

# Diagnostische Bedeutung der Serumprotein-Elektrophorese auf Celluloseacetatfolie beim Pferd

Corinna Flothow und E. Deegen

Klinik für Pferde, Tierärztliche Hochschule Hannover

Unter Elektrophorese versteht man die Wanderung geladener Teilchen in einem elektrischen Feld.

Mit Hilfe elektrophoretischer Verfahren können Proteine eines Gemisches auf Grund ihrer Ladung getrennt und verschiedenen Fraktionen zugeordnet werden.

Jedes Serumprotein besitzt eine typische Ladung. Diese Ladungen bewirken unterschiedliche Wanderungsgeschwindigkeiten der Proteine im Trennmedium des elektrophoretischen Systems, was letztendlich zur Trennung des Gemisches führt. Das Trennmedium besteht aus einer Pufferlösung, deren Elektrolyte den Stromfluß bei relativer Konstanz des pH-Wertes und der Ionenstärke erst ermöglicht. Der pH-Wert übt einen direkten Einfluß auf die Ladung der Proteine und damit auf Richtung und Geschwindigkeit der Wanderung aus. Werden z. B. die Proteine, wie bei der Serumproteinelektrophorese auf Celluloseacetat-Folie üblich, auf einen pH-Wert von 8,6 bzw. 9,2, je nach Wahl des Trennmediums gepuffert, kann davon ausgegangen werden, daß die Proteine negativ geladen vorliegen und gleichgerichtet anodennwärts wandern.

An ein elektrophoretisches Trennverfahren werden zwei wesentliche Forderungen gestellt. Zum einen soll ein schneller, unter Umständen grober Überblick über das Proteinmuster von Körperflüssigkeiten gewonnen werden, der dem Kliniker eventuelle Hinweise auf krankhafte Veränderungen geben kann. Das Verfahren muß für die Routinediagnostik also einfach, schnell und sicher zu handhaben sein. Zum anderen kann das Verfahren für Wissenschaft und Forschung wertvolle Erkenntnisse liefern, wenn eine möglichst genaue und feine Differenzierung der Proteinfraktionen bzw. „Spots“ erfolgt.

Eine Möglichkeit die Qualität der Proteintrennung zu beeinflussen, liegt in der Wahl des Trägers. Ein Träger stabilisiert das Trennmedium mechanisch, ohne die Proteintrennung zu beeinflussen und ermöglicht reproduzierbare quantitative Aussagen. Die Trägerelektrophorese hat mit Einführung der Papierelektrophorese die klassische, trägerfreie Elektrophorese weitestgehend abgelöst.

Heute stehen mit Trägern wie der Celluloseacetatfolie (CAF), Agarosegel, Polyacrylamidgel oder Agargel Systeme zur Verfügung, die wesentlich kürzere Laufzeiten als die Papierelektrophorese benötigen.

## Zusammenfassung

Mit Hilfe der Celluloseacetat-Elektrophorese können Proteine des Serums getrennt und der Albumin,  $\alpha$ -,  $\beta$ - oder  $\gamma$ -Globulin Fraktion zugeordnet werden. Das auf Celluloseacetat-Folie getrennte Serumweißbild kann dem Untersucher einen schnellen Überblick über absolute Konzentrationsänderungen und relative Verschiebungen der Serumproteine zueinander ermöglichen. Die Vorteile dieses Trennverfahrens liegen in der kurzen Untersuchungszeit, der einfachen Handhabung durch gebrauchsfertige Folien und Auftragsstempel sowie der geringen Menge von benötigtem Untersuchungsmaterial. Begrenzt wird die Aussage des Verfahrens durch die relativ grobe Trennung der Serumproteine. Die Vielzahl der verschiedenen Serumproteine wird je nach Tierart in 5 bis 10 Fraktionen unterteilt, so daß eine Aussage über Konzentrationsänderungen eines einzelnen Proteins nicht möglich ist.

Obwohl die elektrophoretische Trennung von Serumproteinen auf Celluloseacetat-Folie in der diagnostischen Medizin seit Jahren etabliert ist, gibt es keine zusammenfassende Untersuchung über Anwendbarkeit und Aussage dieses Verfahrens beim Pferd.

An Hand von Literaturangaben und eigenen Untersuchungen konnte eine grobe Zuordnung veränderter Serumweißbilder von Pferden zu bestimmten Krankheitstypen vorgenommen werden. Die mögliche Aussage beschränkt sich allerdings auf Hinweise auf das Stadium einer Erkrankung (akut, subakut, chronisch), eventuell beteiligte Organsysteme (Leber, Niere) oder auf Hinweise auf neoplastische Veränderungen. So kann die Celluloseacetat-Elektrophorese unter Berücksichtigung der eher allgemeinen Aussage für den Untersucher eine diagnostische Hilfe darstellen.

**Schlüsselwörter:** Elektrophorese      Celluloseacetat-Folie  
Pferde      Serumproteine  
Erkrankungen

## Diagnostical Value of Serum-Celluloseacetat-Electrophoresis in Horses

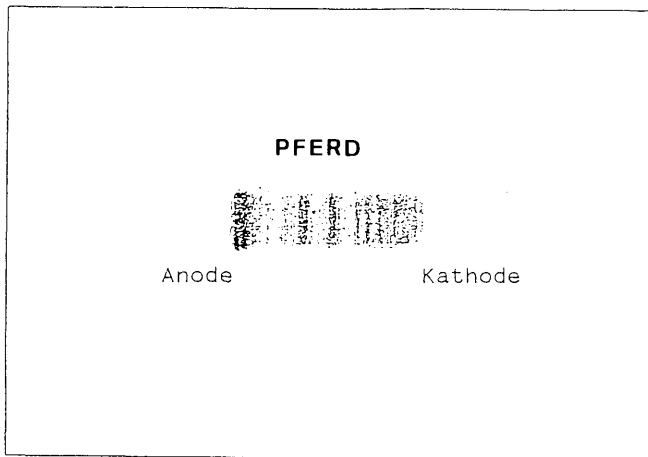
Cellulose acetate electrophoresis is a method used to determine serum proteins and separate them into Albumin,  $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ -globulin fractions. The densitometric trace of electrophoretic scan analysis is able to show changes in absolute quantity of serum protein and changes of relative protein concentration between fractions. Because of the ready-made cellulose acetate strips it is an easy to handle and rapid method of evaluating blood protein fractions. Another advantage of this analysis is the small quantity of serum needed for examination. A disadvantage however is the limited ability of this method to separate serum protein. Dependent on the species only five to ten fractions can be separated by cellulose acetate electrophoresis. It is not possible to examine only one specific protein and how its concentration is affected by disease.

Cellulose acetate electrophoresis has found widespread use as a diagnostic aid in veterinary medicine. However there has been no comprehensive study of its diagnostic value with respect to equine medicine. By means of reports from other sources and the author's own analyses it was possible to divide abnormal equine electrophoretic serum protein profiles into an approximate classification of diseases based on changes in serum protein concentrations.

Cellulose acetate electrophoresis is useful as a diagnostic aid in the differentiation of chronic and acute inflammatory diseases. It can also provide information on the existence of malignant cancer and possibly afflicted organs (liver, kidneys).

Cellulose acetate electrophoresis is a helpful additional laboratory technique which shows serious changes in serum protein.

**Keywords:** Electrophoresis      Cellulose acetate  
Horses      Serum protein  
Diseases



**Abb. 1a:** Auf Celluloseacetat-Folie elektrophoretisch getrenntes Serumprotein eines klinisch gesunden Pferdes. Die auf der Folie fixierten Proteine sind durch proteinspezifische Färbung mit Ponceau Rot zu erkennen. Zur Orientierung dient das Albumin an der Anode, dessen hohe Konzentration durch die starke Anfärbung deutlich wird (eigene Untersuchung, 1993).

**Fig. 1a:** Ponceau Red stained and cleared celluloseacetate strips of serum protein of a clinically normal horse after electrophoretic separation. The high concentration of albumin (strong colouring) on the anodic side serves as an orientation point (authors examination, 1993).

Bei den erwähnten Trägern kommt es, wie oben beschrieben, nur durch Ladungsunterschiede der Proteine zur Auftrennung derselben. Daneben gibt es Träger wie Stärkegel oder Polyacrylamidgel, bei denen zusätzlich ein Molekularsiebeffekt eintritt. Bei diesen Trägern kommt es neben der Trennung durch Ladungsunterschiede weiterhin zur Trennung auf Grund von Größe, Gestalt und Gewicht der Eiweißstoffe, bedingt durch Porengröße und Hohlraumvolumen des Gels.

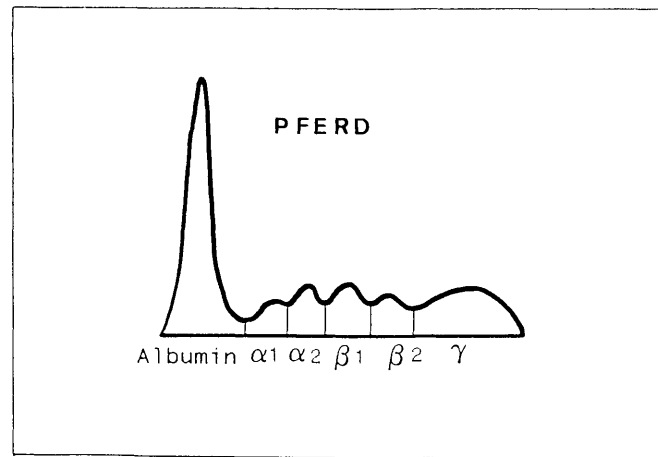
Ein genaues, aber aufwendiges Verfahren stellt die Immunelektrophorese als Kombination von Elektrophorese und Agargelpräzipitation dar. Bei diesem Verfahren wird nach der elektrophoretischen Auftrennung ein definiertes Immuns Serum parallel zur Wanderungsrichtung der Proteine aufgetragen. Dieses diffundiert im Gel und wird nach der Reaktion mit den Proteinen als Präzipitationslinie sichtbar und quantifizierbar.

### Serumprotein-Elektrophorese auf Celluloseacetatfolie (CAF)

Wie schon erwähnt, gehört die Celluloseacetatfolien-Elektrophorese (CAE) zu den Trägerelektrophoresen ohne Molekularsiebeffekt. Das Hohlraumvolumen und die Porengröße der Folien gestatten den Proteinen eine freie Wanderung im Trennmedium.

Die Celluloseacetatfolien-Elektrophorese besteht aus folgenden Teilschritten:

1. Gewinnung der Serumproben
2. Applikation definierter Serumengen an der kathoden-



**Abb. 1b:** Elektropherogramm aus Abb. 1a, das durch Integration der photometrisch ermittelten Fraktionskonzentrationen als Extinktions-Orts Kurve dargestellt ist.

Fig. 1b: Densitometric trace of electrophoretic scan analysis of the same serum as Fig. 1a, determined with a densitometer equipped with an integrator.

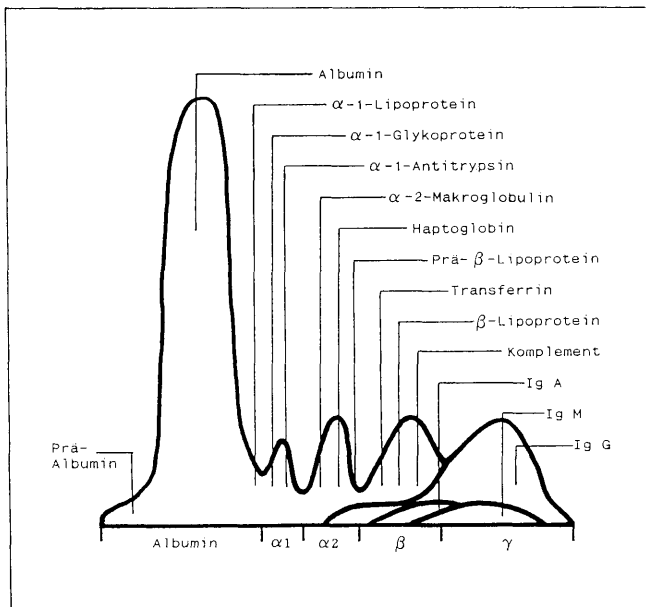
- nahen Seite der puffergetränkten Celluloseacetatfolie in der Trennkammer
3. Elektrophoretische Trennung der Proteine (hier mit einer Spannung von 200 Volt über 30 Minuten)
4. Fixierung und Färbung der getrennten Fraktionen
5. Photometrische Auswertung und quantitative Bewertung des Elektropherogramms; Angabe der Proteinkonzentration der Fraktionen in prozentualen Anteilen und durch Integration als Extinktions-Orts-Kurve; nach Bestimmung der Totalserumproteinkonzentration (z.B. durch Refraktometrie) erfolgt die Berechnung der absoluten Proteinkonzentrationen der Fraktionen in Gramm/Liter.

Abb. 1a zeigt ein mit diesem Verfahren erstelltes Elektropherogramm eines klinisch gesunden Pferdes und dessen Darstellung als Extinktions-Orts-Kurve (Abb.1b)

Der Vorteil der CAE liegt in der einfachen Handhabung durch gebrauchsfertige Folien und Auftragstempel, der kurzen Untersuchungszeit (ca. 1 Stunde), sowie der geringen Probenmenge ( 5 µl ). Problematisch ist die einheitliche und vergleichbare Fraktionseinteilung und die Interpretation der Werte durch verschiedene Untersucher, worauf später näher eingegangen werden wird.

### Serumproteine und deren Verteilung in den Fraktionen

Die Proteine des Serums stellen ein heterogenes Gemisch von nahezu 100 Proteinen dar (Löffler, Petrides 1985). Mit der CAE können je nach Tierart 5 bis 7 Fraktionen getrennt werden. So muß jede Fraktion aus einem Gemisch verschiedener Proteine bestehen. Für die Interpretation



**Abb. 2:** Darstellung einer Extinktions-Orts Kurve humanen Serums nach elektrophoretischer Trennung auf Celluloseacetat-Folie. Die einzeln beschriebenen Proteine wurden mit weiterführenden Untersuchungen identifiziert und den elektrophoretisch getrennten Fraktionen zugeordnet. Obwohl längst nicht alle Serumproteine aufgeführt sind, wird doch ein Eindruck der Vielfalt der Fraktionszusammensetzung vermittelt (Thomas, 1981).

**Fig. 2:** Normal cellulose acetate electrophoretic profiles of human serum proteins. Identification of solitary proteins within the cellulose acetate separated fractions was done with more specific analyses. It is shown that every fraction contains a variety of different proteins (Thomas, 1981).

und Beurteilung des Elektropherogramms ist es notwendig, die Proteinzusammensetzung der Fraktionen zu kennen, um bei Veränderungen Rückschlüsse auf die Art des Krankheitsgeschehens ziehen zu können. In der Humanmedizin sind solche qualitativen Bestimmungen mittels Aussalzung, Chromatographie, Gelfiltration, Ultrazentrifugierung, Elektrophorese und immunochemischer Methoden schon früh durchgeführt worden (Wuhrmann und Wunderly 1952, Hitzig 1963, Enghardt 1974, Kawai 1973). So konnten fast 40 für den Kliniker bedeutende Proteine nach ihrem relativen Molekulargewicht, ihrer Sedimentationskonstante, ihrem isoelektrischen Punkt und ihrer elektrophoretischen Mobilität getrennt, identifiziert und ihre Normkonzentration im Serum bestimmt werden. Abbildung 2 (Thomas 1981) zeigt die Extinktions-Orts Kurve menschlicher Serumweißstoffe nach elektrophoretischer Trennung auf Celluloseacetat-Folie mit entsprechenden Proteinen. Diese Proteine wurden mit Hilfe weiterer Verfahren identifiziert und den entsprechenden Fraktionen zugeordnet. Die biologischen Funktionen der meisten Proteine sind bekannt und lassen sich weitestgehend auf die analogen Proteine unserer Haustiere übertragen. Die Verteilung im Elektropherogramm zeigt allerdings je nach Tierart einige Abweichungen, so daß eine Bestimmung für jede Tierart im einzelnen notwendig ist.

Beim Pferd untersuchten Makimura et al. (1974) die auf Celluloseacetatfolie getrennten 7 Serumproteinfraktionen von gesunden Pferden zusätzlich mit einer Disk-Elektrophorese in Polyacrylamidgel, wobei 20 Fraktionen unterschieden werden konnten. Bei der Kombination mit immunochemischen Methoden konnten 20 antigenetische Komponenten gegen Pferdeserum identifiziert und ihre Laufstrecke in den einzelnen Fraktionen bestimmt werden. Entsprechende Ergebnisse konnte auch Matthews (1982) aufzeigen, der Pferdeserum in Agarosegel elektrophoretisch trennte. Die Zuordnung von Alpha-2-Makroglobulin, IgG, IgM, IgA, und IgG(T) wurde im Vergleich mit den Ergebnissen der Austauschchromatographie von Vaermann, Querinjean und Heremans (1971) durchgeführt. Diese Untersuchungen und Ergebnisse anderer Autoren sind in Tabelle 1 zusammengestellt und stellen die auf CAF abgrenzbaren Fraktionen der Serumweißstoffe des Pferdes mit den entsprechenden Proteinen sowie deren biologischen Funktionen dar.

Wie schon erwähnt, können mit der CAE nur Fraktionen als ein Gemisch verschiedener Proteine, nicht aber die einzelnen Proteine identifiziert werden. Deren Zuordnung ist aus Arbeiten mit weiterführenden Untersuchungen entnommen.

#### Physiologische Einflüsse auf die Serumproteinzusammensetzung

Obwohl Perk und Loeb 1960 einen Anstieg der Totalserumprotein- und der Globulinkonzentration sowie einen Abfall des Albumins nach Gabe von Diethylstilböstrol bei Kälbern und Hühnern nachweisen konnten, ist nach Angaben von Hort (1968), Kirk (1975) und Pierce (1975) kein Einfluß des Geschlechts auf die Zusammensetzung der Serumproteine nachzuweisen. Veränderungen der Serumweißkonzentrationen werden jedoch in Abhängigkeit vom Alter beobachtet. Insbesondere während des ersten Lebensjahres beschrieben Bauer et al. (1985), Ekman (1975) und Morgan (1972) große Schwankungen im Gamma-Globulin Bereich. Bauer bezeichnet die Celluloseacetat-Elektrophorese als geeignete Untersuchungsmethode für die IgG-Bestimmung im Fohlenserum, wobei die Beta-2- und Gamma-Fraktionen für die zu ermittelnde IgG-Konzentration summiert werden sollten. Der heute vorhandene IgG-Schnelltest für Fohlen ist jedoch weniger aufwendig und zeigt gute Ergebnisse in kürzerer Untersuchungszeit. Generell steigt mit dem Alter der Totalserumproteingehalt und die Globulinkonzentration, wogegen der Albumingehalt abnimmt (Blackmore 1977, Dimopoulos 1961, Salutini und Biagi 1977). Die Veränderungen ab dem dritten Lebensjahr sind jedoch so gering, daß sie mit der CAE kaum erfaßt werden können.

Während der Gravidität und der Laktation kann bei Stuten ein geringeres Totalserumprotein nachgewiesen werden (Gill et al., 1984). Dies mag durch den Graviditätsstress bedingt sein. Larson und Kennel (1957) beschreiben bei der Kuh einen Anstieg von Totalserumprotein, Gamma- und

**Tab. 1:** Biologische Funktionen und elektrophoretisches Wanderungsverhalten der Serumproteine des Pferdes

Fraktion	Protein	Autor	n (Pferde)	
Albumin		Braend Efremov, 1965	290	– Transport wasserunlöslicher Substanzen – Erhalt des kolloidosmotischen Druckes
$\alpha$ -1-Globulin	Orosomucoid $\alpha$ -Lipoprotein	Erikson, 1975 Hort, 1968		– unbekannt – Lipidtransport im Blut
$\alpha$ -2-Globulin	Haptoglobin Coeruloplasmin $\alpha$ -2-Makroglobulin $\alpha$ -Fetoprotein	Matthews, 1982 Okumura, 1980 Erikson, 1975 Lock, Mock, Morgan, 1976	50 180	– bindet Hämoglobin – Kupfertransport – oxydiert Fett (Bindung Apotransferrin) – bindet Insulin, Trypsin, Plasmin (Enzymaktivierung) – bindet Östrogen – erhöht bei Lebererkrankung
$\beta$ -1-Globulin	Transferrin (schnell wandernder Phenotyp) Prä- $\beta$ -Lipoprotein (VLDL)	Ek, 1970 Matthews, 1968	50 30	– Eisentransport im Blut wirkt bakteriostatisch – Lipidtransport im Blut
$\beta$ -2-Globulin	$\beta$ -Lipoprotein (LDL) Hämopexin Transferrin (langsam wandernder Phenotyp) Ig G (T)	Matthews, 1968 Kaneko, 1980 Ek, 1970 Makimura, Tomoda, Usui, 1975	30 50 45	– Lipidtransport im Blut – bindet freies Häm für Transport zum Abbau in die Leber – Eisentransport im Blut wirkt bakteriostatisch – Antikörper gegen Toxine und infektiöse Antigene
$\gamma$ -Globuline	Ig M (wandert in $\beta$ -2- und $\alpha$ - Globulin) Ig A Ig G	Makimura, Tomoda, Usui, 1975 Makimura, Tomoda, Usui, 1975 Makimura, Tomoda,	45 45 45	– Antikörper gegen korpuskuläre Antigene – Komplementaktivierung – Antikörper zum Schutz der Schleimhäute – aktiviert Komplement „alternativ“ – Antikörper gegen Toxine und gelöste Antigene – Ag-Ak-Komplexe aktivieren Komplement

Beta-2-Globulinen ab dem 2. Monat ante partum mit einem Maximum um einen Monat a. p., der jedoch kurz vor der Geburt rapide abfällt. Es kann davon ausgegangen werden, daß dieser Abfall mit dem Übertritt der Immunglobuline in das Kolostrum zusammenhängt und beim Pferd entsprechend abläuft.

Die Fütterung hat nur geringen Einfluß auf die Zusammensetzung der Bluteiweißkörper (Pierce 1975, Olschewski

1969). Erst bei totaler Futterrestriktion über einige Tage konnten Baetz und Pearson (1972) bei Ponies einen Anstieg von Alpha-1-Globulin und  $\beta$ -Lipoprotein feststellen. Inwieweit dies auch auf Pferde zutrifft, muß noch überprüft werden.

Einen saisonalen Zyklus für Totalserumprotein, Alpha-2- und Beta-1-Globulin konnte Gill et al. (1985) für alle Pferde nachweisen, für Albumin nur bei tragenden Stuten und

Pferden bis in das zweite Lebensjahr, für Gamma-Globulin nur bei Stuten und für Alpha-1-Globulin nur bei nicht-graviden Stuten. *Olschewski* konnte 1969 an tragenden Stuten ein Maximum der Totalserumprotein- und Gammaglobulinkonzentration im Januar, der Albumine im Februar, der Alpha-Globuline von März bis Mai und der Beta-Globuline im Mai feststellen.

Streß jeder Art führt zu einem erhöhten Umsatz, was sich in einem Abfall von Albumin und einem Anstieg von Alpha-2-Globulin zeigt (*Kaneko* 1980).

### Normwerte des Serumeiweißbildes beim Pferd

Untersuchungen der elektrophoretisch ermittelten Serumproteinprofile verschiedener Tierarten haben ergeben, daß trotz individueller Schwankungen jede Tierart eine ty-

pische Verteilung und Anzahl von abgrenzbaren Fraktionen besitzt (*Green et al.* 1982, *Kaneko* 1980). So ist es für die diagnostische Anwendung der CAE notwendig, speziell für die jeweilige Tierart entsprechende Normwerte zu ermitteln.

Normwertangaben aus Untersuchungen verschiedener Autoren sind in Tabelle 2 aufgeführt. Auffällig ist die Variation der ermittelten Werte, sowie deren Interpretation durch die Autoren. Besonders deutlich wird dies in der unterschiedlichen Fraktionseinteilung der Elektropherogramme, wie die Norm-Extinktions-Orts Kurven verschiedener Autoren (Abb. 3) zeigen. So reicht die Anzahl der von den zitierten Autoren unterteilten und benannten Fraktionen von 4 (*Yamaoka* 1971) bis 10 (*Bierer* 1969). Weiterhin geben einige Untersucher die Werte der Fraktionskonzentrationen als prozentuale Anteile des Serumgesamtweißes (Tabelle 2a), andere dagegen als absolute Konzentrationen, errechnet aus der Gesamtweißkonzentration.

Tab. 2a: Prozentuale Anteile der Proteinfractionen am Serumgesamtweiß bei klinisch gesunden Pferden

Autor	n (Pferde)	Albumin	α-Globulin				β-Globulin			γ-Globulin	
Yamaoka, 1971	59	56,00 ±4,48	12,90 ±1,82				19,30 ±3,83			11,50 ±2,75	
			α1		α2						
Ek, 1970	50	47,30 ±4,00	4,30 ±1,10		9,90 ±1,90	19,50 ±2,90			19,00 ±3,30		
			α1		α2						
Coffmann, 1968	20	47,00	14,00		13,00	9,00			17,00		
			α1		α2	β1		β2			
eigene Untersuchung, 1993	82	56,12 ±3,62	2,95 ±0,64		7,49 ±1,06	9,39 ±2,13		7,45 ±2,10	17,16 ±2,86		
			α1A	α1B	α2	β1		β2			
Nahani, 1977	100	38,10 ±0,60	2,90 ±9,00	3,70 ±1,40	10,30 ±1,70	11,30 ±2,00		8,20 ±0,00	25,50 ±3,70		
			α1A	α1B	α2	β1		β2			
Massip Fumiere, 1974	98	45,40	4,60	2,80	13,20	13,20		7,70	13,50		
			α1A	α1B	α2A	α2B	β1	β2A	β2B	γ1	γ2
Bierer, 1969	10	43,00	2,22	3,12	12,8	5,61	11,90	3,45	3,69	12,10	2,18

Die prozentualen Normwertangaben der auf Celluloseacetat-Folie elektrophoretisch getrennten Serumproteine des Pferdes beziehen sich auf die Serumgesamtweißkonzentration.

Tab. 2b: Absolute Serumproteinkonzentrationen bei klinisch gesunden Pferden

Autor	n (Pferde)	TP [g/l]	Albumin [g/l]	$\alpha$ -Globulin [g/l]			$\beta$ -Globulin [g/l]		$\gamma$ -Globulin [g/l]
Chabchoub, 1993	18,00	68,70 $\pm 6,10$	32,00 $\pm 6,00$	$\alpha 1$ 3,00 $\pm 1,20$	$\alpha 2$ 7,00 $\pm 1,70$	17,00 $\pm 2,30$		10,00 $\pm 2,30$	
eigene Untersuchung, 1993	82,00	63,60 $\pm 4,40$	35,77 $\pm 2,60$	$\alpha 1$ 1,79 $\pm 0,40$	$\alpha 2$ 4,79 $\pm 0,90$	$\beta 1$ 6,05 $\pm 1,50$	$\beta 2$ 4,86 $\pm 1,50$	11,28 $\pm 2,30$	
Matthews Kaneko, 1966	9,00	64,70 $\pm 2,80$	31,40 $\pm 2,40$	$\alpha 1$ 1,90 $\pm 0,26$	$\alpha 2$ 6,50 $\pm 1,30$	$\beta 1$ 9,20 $\pm 3,00$	$\beta 2$ 5,70 $\pm 1,10$	10,00 $\pm 1,40$	
Blackmore, 1977	98,00	72,00 $\pm 6,00$	28,00 $\pm 3,00$	$\alpha 1$ 5,20 $\pm 0,90$	$\alpha 2$ 10,30 $\pm 1,80$	$\beta 1$ 9,80 $\pm 2,50$	$\beta 2$ 7,30 $\pm 1,90$	9,90 $\pm 3,10$	
Kirk, 1975	14,00	75,30 $\pm 1,60$	27,00 $\pm 0,60$	$\alpha 1A$ 3,00 $\pm 0,20$	$\alpha 1B$ 2,10 $\pm 0,20$	$\alpha 2$ 8,20 $\pm 0,80$	$\beta 1$ 12,70 $\pm 1,10$	$\beta 2$ 8,20 $\pm 0,60$	14,10 $\pm 0,60$

Die Angaben in Gramm/Liter wurden aus der Gesamteiweißkonzentration des Serum berechnet.

tration (Tabelle 2b), an. Dies erschwert zusätzlich den Vergleich der Angaben. So bieten Normwertangaben aus der Literatur eine Orientierung, sollten aber nicht bedingungslos als Referenzwerte übernommen werden. Vielmehr empfiehlt es sich für jeden Untersucher, eigene Normwerte und entsprechende Extinktions-Orts Kurven mit dem ihm zur Verfügung stehenden Gerät zu ermitteln.

#### Berurteilung auf Celluloseacetat-Folie (CAF) getrennter Elektropherogramme

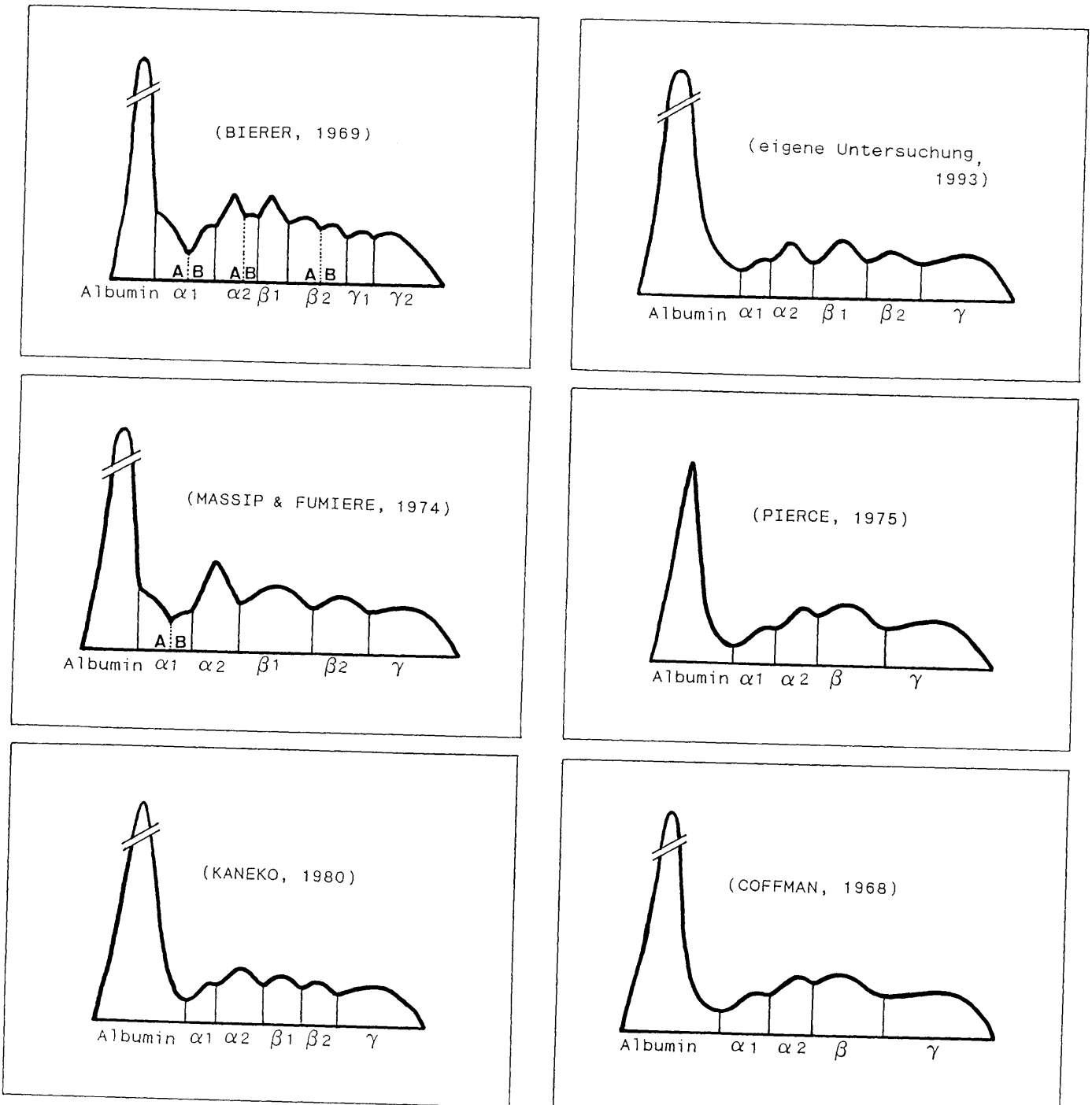
Aus den oben genannten Überlegungen wird deutlich, daß die Fraktionseinteilung mit Hilfe der Extinktions-Orts Kurve an erster Stelle für die Beurteilung steht.

Zur ersten Orientierung schlägt Kaneko (1980) vor, den Mittelpunkt des Elektropherogramms zu bestimmen, der zwischen bzw. nahe der Abgrenzung von  $\alpha 2$  zu  $\beta 1$  liegt. Dieser Fixpunkt und das Wissen über die bei der entsprechenden Tierart normalerweise vorkommende Anzahl der Fraktionen ermöglicht dem Untersucher eine Einteilung

und Benennung des Elektropherogramms. Osbaldiston (1972) benutzt die relative Migrationsstrecke der Proteine zur Identifizierung der Fraktionen, wobei die Wanderungstrecke des Albumins vom Applikationsort als Bezugspunkt bzw. als 100 % dient. Mit den eingeteilten und benannten Fraktionen der Extinktions-Orts Kurve kann der Untersucher einen schnellen Überblick über Verschiebungen der Fraktionskonzentrationen und absolute Konzentrationsänderungen der Serumproteine bekommen. Weicht die Kurve von der Normalkurve ab, sollte auf folgende Veränderungen geachtet werden (nach Thomas, 1981):

- anomale Wanderungsgeschwindigkeit einer Fraktion
- Fehlen einer oder mehrerer Fraktionen
- abweichende Form der Fraktionsgipfel (z. B. asymmetrisch, einseitig spitz, rund, usw.)
- anodische und/oder kathodische Basisverbreiterung einer Fraktion
- Schulterbildung
- Extra- und/oder M-Gradienten

Extragradienten sind Proteingipfel, die sich zusätzlich zu den bei der jeweiligen Tierart typisch vorkommenden Fraktionen ausbilden. Sie können zwischen zwei normal vorkommenden Proteinfractionen liegen und damit die Anzahl der Fraktionen erhöhen oder direkt einer Proteinfraction aufsitzen und die Fraktionsanzahl konstant erhalten. Da ih-



**Abb. 3 a-f:** Normkurven von auf Celluloseacetat getrennten Seren klinisch gesunder Pferde von verschiedenen Autoren erstellt. Auffällig ist die unterschiedliche Beurteilung der Elektropherogramme, d. h. die unterschiedliche Fraktionseinteilung je nach Autor bzw. Untersuchung.

**Fig. 3 a-f:** Normal celluloseacetate electrophoretic profiles of equine serum proteins examined by different authors. The difference in reported values is due to variation in where lines are drawn to demarcate  $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ - globulin fractions.

re Ursache in der extremen Vermehrung eines speziellen Serumproteins liegt, stellen sich diese Gradienten in der Regel als schmalbasiger Peak dar. Bei Erkrankungen wie Hyperlipoproteinämie, Hämoglobinämie oder Myoglobinämie kann es zur Ausbildung solcher Extragradien kommen. Ist das betroffene Protein ein Immunglobulin oder ein Bruchstück desselben, wird der Peak als M-Gradient (Myelom, monoklonal) bezeichnet.

### Zuordnung der veränderten Serumeiweißbilder des Pferdes zu Krankheitstypen

In der Humanmedizin teilten *Wuhrmann* und *Wunderly* schon 1952 Dysproteinämien nach ihrem Vorkommen bei speziellen Erkrankungen sogenannten Konstellationstypen bzw. Krankheitstypen zu.

Als Kriterien für die Einteilung dienen vor allem die durch elektrophoretische Trennung kenntlich gemachten Veränderungen des Serumweißbildes. Dabei wurden insbesondere absolute Konzentrationsänderungen der Proteine, prozentuale Verschiebungen der Proteinfractionen zueinander und Veränderungen der Serumgesamtweißkonzentration beachtet.

Die bei den Krankheitstypen angegebenen Beispiele aus Literatur und eigenen Untersuchungen zeigen, daß sich viele Erkrankungen beim Pferd mit entsprechenden Veränderungen der Serumproteinkonzentrationen diesem Schema zuordnen lassen. Bei den beschriebenen Fällen unserer eigenen Untersuchungen wurden die Diagnosen durch pathologische, röntgenologische, endoskopische oder weitere Laboruntersuchungen gesichert.

### 1. Typus der akuten Entzündung:

Bei dem Elektropherogramm eines Pferdes mit einer akuten Entzündung liegt die Gesamteiweißkonzentration an der oberen Grenze des Normalbereiches, die Fraktion der Alpha-Globuline ist deutlich erhöht, wogegen die Albuminkonzentration vermindert ist. Ein Beispiel für diesen Typus zeigt Abb. 4.

### 2. Typus der subakut-chronischen Entzündung

Bei diesem Typus ist bei einer unveränderten Gesamteiweißkonzentration die der Albumine leicht vermindert. Die Gamma-Globulin- und eventuell die Alpha-Globulin-Fraktion sind entsprechend erhöht. *Coffmann* (1968) und *Gerber* (1980) (Abb. 5) beschreiben bei nachgewiesener, chronischer Equiner Infektiöser Anämie eine Zunahme der Gamma-Globuline und eine Abnahme der Albumine. Eine Zunahme der Gamma-Globuline bei chronisch-obstruktiver Bronchitis wird von *Chabchoub* (1993)

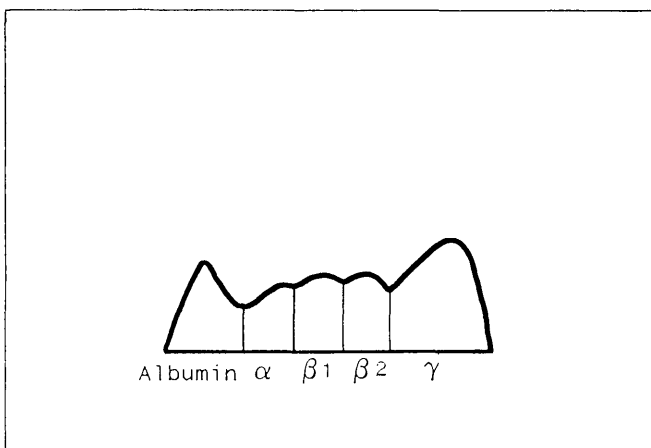


Abb. 5: Typus der subakut-chronischen Entzündung bei einem Fall von chronischer infektiöser Anämie (*Gerber*, 1980).

Fig. 5: Electrophoretic serum protein pattern in a case of equine infectious anemia as an example for chronic diseases (*Gerber*, 1980).

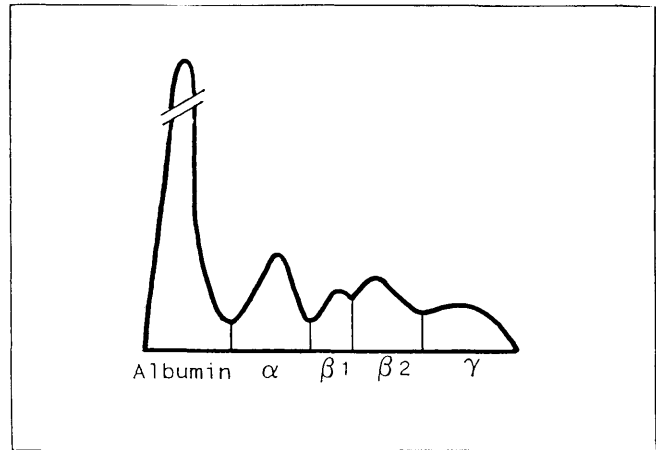


Abb. 4: Typus der akuten Entzündung bei einer dreijährigen Stute mit eitriger Arthritis und Peritonitis (eigene Untersuchung, 1993).

Fig. 4: Electrophoretic profile of serum proteins of a three year old mare with purulent arthritis and peritonitis as an example for acute inflammatory diseases (authors examination, 1993).

erwähnt und konnte bei Patienten im Rahmen unserer Untersuchung ebenfalls nachgewiesen werden (Abb. 6).

### 3. Typus der Hepatitis

Bei einer akuten Erkrankung unter Mitbeteiligung der Leber kommt es zu einem Anstieg der Beta-2- und Gamma-Fraktion bei einer deutlichen Abnahme von Albuminen. Das Gesamteiweiß ist leicht vermindert. Ein Beispiel ist in Abb. 7 (*Kaneko* 1980) dargestellt. Eventuell kann das Phänomen des „ $\beta$ - $\gamma$ -bridging“ beobachtet werden (*Kaneko*, 1980) (Abb. 8). Hierbei kann der Beta-2-Bereich nicht mehr eindeutig vom Gamma-Bereich getrennt werden, was durch einen Anstieg von IgM und/oder IgA hervorgerufen werden kann.

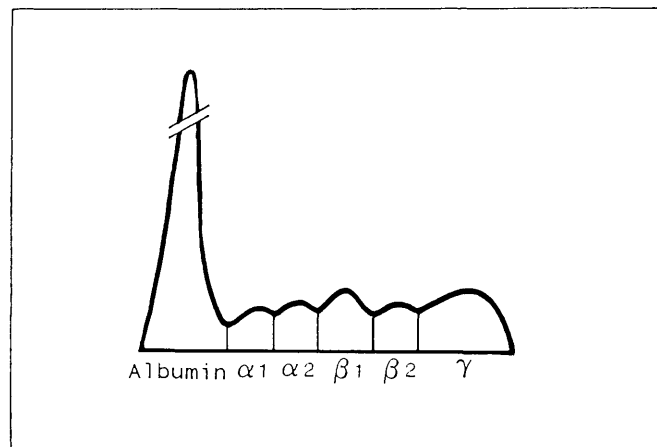


Abb. 6: Erhöhung der Gamma-Globulin Fraktion bei einem Pferd mit chronisch obstruktiver Bronchitis (eigene Untersuchung, 1993).

Fig. 6: An increase in  $\gamma$ -globulins which characterize chronic inflammatory diseases in a case of chronic obstructive pulmonary disease (authors examination, 1993).



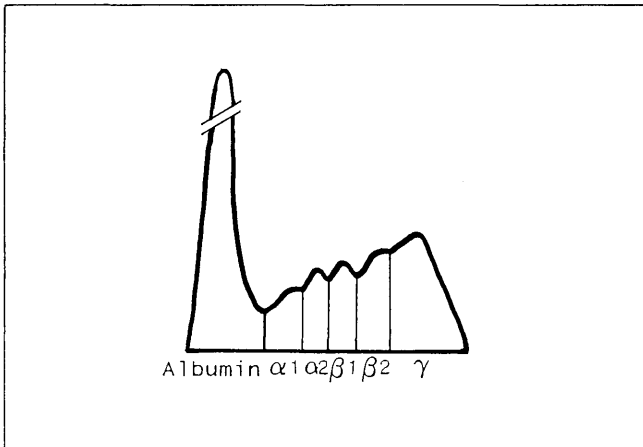


Abb. 7: Typus der Hepatitis (Kaneko, 1980).

Fig. 7: Typical electrophoretic profile of serum proteins of a horse suffering from acute hepatitis (Kaneko, 1980).

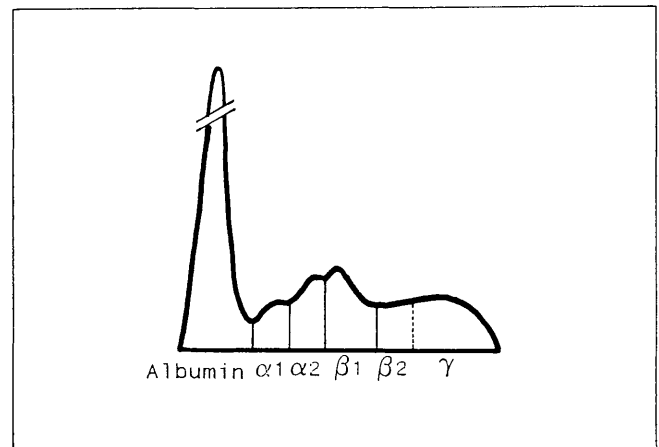


Abb. 8:  $\beta$ - $\gamma$  bridging bei einem Fall von Hepatitis (Kaneko, 1980).

Fig. 8: The phenomenon of  $\beta$ - $\gamma$  bridging in a case of acute hepatitis (Kaneko, 1980).

#### 4. Typus der Leberzirrhose

Bei vermindertem Gesamteiweiß kommt es zu einer massiven Abnahme der Albumine bei geringer Zunahme der Gamma-Globulinkonzentration. Die Beta-Globuline sind oft erhöht. Gerber (1980) zeigt einen Fall mit massiver Leberschädigung bei einem Pferd (Abb. 9).

#### 5. Typus des Okklusionsikterus

Wiederum stellen sich die Albumine deutlich vermindert dar. Die Alpha- Beta- und Gamma-Globuline nehmen gleichmäßig zu bei normaler bis mäßig verminderter Gesamteiweißkonzentration. Für diesen Erkrankungstypus liegt für das Pferd keine Fallbeschreibung vor.

#### 6. Typus des nephrotischen Systemkomplexes

Die Gesamteiweiß- wie auch die Albuminkonzentration ist bei diesem Typus sehr stark vermindert. Bei einer Vermeh-

rung der Beta- und meist auch der Alpha-Globuline kommt es zu einem Rückgang der Gamma-Globuline. Auch hier muß leider auf ein Beispiel bei einer anderen Tierart, in diesem Fall beim Hund (Abb. 10) (Kaneko 1980) verwiesen werden.

#### 7. Typus der malignen Tumore

Bei Erkrankungen die diesem Typus zugeordnet werden können, fällt die starke, ungeordnete Vermehrung der Globuline insgesamt oder einzelner Fraktionen bei niedrigen Albuminwerten auf. Die Gesamteiweißkonzentration liegt im Normalbereich, kann aber bei längerem Bestehen der Krankheit erniedrigt sein, wie die beiden Beispiele unserer eigenen Untersuchung aus Abb. 11 zeigen. Bei beiden Pferden, die mit schwersten Allgemeinstörungen in die Klinik eingestellt wurden, konnten metastasierende Magenkarzinome festgestellt werden.

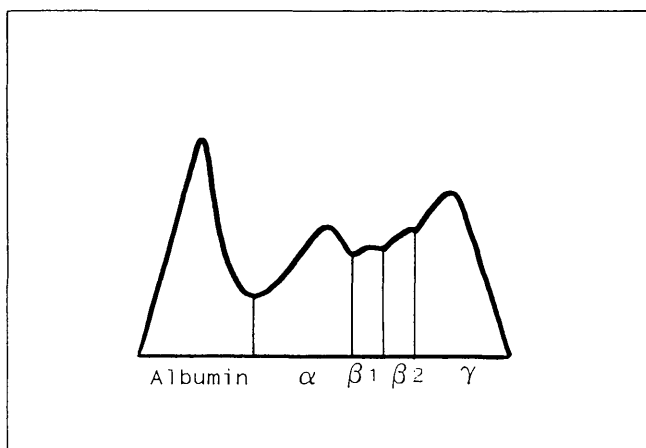


Abb. 9: Typus der Leberzirrhose (Gerber, 1980).

Fig. 9: Electrophoretic profile of serum proteins of a horse with liver cirrhosis (Gerber, 1980).

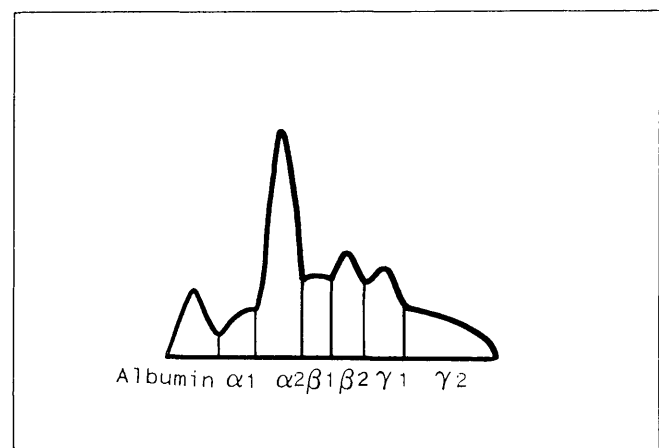


Abb. 10: Typus des nephrotischen Systemkomplexes beim Hund (Kaneko, 1980).

Fig. 10: Electrophoretic serum protein pattern of a nephrotic syndrome in a dog (Kaneko, 1980).

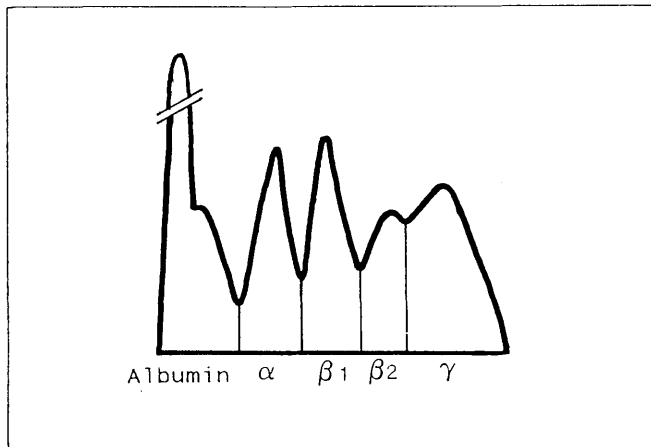


Abb. 11: Typus der malignen Tumore (eigene Untersuchung, 1993).

#### 8. Typus des Gamma-Globulin-Plasmozytoms

Kennzeichnend ist eine hohe, schmalbasige Vermehrung der Gamma-Globuline. Das Serumgesamtprotein ist trotz Verminderung der Alpha- und Beta-Globuline sowie der Albumine stark erhöht. Beim Pferd ist wenig über Vorkommen monoklonaler Gammopathien bekannt. *Cornelius et al.* (1959) berichten über Bence-Jones Proteinurie und Plasmazelltumoren bei multiplen Myelomen, die durch einen monoklonalen Peak in der Gamma-Fraktion gekennzeichnet sind. *Schalm et al.* (1974) beschreibt eine idiopathische Gammopathie beim Pferd, bei der 73,2% des erhöhten Serumproteingehaltes (135 g/l) aus Gamma-Globulinen bestand (Abb. 12).

Es folgen nun einige Beispiele von Erkrankungen beim Pferd, die sich nicht ohne weiteres in das humanmedizinische Schema der Konstellationstypen von *Wuhrmann* und *Wunderly* einordnen lassen, die aber auf Grund ihrer Bedeutung in der Pferdepraxis kurz dargestellt werden sollen.

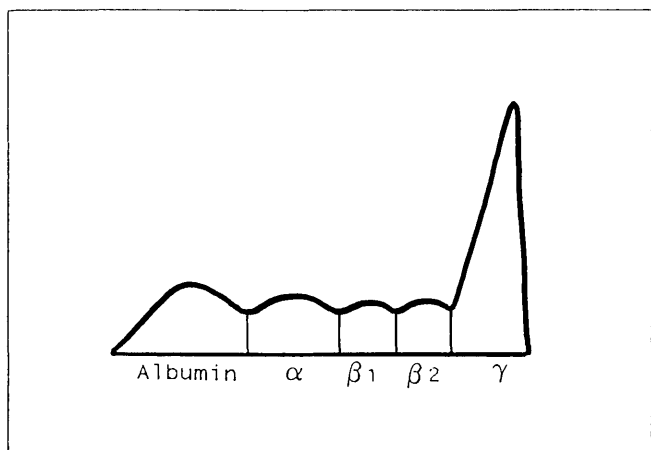


Abb. 12: Typus des Gamma-Globulin-Plasmozytoms (*Schalm et al.*, 1974).

Fig. 12: Electrophoretic serum protein pattern of a monoclonal gammopathy in a horse (*Schalm et al.*, 1974).

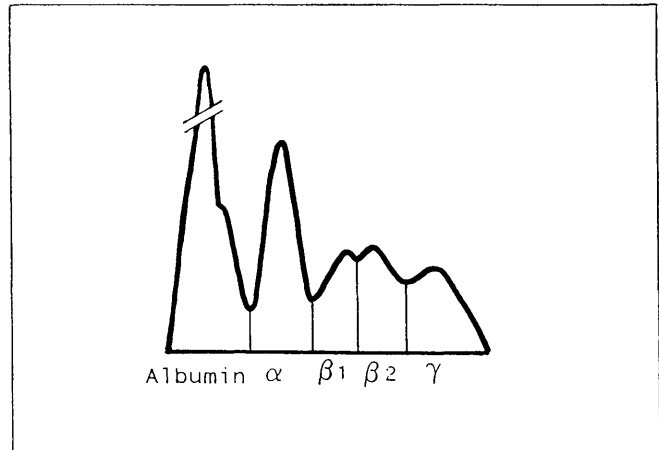


Fig. 11: Electrophoretic profiles of serum proteins of two horses suffering from gastric cancer (author's examination, 1993).

#### Kombinierter Immundefekt (CID) als Beispiel für Störungen des Immunsystems

Dieses autosomal-rezessive Erbleiden kommt relativ häufig (bis 2%) beim Araberfohlen vor. Es geht mit einer Thy-mushypoplasie einher und tritt klinisch durch erhöhte Infektionsbereitschaft der Fohlen in Erscheinung. Bei den elektrophoretisch getrennten Serumproteinen fällt die niedrige Gamma-Globulinkonzentration auf. Abb. 13 zeigt das von *Kaneko* (1980) beschriebene Proteinprofil eines solchen Fohlens, das sekundär an Pneumonie erkrankt ist.

#### Strongylidose

*Coffmann* (1979), *Patton et al.* (1978) und *Amborski* (1974) beschreiben einen Anstieg der Beta-Globuline und einen Abfall der Albumine bei der natürlichen und experi-

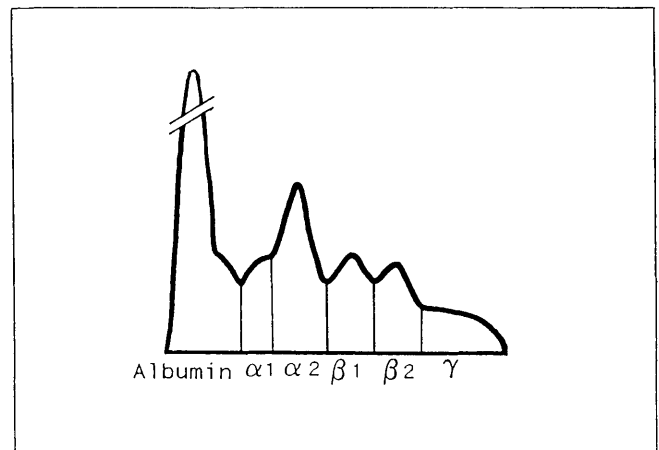
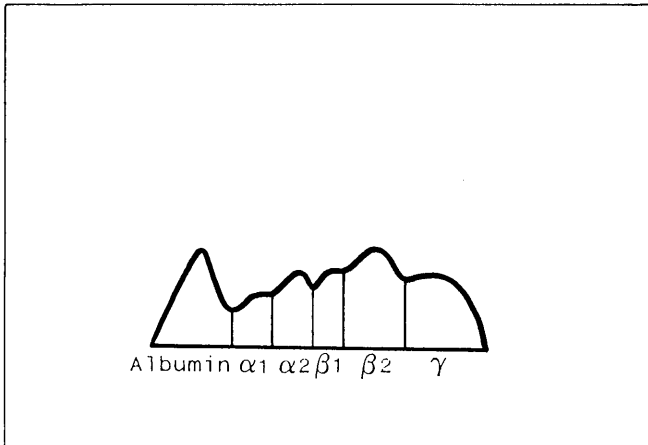


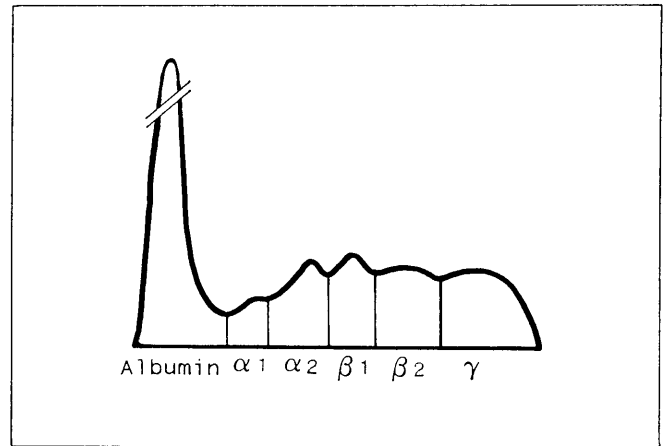
Abb. 13: Elektropherogramm eines Araberfohlens mit einem kombinierten Immundefekt (CID) und sekundärer Pneumonie (*Kaneko*, 1980). Neben der für das akute Geschehen der Pneumonie typischen Erhöhung der Alpha-Fraktion fällt die geringe Gamma-Globulin-Konzentration auf.

Fig. 13: Electrophoretic profile of serum proteins of an arabian foal suffering from combined immunodeficiency and pneumonia. The increase in  $\alpha$ -globulins is pathognomonic of acute inflammatory disease and the decrease in  $\gamma$ -globulins shows the immunodeficiency (*Kaneko*, 1980).



**Abb. 14:** Elektropherogramm eines Ponies vierzehn Wochen nach der experimentellen Infektion mit *Strongylus vulgaris* (Patton, 1978).

**Fig. 14:** Electrophoretic profile of serum proteins of a pony experimentally infected with the Nematode *Strongylus vulgaris* (Patton, 1978).



**Abb. 15:** Elektropherogramm eines Pferdes mit hochgradigem Strongylidenbefall (eigene Untersuchung, 1993).

**Fig. 15:** Electrophoretic profile of serum proteins of a horse naturally infected with the Nematode *Strongylus vulgaris* (authors examination, 1993).

mentellen Infektion mit *Strongylus vulgaris* (Abb. 14). Mit immunchemischen Methoden konnte nachgewiesen werden, daß der Anstieg in der Beta-Region aus einer massiven Vermehrung des IgG(T) resultiert.

Bei Fällen mit nachgewiesenem natürlichen Strongylidenbefall kam es auch nach unseren Beobachtungen zu einer Konzentrationserhöhung im Beta-Bereich. Diese kann jedoch mehr oder weniger ausgeprägt sein, so daß das Elektropherogramm evt. keinen eindeutigen Hinweis auf eine Infektion mit Strongyliden bietet (Abb. 15).

#### *Enteritis als Beispiel für Proteinverlust*

Bei Proteinverlust durch Nieren- oder Darmerkrankungen wird von Irving (1966) eine Hypoalbuminämie beschrieben. Auch Merritt (1976) hat bei 9 Pferden mit granulomatöser Enteritis niedrige Albuminwerte nachgewiesen. Interessant ist, daß die Globulinwerte bei den verschiedenen Pferden von sehr niedrigen Werten bis zu leicht erhöhten reichen. Scrutchfield (1975) weist in diesem Zusammenhang auf die längere Halbwertszeit von Albumin und Globulin im Vergleich zu anderen Serumproteinen hin. So können die Globuline insgesamt durch die höhere Syntheserate weniger erniedrigt sein als die Albumine.

#### *Hufrehe*

Edinger et al. (1992) zeigten bei 21 an Hufrehe erkrankten Pferden eine deutliche Abnahme der Alpha-1-Globulin Fraktion und eine zum Teil gegenläufige Entwicklung der anderen Fraktionen mit zunehmender Dauer des Krankheitsgeschehens auf. Yamaoka (1971) konnte diese Entwicklung in einer Verlaufsuntersuchung ebenfalls zeigen. Keine Veränderung stellte Kirk (1975) bei 2 Ponies mit chronischer Hufrehe im Vergleich zu gesunden Ponies fest.

#### Schlußfolgerungen

Wie aus der Einteilung in Anlehnung an die Klassifizierung nach Wubermann und Wunderly und Abbildung 4 bis 15 deutlich wird, können zu einigen typisch veränderten Proteinprofilen entsprechende Krankheitstypen zugeordnet werden. Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß die interindividuellen physiologischen Schwankungen der Serumproteinkonzentrationen so groß sind, daß die Grenze zum pathologisch veränderten Serumeiweißbild schwierig zu ziehen ist.

Ist eine deutliche Veränderung einer Fraktion erkennbar, kann trotzdem höchstens ein Hinweis auf eine Erkrankung, in keinem Falle aber eine endgültige Diagnose abgelesen werden. Zu viele verschiedene Proteine, die bei der gleichen Krankheitsform eventuell gegenläufige Konzentrationsänderungen zeigen, sind in einer Fraktion enthalten, können aber mit der CAE nicht einzeln identifiziert werden. Ein weiteres Problem bei der Beurteilung des Elektropherogramms stellen subklinische Erkrankungen und verschiedene Haltungsformen dar. Diese beeinflussen die Zusammensetzung der Serumproteine, können aber bei der diagnostischen Anwendung dieses Verfahrens in der Pferdepraxis nicht erkannt und berücksichtigt werden.

Aufgrund dieser Überlegungen erscheint es sinnvoll, die diagnostischen Erwartungen an die Celluloseacetatfolien-Elektrophorese zu begrenzen.

Tabelle 3 gibt einige Krankheiten mit den entsprechenden Veränderungen der Proteinfractionen an, bei denen das Elektropherogramm diagnostisch nutzbare Hinweise liefert.

Auch wenn die Celluloseacetatfolien-Elektrophorese der Serumproteine des Pferdes keine endgültige Formulierung einer Diagnose zuläßt, kann das Verfahren bei kritischer Interpretation und unter Berücksichtigung klinischer Erhe-

**Tab. 3:** Typische Konzentrationsänderungen der Serumproteinfraktionen bei verschiedenen Erkrankungen des Pferdes

Erkrankung	Alb.	$\alpha$ -Globulin	$\beta$ -Globulin	$\gamma$ -Globulin	Gesamt-eiweiß
- akute Entzündung	▽	△△	--	--	△
- chronische Entzündung	▽	△	--	△△	--
- maligne Tumoren	▽	△△△	△△△	△△△	(▽)
- Lebererkrankung	▽▽▽	--	△	△△	▽▽
- Strongyloideninfektion	▽▽	△	△△	--	(▽)
- Immundefekt	--	--	--	▽▽	▽▽
- monoklonale Gammopathie	▽	▽	▽	△△△	△△△

△ = geringgradig erhöht  
 △△ = deutlich erhöht  
 △△△ = stark erhöht

▽ = geringgradig erniedrigt  
 ▽▽ = deutlich vermindert  
 ▽▽▽ = stark vermindert

-- = keine Veränderung  
 (△) = nicht verändert, evt. leicht erhöht  
 (▽) = nicht verändert, evt. leicht vermindert

bungen sowie weiterer Laboruntersuchungen eine diagnostische Hilfe darstellen und dem Untersucher einen schnellen Überblick über gravierende Veränderungen des Serum-eiweißbildes liefern.

## Literatur

- Amborski, G. F. (1974): „Host response to experimentally induced infections of strongylus vulgaris-free and naturally infected ponies.“ Am. J. Vet. Res., Vol. 35, No. 9
- Baetz, A. L., PhD und Pearson, J. E., DVM (1972): „Blood constituent changes in fasted ponies.“ Am. J. Vet. Res. 33, 1941-1946
- Bauer, J. E., Harvey, J. W., Asquith, R. L., McNulty, P. K. und Kivipelto, J. (1985): „Serum protein reference values in foals during first year of life: Comparison of chemical and electrophoretic methods.“ Veterinary Clinical Pathology, Vol. XIV, No. 1, 14-22
- Bierer, B. W., VMD (1969): „Electrophoretic analysis of blood serum and plasma proteins of normal horses.“ Am. J. Vet. Res. 30, No. 12, 2237-2240
- Blackmore, D. J. und Kent, J. E. (1977): „Serumenzyme und protein concentrations in English shire horses.“ Vet. Rec. 100, 91-92
- Braend, M. und Efreimov, G. (1965): „Hemoglobins, haptoglobins and albumins of horses.“ Proc. 9th European Conf. Anim. Blood Grps, Prague, 253-259
- Chabchoub, A. (1993): „Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques de chevaux atteints de maladies pulmonaires obstructives chroniques.“ P. V. E., Vol. 25, No. 1, 29-35
- Coffman, J., DVM, MS (1979): „Plasma protein electrophoresis.“ VM ISAC, 74, 1252-1258
- Coffman, J., DVM, MS (1968): „Clinical application of serum protein electrophoresis in the horse.“ Proc. of the Am. Ass. of Equine Practit. 14
- Dimopoulos, G. T. (1961): Am. J. Vet. Res., 22, 986
- Edinger, H., Miller, I., Stanek, CH. und Gemeiner, M. (1992): „Elektrophoretische Untersuchungen der Serumproteinfraktionen Hufrehekranker Pferde.“ Pferdeheilkunde Nov.-Dez., 8

- Ek, N. (1970): „Studies of electrophoresis on cellulose acetate membrane of serum proteins from normal horses, sheep and pigs.“ Acta vet. scand., 11, 295-304
- Ekman, L., Persson, SGB und Ullberg, L. (1975): „Levels of some blood constituents in standard bred horses during first year of life.“ Proc. 1st Int. Symposium on Equine Hematology
- Englhardt, A. und Lommel, H. (1974): „Serumproteine.“ Verlag Chemie GmbH
- Erikson, E. D. (1975): „Alpha globulins of equine serum.“ Proceedings of the First International Symposium on Equine Haematology, 28-30 May 1975, 152-158
- Gerber (1980): „Klinische Bedeutung von Leberkrankheiten.“ Der praktische Tierarzt, 61, 31-38
- Gill, J., Jakubow, K., Kompanowska-Jeziarska, E., Kott, A. und Szumska, D. (1985): „Seasonal changes in blood serum protein fractions and activity of AspAT and A1AT in Arabian brood mares and their foals.“ Comparative Biochemistry and Physiology, A Comparative Physiology, 82:1, 167-178, 2. Ref.
- Green, S. A., Jenkins, S. J. und Clark, P. A. (1982): „A comparison of chemical and electrophoretic methods of serum protein determinations in clinically normal domestic animals of various ages.“ Cornell Vet., 72, 416-426
- Hitzig, W. W., (1963): „Die Plasmaproteine in der klinischen Medizin.“ Springer Verlag Berlin, Göttingen, Heidelberg
- Hori, I. (1968): „Paper electrophoretic fractionation and chemical determination of horse serum proteins and lipoproteins.“ Am. J. Vet. Res., 29,813
- Irving, C. H. G. (1966): „Protein-losing enteropathy.“ Colic Symposium, Proc. Am. Ass. Equine Practn., 263
- Kaneko, J. J. (1980): „Clinical biochemistry of domestic animals.“ 3d ed. Academic Press
- Kawai, T. (1973): „Clinical aspects of the plasmaprotein.“ Igaku shoin Ltd, Springer Verlag
- Kirk, G. R., PhD und Hutcheson, D. P., PhD (1975): „Electrophoretic pattern of serumprotein in clinically normal horses and ponies with laminitis.“ V. M./ S. A. C., 70, No. 3
- Larson, B. L. und Kendall, K. A. (1957): J. Dairy Sci., 40, 659
- Lock, T. F., Morgan, D. O. und Mock, R. E. (1976): „Equine alphafetoprotein. Isolation and characterization.“ Proc. 4th Int. Conf. Equine

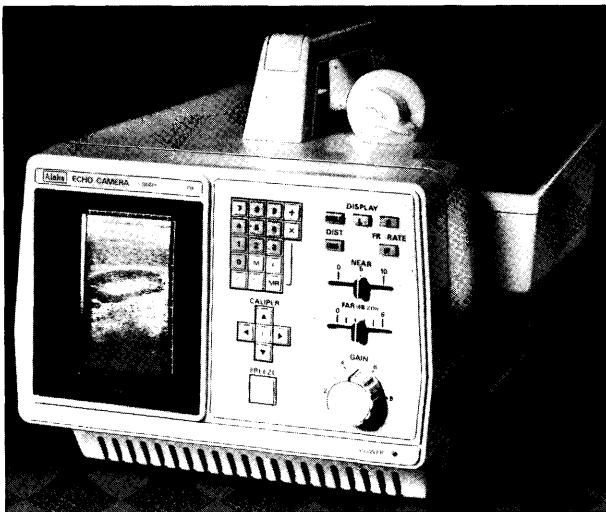
- Infect. Dis., Eds J. T. Bryans and H. Gerber, Vet. Publishing Inc., New Jersey, 201-208
- Löffler, G., Pterides, P. E., Weiss, L. und Harper, H. A. (1979): „Physiologische Chemie“. 3. ed., Springer Verlag
- Makimura, S., Tomoda, I. und Usui, K. (1975): „Quantitative studies on immunoglobulins and transferrin in equine serum“. Jap. J. Vet. Sci., 37, No. 2, 187-198
- Massip, A. und Fumiere, I. (1974): „Analysis électrophoretique des protéines du sérum sanguin de chevaux adultes normaux agés de quatre à dix ans“. Ann. Med. Vet., 118, No. 4, 221-229
- Matthews, A. G. (1982): „Serum protein electrophoresis in horses and ponies“. Equine Veterinary Journal, 14(4), 322-324, 23 Ref.
- Merritt, A. M. et al. (1976): „Granulomatous enteritis in nine horses“. J. A. V. M. A., 169(6), 603-609
- Morgan, D. O. (1972): „Serum proteins of neonatal foals“. Proc. 3rd int. Conf. Equine Infectious Diseases, Paris 1972, 410-418
- Nahani, J. und Atrabi, N. (1977): „Electrophoretic analysis of bloodserum protein of normal horses“. J. of Vet. Faculty University of Teheran, 33, 1/4, 75-79
- Okumura, DVM, Fujinaga, T., DVM, Yamashita, K., DVM, MVM, Tsunoda, DVM, MVM und Mizuno, S., DVM, MVM (1991): „Isolation, characterization and quantitative analysis of coaguloplasmin from horses“. Am. J. Vet. Res., Vol. 52, No. 12
- Olschewski, G. (1969): „Untersuchungen über den Gehalt an Gesamteiweiß, Albuminen und Globulinen im Blutserum und im Kolostrum von Vollblutstuten“. TiHo Hannover, Vet. Diss.
- Osbaldiston, G. W. (1972): „Serumprotein fractions in domestic animals“. Br. vet. J., 128, 386-393
- Patton, S., Mock, R. E., Drujge, J. H. und Morgan, D. (1978): „Increase of Ig(T) concentration in ponies as a response to experimental infection with the nematode strongylus vulgaris“. Am. J. Vet. Res., Vol 39, No. 1, 19-24
- Perk, K. und Loebel, K. (1960): Refu. Vet. 17, 46
- Pierce, K.R., DVM, PhD (1975): „Assay of equine serum protein by chemical and electrophoretic methods“. Proceedings of the First International Symposium on Equine Haematology. 144-151, 9. ref.
- Salutini, E. und Biagi, G. (1977): „Il quadro sieroproteidico del cavallo sportivo, clinicamente sano, in rapporto all'età ed al sesso“. (The analysis of serum proteins in clinically normal trotter horses with regard to age and sex). Annali della Facolta di Medicina Veterinaria di Pisa. 30, 307-324, 9. Ref.
- Schalm, O. W., DVM, MS, PhD (1974): „Idiopathic gammopathy“. Calif. Vet., 28(6), 13-20
- Scrutchfield, W. L. (1975): „Protein-losing gastroenteropathy“. Proc. 21th Ann. Mtg AAEP., 203-208
- Thomas, L. (1981): „Eiweiß-Elektrophorese: Grundlagen, Technik, Fehlermöglichkeiten und Bewertung der Eiweißtrennung auf Celluloseacetatfolie“. München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg
- Vaerman, J. P., Querinjean, P. und Heremans, J.F. (1971): „Studies on the IgA system of the horse“. Immunology 21, 443-454
- Wuhrmann, F. und Wunderly, C. (1952): „Die Bluteiweißkörper des Menschen“. 2. Aufl., Benno Schwabe & Co Verlag, Basel
- Yamaoka, S. und Kameya, T. (1971): „Studies on abnormal cases of serum protein in race horses“. Exp. Rep. Equine Hlth Lab., 8, 36-48

Corinna Flothow

Klinik für Pferde  
Tierärztlichen Hochschule Hannover  
Bischofsholer Damm 15  
30173 Hannover

Tel.: (05 11) 8 56 70  
Fax: (05 11) 85 67-6 88

## Ultraschall für Tierärzte

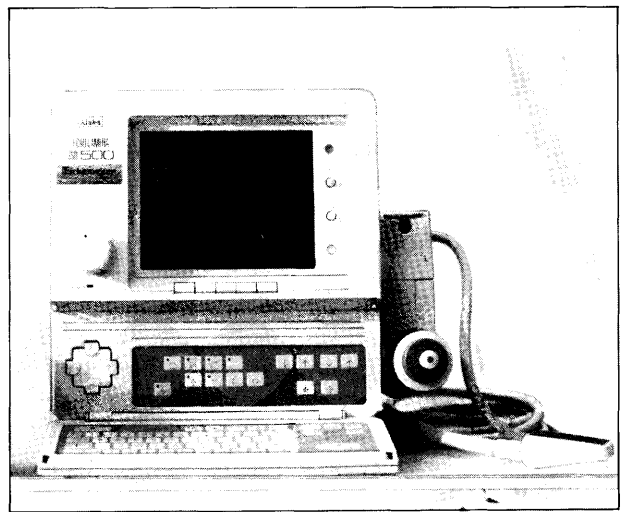


### ALOCA SSD-210 DX II

Linearscanner mit hoher Auflösung, einfacher Bedienung und hoher Mobilität. Handlich leicht (8 kg), schlanker Spezialschallkopf 5 MHz mit besonders langer Zuleitung (3 m) für die Gynäkologie bei Großtieren.

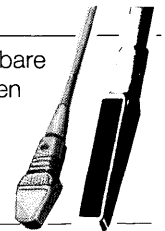


Unser Geräteprogramm, dessen Schallköpfe speziell für die Anwendung bei Groß- und Kleintieren geschaffen wurden.



### ALOCA SSD-500

Linear-/Konvexsektor-Scanner, das tragbare Gerät mit umfassenden Diagnostikleistungen für die Groß- und Kleintierpraxis. Gerne demonstrieren wir Ihnen die Leistungsfähigkeit unserer Geräte in Ihrer Praxis! Rufen Sie uns einfach an.



**VET**  
**Eickemeyer**

Vet.-Instrumente-Praxisbedarf  
Eltstraße 8 · D-7200 Tuttlingen  
Telefon (07461) 7 20 54 · Telefax (07461) 15 740