Licht ermöglicht eine Untersuchung des vorderen Augenbereiches (Hornhaut, vordere Augenkammer, Iris, Pupillenöffnung, Linse) auch bei getrübten Medien im vorderen Augenabschnitt. Die Bilder zeigen beispielhaft wie sich die Augenstrukturen im infraroten Licht verändern und welche diagnostischen Möglichkeiten sich daraus ergeben. Aus Sicht der Autoren hat sich das beschriebene Verfahren als Ergänzung zur konventionellen digitalen Photographie von Pferdeaugen bewährt. Dabei sind die Anschaffungskosten einer geeigneten Digitalkamera im Vergleich zum Nutzen gering.

Schlüsselwörter: Pferd / Auge / Diagnostik / Infrarot-Photographie / vordere Augenkammer / Ophthalmologie

Diagnostic value of infrared imaging in equine ophthalmology

A thorough diagnostic investigation is an essential precondition for a successful therapy in all ocular diseases. Nowadays, a multitude of diagnostic means are available to the examiner, and yet there are areas of the eye that can prove to be inaccessible to further investigation for different reasons. One of those reasons can be opacities in the anterior segment of the eye. This publication introduces the method of infrared diagnostic imaging which allows visualization and examination of the anterior segment of the eye even through opacities and cloudiness of anterior ocular structures (cornea, anterior chamber, iris, pupil, lens). The accompanying figures demonstrate how certain ocular structures appear under "regular" conditions and in infrared digital imaging and thus illustrate the diagnostic potential of this method. In the opinion of the authors, the method of infrared digital imaging is a valuable addition to regular digital photography in equine ophthalmology. The acquisition of the required equipment (suitable digital camera) is low in cost when compared to the benefit that can be achieved with it.

Keywords: horse / eye / diagnostics / infrared digital photography / anterior segment / ophthalmology

Einleitung

Die klinische ophthalmologische Untersuchung des Pferdes beruht im Wesentlichen auf der Adspektion im auffallenden und durchfallenden Licht. Sobald jedoch die Sicht in das Auge durch Trübungen der durchsichtigen Augenstrukturen wie Hornhaut und vordere Augenkammer verwehrt wird, stellt die Ultraschalluntersuchung des Auges eine wichtige ergänzende Untersuchungsmethode dar. Ultrasonographisch lassen sich die Auginnenstrukturen beurteilen und teilweise auch quantitativ auswerten (Esser 1996). Eine weitere Möglichkeit ist die Untersuchung der Augenmedien mit infrarotem Licht.

Die Infrarotphotographie war in der Humanmedizin bereits vor mehreren Jahrzehnten ein diagnostisches Hilfsmittel (Dekking 1933, Kugelberg 1934, Schmelzer 1937). Vor allem bei Erkrankungen der vorderen Augenabschnitte zeichnet sie sich durch einen guten Kontrast, die Darstellbarkeit und Beobachtung von Pigmentierungen und eine verbesserten Einsicht in das vordere Augensegment bei Trübungen oder Ödemen der Hornhaut aus (Matthäus und Gröttsch 1966, McMullen et al. 2009).

Zusätzlich zu den diagnostischen Vorteilen der Methode wird sie auch den steigenden Ansprüchen an die Dokumentation von Befunden in der Veterinärmedizin gerecht.

Physikalische Grundlage und Entwicklung

Als Infrarot (in der Photographie gebräuchliche Bezeichnung) wird jener Bereich bezeichnet, der zwischen dem sichtbaren Licht und den Mikrowellen liegt. Für den Menschen ist ein Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm sichtbar. Der Bereich des infraroten Lichtes umfasst Wellenlängen von 780 bis 400 000 nm. Entdeckt wurde die Infrarotphotographie 1910 von dem Physiker Robert W. Wood, nach dem der Wood-Effekt benannt ist (Wood 1919). Da Infrarotes Licht aufgrund der längeren elektromagnetischen Wellen andere Eigenschaften aufweist als sichtbares Licht, ergeben sich bei der Infrarotphotographie andere Bilder. Infrarote Wellenlängen werden in geringerem Ausmaß als das sichtbare Licht durch Dunst und Luftverunreinigungen gestreut, die Erkennbarkeit von Objekten trotz derartiger Sichtbeeinträchtigungen ist daher im infraroten Bereich besser. Die Reflexionseigenschaften von fotografierten Gegenständen verändern sich im infraroten Licht, was zu einer besseren Detailgenauigkeit führt. Infrarotstrahlung ist für das menschliche Auge nicht sichtbar und bietet daher die Möglichkeit unbemerkt Aufnahmen anzufertigen. Aufgrund dieser Eigenschaften wird die Infrarotphotographie in vielen Bereichen eingesetzt (Militär, Astronomie, Medizin, Kriminologie, Archäologie u.a.).

Für den Einsatz in der Humanophthalmologie hat man sich die Vorteile der Infrarotphotographie schon vor vielen Jahren zu

Nutzen gemacht. *Dekking* (1933) fertigte als Erster Aufnahmen an, auf denen trotz narbiger Hornhauttrübungen, Aussagen über die vordere Augenkammer, Iris und Pupille möglich waren. *Schmelzer* (1937) beschrieb den Vorteil der Infrarotphotographie vor allem in der möglichen Beurteilung von vorderer Augenkammer, Pupille und Iris durch eine getrübbte Hornhaut. Dieser Entdeckung folgte die Erkenntnis, dass Pigmentveränderungen der Iris und der Binde- und Lidhaut im infraroten Licht differentialdiagnostisch von pigmentierten Tumoren in diesem Bereich abgrenzbar sind (*Huerkamp* 1955).

In der Veterinärphthalmologie treten ebenfalls sehr häufig Erkrankungen auf, die mit einer Trübung der Hornhaut einhergehen und eine Diagnostik, der hinter der Trübung liegenden Bereiche, erschweren. Die Verwendung der Infrarotphotographie in der Pferdeophthalmologie ist bereits beschrieben (*McMullen et al.* 2009). Die Darstellung und Entwicklung der

Infrarotphotographie in der Literatur haben uns dazu bewegt, dieses Verfahren anzuwenden um Erfahrungen mit der Technik zu sammeln. Die Anwendbarkeit bei der täglichen praktischen Tätigkeit in der Pferdeophthalmologie, sowie der diagnostische Nutzen soll nachfolgend anhand von Beispielen dargestellt werden.

Methodik des verwendeten Verfahrens

Bei den Patienten, die zur Augenuntersuchung in der Tierärztlichen Klinik Domäne Karthaus vorgestellt wurden, ist die Infrarotphotographie routinemäßig in den Untersuchungsgang integriert worden. Die für diesen Artikel aus dem Patientengut ausgewählten Pferde, weisen entweder Trübungen der Hornhaut, Trübungen in der Kammerwasserflüssigkeit oder Veränderungen im Bereich des vorderen Augenabschnittes auf, die es näher zu differenzieren gilt.

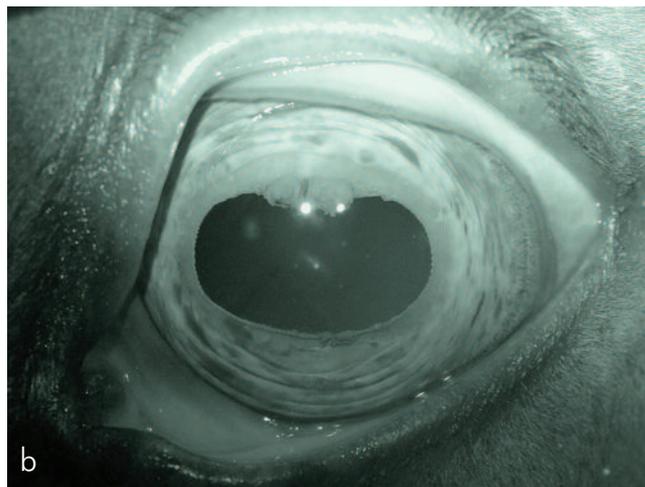


Abb. 1a+b Fall 1: Gesundes Auge mit braun pigmentierter Iris und hyperpigmentierten Irisanteilen. Abb. 1b Die Infrarotaufnahme des Auges in Abb. 1a stellt die feine und konzentrische Fältelung der Iris sehr kontrastreich dar und die hyperpigmentierten Anteile sind deutlicher erkennbar. Gut zu beobachten ist, dass die Pupille nicht auf Infrarotlicht reagiert, die Pupillenstellung also objektiv beurteilbar ist.

Case 1: Physiological eye of a horse with brown pigmented iris and hyperpigmented areas of the iris. The infrared image of the eye from Fig. 1a clearly depicts the subtle and concentric plication of the iris. The hyperpigmented areas are well defined. Note that the pupil does not react to the infrared light, so that the size of the pupil can be objectively assessed.



Abb. 2a+b Fall 2: Pferd mit Equiner rezidivierender Uveitis und sekundärem Glaukom. Patient mit dichtem, undurchsichtigem Hornhautödem. Auf dem Bild sind Iris und Pupille nicht beurteilbar. Auf der Infrarotaufnahme sind sowohl die Iris und die Traubenkörner als auch die mittelgradig geöffnete Pupille erkennbar.

Case 2: Horse with equine recurrent uveitis and secondary glaucoma. This patient has a massive, non-transparent corneal edema. In the picture, neither iris nor pupil can be evaluated. In the infrared image, iris and corpora nigra as well as a moderately dilated pupil can be seen.

Für die Augenuntersuchung wurden die Pferde sediert (Romi-fidin 1mg/kg, Sedivet®, Boehringer Ingelheim, Basel) und in einem abgedunkelten Raum untersucht.

Als Kamera wurde das Model Cyber-shot DSC-F717 der Firma Sony gewählt. Diese Digitalkamera verfügt über einen so genannten Night-shot welcher in Bereichen von 0,3–2,5 m mit Hilfe von integrierten Infrarot-LEDs Bilder aufnimmt.

Fallbeispiele

Die folgenden 12 Fallbeispiele illustrieren die Möglichkeiten des Einsatzes der Infrarotuntersuchung bei unterschiedlichen Erkrankungen des Pferdeauges. Bei den Fällen handelt es sich um Patienten der Autoren.

Diskussion

Als diagnostisches Verfahren ist die Infrarotphotographie des Pferdeauges bereits in der internationalen Literatur beschrieben (McMullen 2009). Aus Sicht der Autoren (McMullen 2009) können weitere Studien das große Potential der Methode aufzeigen, weshalb sie am eigenen Patientengut im Rahmen der klinischen Augenuntersuchung eingesetzt wurde.

Die Möglichkeiten der Infrarotphotographie in der Pferdeophthalmologie sind, wie die Fallbeispiele eindrucksvoll demonstrieren, sehr vielfältig. Das beschriebene Verfahren zeichnet sich aus durch einen geringen Kosten- und Zeitaufwand und einen großen diagnostischen Nutzen. Eine geeignete Kamera ist lediglich einmalig anzuschaffen und liegt im Vergleich zu anderen medizinischen Geräten auf einem niedrigen Preisniveau (ca. 800–1000 €). Die benötigte Untersuchungszeit,

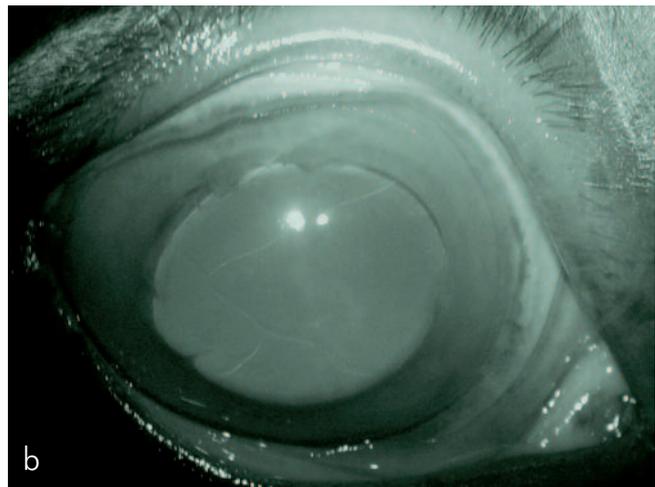
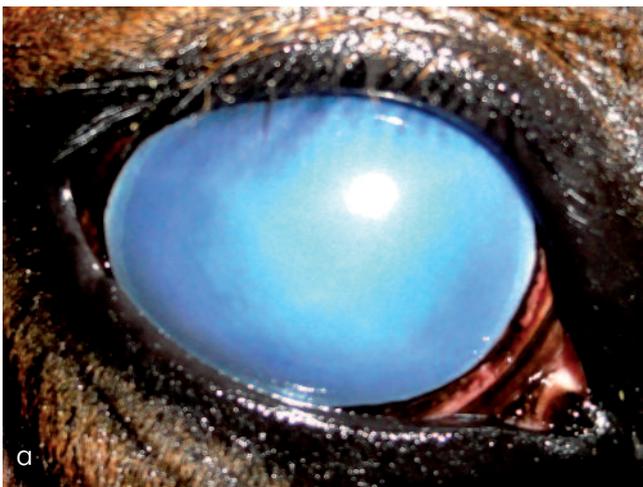


Abb. 3a+b Fall 3: Pferd mit Equiner rezidivierender Uveitis und sekundärem Glaukom. Mittelgradige Hornhauttrübung als Folge eines sekundären Glaukoms. Im infraroten Licht sieht man die weitstehende Pupille, die Synechien im Pupillenrandbereich, die Traubenkomatrophie und eine beginnende Katarakt. Im Vordergrund sind Haabschen-Linien in der Hornhaut erkennbar. *Case 3: Horse with equine recurrent uveitis and secondary glaucoma. Moderate cloudiness of the cornea due to secondary glaucoma. In the infrared image, the dilated pupil, the adhesions at the margins of the pupil, the atrophy of the corpora nigra and the developing cataract can be seen.*

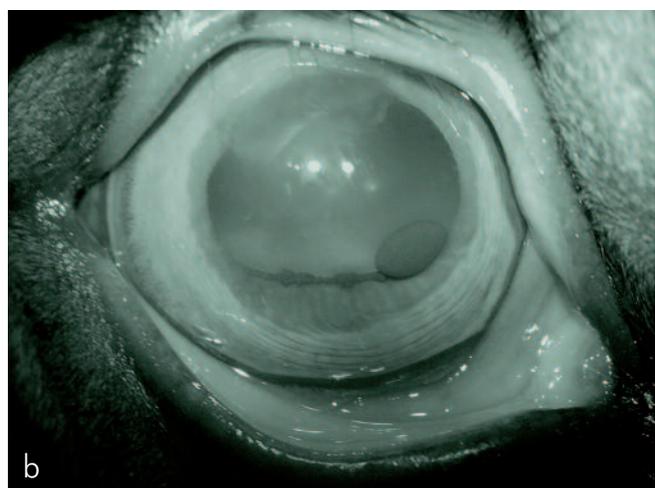


Abb. 4a+b Fall 4: Pferd mit immunbedingter Keratitis. Keratitis mit Hornhauttrübung und zweigartigen Gefäßneubildungen von dorsal. Die getrübt Hornhaut ist auch auf dem Infrarotphoto sichtbar. Die Iris, die Pupille und die Zystenbildung am unteren Pupillenrand erkennt man jedoch wesentlich deutlicher. *Case 4: Eye of a horse with immune-mediated keratitis. Keratitis with corneal opacity and branched neovascularization at the dorsal aspect. The corneal opacity is also visible in the infrared image. Iris, pupil and the cyst at the lower margin of the pupil are much more well-defined.*

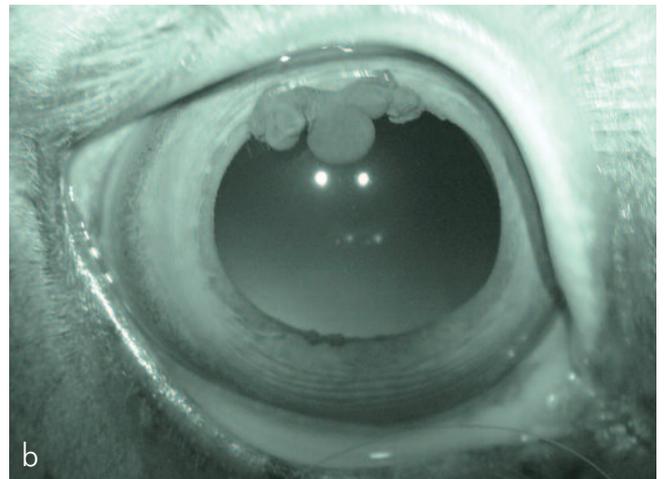


Abb. 5a+b Fall 5: Pferd mit zystisch entarteten Traubenkörnern. Zystenbildung in den Traubenkörnern. Die Traubenkörner sind im Infrarotbild fein strukturiert und kontrastreicher sichtbar.
Case 5: Horse with cystic alterations of the corpora nigra. Cysts of the corpora nigra. The corpora nigra appear much more refined and with a sharper contrast.



Abb. 6a+b Fall 6: Pferd mit akuter hämorrhagischer Uveitis. Im normalen Digitalbild ist die Hornhaut matt, das Kammerwasser ist trüb, eine Blutansammlung ist zu vermuten. Zusätzlich ist eine zirkuläre Gefäßeinsprossung zu beobachten. Auf der Infrarotaufnahme sieht man das Hyphaema, die Iris und die enge Pupillenstellung deutlich.
Case 6: Horse with acute uveitis. Fig. 6a Acute hemorrhagic uveitis. In the regular image, the cornea is dull, the aqueous fluid is cloudy and an accumulation of blood at the ventral aspect can be suspected. In the infrared image the hyphaema, the iris and the constricted pupil can be clearly seen in the infrared image.

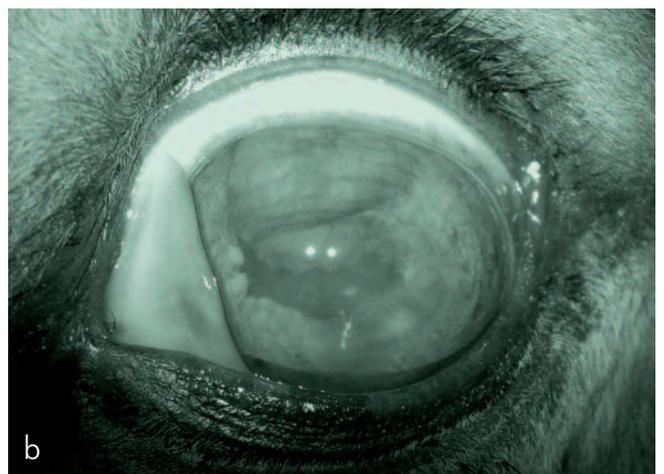
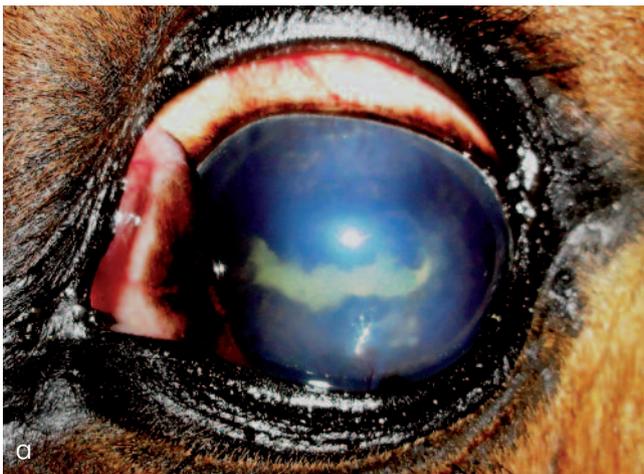


Abb. 7a+b Fall 7: Pferd mit chronischer Uveitis. Die Iris bombata im dorsalen Irissegment ist aufgrund des besseren Kontrastes deutlicher darstellbar.
Case 7: Eye of a horse with chronic uveitis. Chronic uveitis. Due to the enhanced contrast, the iris bombata in the dorsal part of the iris can be seen much clearer in the infrared image.

die in der Veterinärmedizin ebenfalls ein wichtiger Faktor ist, ist als minimal anzusehen, da eine Aufnahme nur wenige Sekunden dauert und auch am nicht sedierten Patienten gut möglich ist. Im Vergleich zu normalen digitalen Aufnahmen gibt es bei der Infrarotphotographie kein Blitzlicht und die Patienten tolerieren diese Art der Photographie deutlich besser, vor allem wenn durch eine akute schmerzhaftes Erkrankung oder iatrogene Mydriasis eine Photophobie vorliegt.

Aufgrund der physikalischen Eigenschaften des infraroten Lichtes ist die mögliche Sicht durch getrübte Medien für die Ophthalmologie der größte Vorteil. Die Fälle 2, 3, 4, 6 und 8 zeigen, wie sich unterschiedliche Augenanteile mit verschiedenen Trübungen im infraroten Licht verändern. Bei einer komplett getrübten Hornhaut wird z.B. die Beurteilung von vorderer Augenkammer, Iris und Linse im infraroten Licht wieder möglich (Abb. 2b und 3b). Gleichmaßen stellt sich die Sicht auf Iris und Pupillenöffnung durch eine vordere Augenkammer mit

einer starken Einblutung (Abb. 6b) dar. Bei der Untersuchung des vorderen Abschnittes des Pferdeauges, bei einer partiell oder sogar vollständig getrübten Hornhaut, steht als diagnostisches Hilfsmittel alternativ noch die ultrasonographische Untersuchung des Auges zur Verfügung (Cronau und Gerhards 2004). Im Ultraschall sind die Strukturen jedoch nur im Schnittbild sichtbar und daher häufig nicht einfach zu beurteilen. Die Pupillenweite lässt sich beispielsweise im Ultraschall darstellen und ausmessen, kann jedoch bei der Infrarotphotographie, bei der die Bilder im Dunkeln aufgenommen werden, im Gesamtbild beurteilt werden. Eine bestehende Miosis kann dann mit Mydriatika behandelt werden und der Therapieerfolg lässt sich, auch bei Fortbestehen der Hornhauttrübung, durch eine weitere Infrarotaufnahme überprüfen.

Bei der Diagnostik von Veränderungen der Iris (Naevus maternus, Cysta iridica, Irlsmelanom) hat sich die Infrarotphotographie ebenfalls als nützlich erwiesen. Sie ermöglicht

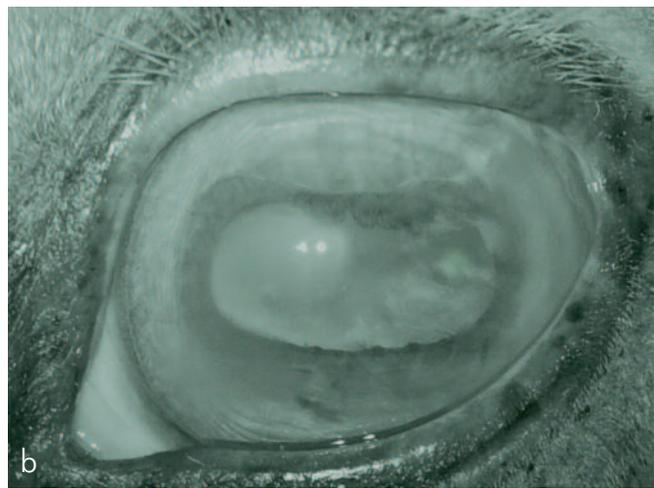


Abb. 8a+b Fall 8: Pferd mit immunbedingter, rezidivierender Keratitis. Keratitis, die wegen einer Ulzeration im temporalen Hornhautbereich mit Bindehautflap versorgt worden ist. Aufgrund der Hornhauttrübung und des Bindehautflaps sind die Iris und die Pupille in der Infrarotaufnahme besser zu beurteilen.

Case 8: Eye of a horse with recurrent immune-mediated keratitis. Keratitis accompanied by corneal ulceration in the temporal aspect that was treated with a conjunctival pedicle flap. Due to the cloudiness of the cornea and the conjunctival pedicle flap, iris and pupil can be examined better in the infrared image.

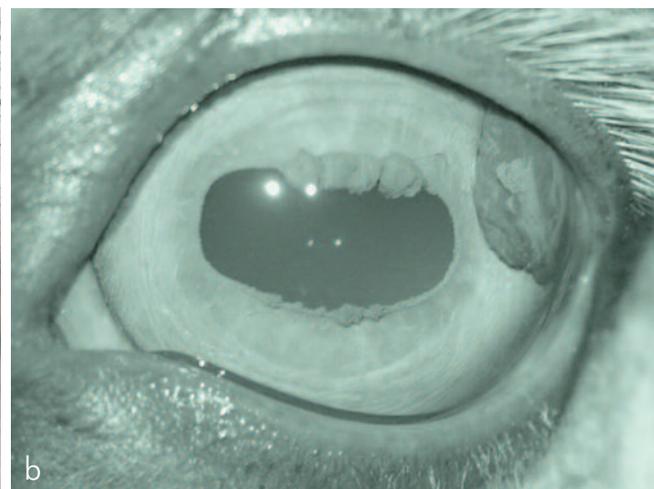


Abb. 9a+b Fall 9: Pferd mit Zubildung im temporalen Augewinkel. Das dunkelbraune Melanom im temporalen Augewinkel ist kaum zu sehen. Der melaninhaltige Tumor (Irlsmelanom) ist in der Infrarotaufnahme sehr plastisch zu beurteilen.

Case 9: Horse with a mass in the temporal corner of the eye. The dark brown melanoma in the temporal corner of the anterior chamber is difficult to detect. The melanin-containing tumor (melanoma of the iris) can be graphically evaluated in the infrared image.

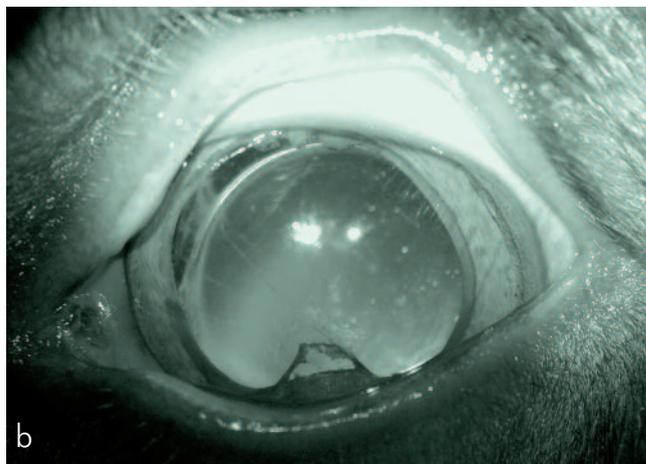


Abb. 10a+b Fall 10: Pferd mit equiner rezidivierender Uveitis, Linsensubluxation und Synechien. Die subluxierte Linse und die beginnende Katarakt sind im Infrarotbild deutlicher darzustellen.

Case 10: Horse with equine recurrent uveitis, lens luxation and adhesions. Uveitis, subluxated lens and adhesions. The subluxated lens and the developing cataract can be evaluated with greater accuracy in the infrared image.

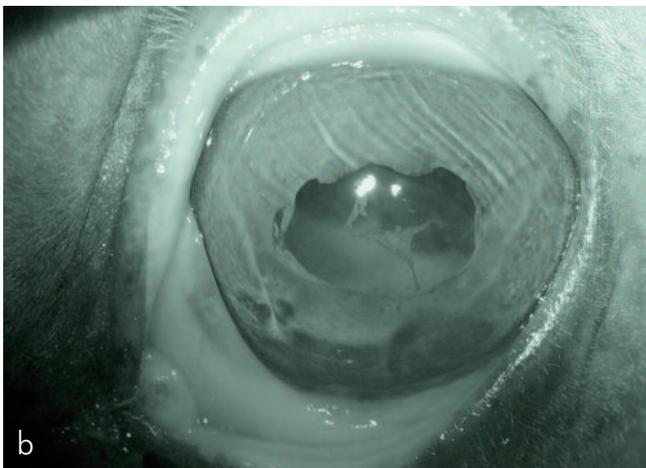
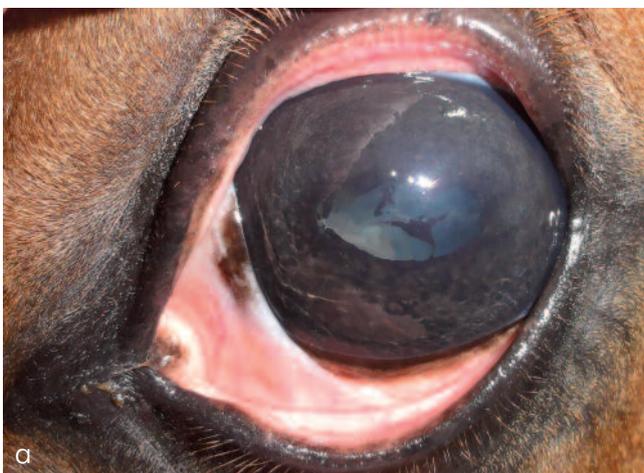


Abb. 11a+b Fall 11: Pferd mit equiner rezidivierender Uveitis, Synechien und Katarakt. Chronische Uveitis, Synechien und Cataracta immatura. Die Ausdehnung der Katarakt sieht man im Bild deutlich. Auf der Infrarotaufnahme sieht man außerdem eine Atrophie der Iris und eine Hornhautatrophie in Form einer wellenförmig veränderten Hornhaut
Case 11: Eye of a horse with equine recurrent uveitis, adhesions and cataract. Chronic uveitis, adhesions and immature cataract. The dimensions of the cataract can be assessed in the infrared image. Also, an atrophy of the iris and of the cornea (undulated appearance) can be seen.

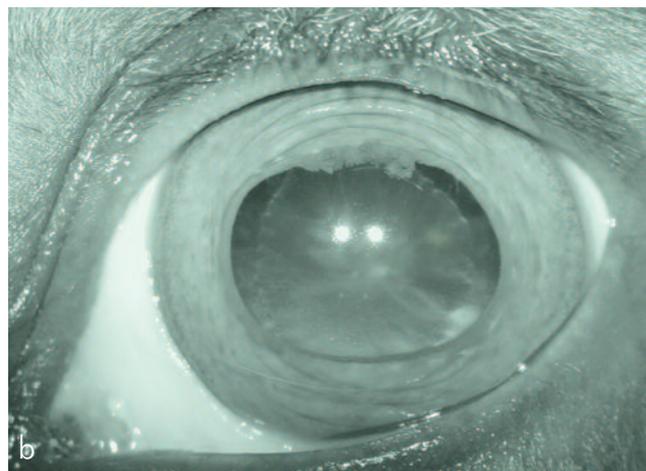


Abb. 12a+b Fall 12: Pferd mit Linsenkatarakt. Cataracta corticalis posterior nach mehreren Uveitisschüben. Die kreisförmig angeordneten Pünktchen im Linsengewebe sind in der Digitalaufnahme nicht sichtbar, hingegen in der Infrarotaufnahme deutlich darstellbar.

Case 12: Horse with cataract of the lens. Posterior lens cataract after several bouts of uveitis. The circular punctation of the lens as depicted in this infrared image cannot be recognized in the regular digital image at all.

die Differenzierung zwischen einer Tumorbildung und einer Pigmentierung der Iris. Fall 1 wurde mit Verdacht auf Iris-melanom im Anfangsstadium zur weiteren Diagnostik in die Klinik überwiesen. Die Infrarotaufnahme (Abb. 1b) zeigt jedoch deutlich, dass es sich lediglich um eine Hyperpigmentierung handelt. Es wird dabei von der Tatsache ausgegangen, dass Melanin infrarotes Licht stärker reflektiert als sichtbares Licht. Nach *Cawley et al.* (1954) absorbiert das von malignen Tumoren gebildete Pigment das Infrarotlicht stärker als das Pigment (Melanin) normaler Gewebe. Dies ist auch bei der Diagnostik eines Iris-melanomes (Abb. 9b) genutzt worden, um die Zubildung näher differenzieren zu können. Die Beurteilung von Iriszysten, die sich im Infrarotbild deutlicher darstellen (Abb. 4b und 5b), wird durch das beschriebene Verfahren erleichtert. Da Infrarotphotos kontrastreicher sind als normale Farbaufnahmen, zeichnen sich auch die Konturen einer Iris bombata (Abb. 7b) deutlicher ab.

Die Infrarottechnik stellt auch eine Hilfe bei der Beurteilung von Linsenveränderungen, z.B. bei der progredienten Katarakt dar. Durch wiederholte Infrarotaufnahmen besteht bei diesem Krankheitsbild die Möglichkeit eine Aussage über den Verlauf und die Prognose zu machen (Abb. 11b und 12b).

Die ausgewählten Fallbeispiele zeigen einen diagnostischen Vorteil gerade bei den häufigsten Augenerkrankungen des Pferdes. Zum einen bei der Equinen rezidivierenden Uveitis, die durch unterschiedlich stark ausgeprägte Begleiterscheinungen (Hornhauttrübung, Hyphäma), eine präzise Untersuchung der vorderen Augenkammer, Iris und Linse einschränkt. Zum anderen bei der Keratitis, bei der durch partielle oder totale Trübungen ebenfalls eine diagnostische Einschränkung besteht. Bei den deutlich selteneren Zubildungen im Bereich des vorderen Augenabschnittes ist eine detailgenaue Beurteilung vor allem vor einem chirurgischen Eingriff wichtig und möglich. Die bereits von *McMullen* (2009) dargestellten Einsatzmöglichkeiten haben sich bei unseren Patienten als sehr sinnvoll erwiesen und können von uns bestätigt werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Infrarotphotographie bei allen Augenpatienten problemlos durchgeführt werden kann. Unsere Erfahrungen und Bilder verdeutlichen, dass die Infrarotaufnahme des Pferdeauges eine kostengünstige, nicht invasive, weiterführende Untersuchungsmethode dar-

stellt, die aufgrund ihrer einfachen Durchführung sowohl für den Kliniker, als auch für den Praktiker sehr hilfreich für die genauere Diagnosestellung und für die Dokumentation sein kann. Eine routinemäßige Anwendung ist aus unserer Sicht sinnvoll.

Erklärung zum Interessenskonflikt

Die Autoren schließen jeglichen Interessenskonflikt hinsichtlich der in diesem Beitrag erwähnten Medikamente oder technischen Geräte aus.

Literatur

- Cawley E. P., Rathbun D. und Wheeler C. E.* (1954) Infrared spectroscopic studies of pigmented skin tumors. *Arch. Dermat.* 70, 748
- Cronau M. und H. Gerhards* (2004) Hochauflösende Sonographie am Auge des Pferdes. *Pferdeheilkunde* 20, 321-326
- Dekking H. M.* (1933) Infrarotphotographie des Auges. *Albrecht v. Graefes Arch. Ophthalm.* 130, 373-375
- Esser M.* (1996) B-Mode-Ultraschalldiagnostik bei Augenerkrankungen des Pferdes. *Diss. Med. Vet. Hannover*
- Huerkamp B.* (1955) Die Infrarot-Photographie in der Differentialdiagnostik von Pigmentveränderungen des vorderen Augenabschnittes. *Ber. Dtsch. Ophthalm. Ges.* 56, 322
- Kugelberg I.* (1934) Der Augenhintergrund in Infrarotem Licht. *Acta Ophthalm. Scand.* 12, 179-190
- Matthäus W. und K. Grötzsch* (1966) Infrarotphotographie als diagnostisches Hilfsmittel in der Ophthalmologie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 148, 723-728
- McMullen R. J., Clode A. B. und B. C. Gilger* (2009) Infrared digital imaging of the equine anterior segment, *Vet. Ophthalm.* 12, 125-131
- Schmelzer H.* (1937) Kornea, Sklera, Episklera. *Zeitschrift für Augenheilkunde.* 92, 232-246
- Wood R. W.* (1919) *Researches in physical optics (Volume 2) Resonance radiation and resonance spectra.* Columbia University Press, New York

Prof. Dr. József Tóth
 Tierärztliche Klinik Domäne Karthaus
 Weddern 16 C
 48249 Dülmen
 prof.toth@tierklinik-karthaus.de