(Aus dem Städtischen Siechenhaus in Frankfurt a. M., Direktor: Prof. Dr. August Knoblauch.)

Über helle und trübe Muskelfasern beim Pferd.

Von

Dr. P. Schaefer
Sekundärarzt.

Mit 2 Textfiguren und 4 Abbildungen auf Tafel 16.

Über helle und trübe Muskelfasern beim Pferd.

Von

Dr. P. Schaefer, Sekundärarzt.

Eingegangen: 1. Oktober 1911.

Wenn die Ansicht A. Knoblauchs zu Recht besteht, d. h. wenn es richtig ist, daß ein Überwiegen der hellen Fasern eines Muskels mit dessen flinker Arbeitsleistung verbunden ist, daß dagegen ein Überwiegen der trüben Fasern mit einer trägen Tätigkeit, sehr langsam ansteigender, dann aber lange hochbleibender Zuckungsform harmoniert, so ist a priori anzunehmen, daß Tiere, die kurze, flinke Bewegungen ausführen, hellere Muskeln haben als solche, die träge, aber gleichmäßig und schwer zu arbeiten haben. Es erschien sehr wünschenswert, dahingehende Untersuchungen möglichst bei verschiedenen Individuen derselben Spezies auszuführen. Beim Menschen muß auch das Vorhandensein derartiger Unterschiede vorausgesetzt werden — immer unter der Annahme, daß die Theorie richtig ist. Schon rein äußerlich betrachtet erscheint ja der Muskelbau eines Athleten ganz anders als der eines viel gehenden und laufenden Menschen. Die Beschaffung solchen Menschenmaterials ist aber nur in ganz großen anatomischen Instituten möglich. Ich mußte deswegen das Studium der Menschenmuskulatur darauf beschränken, daß ich möglichst verschiedenartige Muskeln desselben Individuums herausschnitt. Dabei fand ich — wie es ja auch W. Ewald getan hat —, daß schon dabei hochgradige Differenzen vorkommen, daß es verhältnismäßig recht helle Muskeln, wie z. B. Biceps und Quadriceps, gibt, und andererseits sehr viel trübere, Masseter, Bauchmuskeln, Augenmuskeln usw. Stets konnte man mit einigermaßen großer Sicherheit auf Grund physiologischer Betrachtungen über die Arbeitsleistung eines Muskels Schlüsse auf dessen wahrscheinlichen anatomischen Aufbau machen. Dennoch hat diese Art der Untersuchung einen verhältnismäßig beschränkten Wert. Wenn es gelingt nachzuweisen, daß ein und derselbe Muskel anders gebaut ist, je nachdem er diese oder jene Art der Arbeitsleistung hat, so spricht das viel deutlicher für die Richtigkeit der Knoblauchschen Lehre.

Sehr verschiedenartige Typen der Arbeitsleistung zeigt das Pferd. Der äußere Unterschied zwischen dem gedrungenen Körperbau des Lastpferdes, das dauernd schwer zu ziehen hat, und dem außerordentlich grazilen Wuchs des Rennpferdes, das immer nur kurze Zeit, dann aber mit sehr flinken Bewegungen arbeitet, ist jedermann bekannt. Auch bei der anatomischen Untersuchung sind die Unterschiede enorm: die breite, plumpe Form der Lastpferdmuskeln kontrastiert stark mit der langen, schmalen Rennpferdmuskulatur. Es war zu untersuchen, ob bei mikroskopischer Betrachtung sich Unterschiede im Sinne der Lehre von den hellen und trüben Muskelfasern finden lassen. Stark gegen diese Lehre schien zunächst eine Erfahrungstatsache zu sprechen: diejenigen Leute, die sich mit der anatomischen Zerlegung des Pferdes beruflich zu beschäftigen haben, finden rote Muskulatur

bei denjenigen Tieren, die stark gearbeitet haben — gleichgültig wie die Art der Arbeitsleistung war: auch Rennpferde sollen ganz besonders dunkle Muskulatur haben —, weiße Muskulatur dagegen bei denjenigen Tieren, die kaum irgendwelche nennenswerte Arbeit getan haben. Es leuchtete jedoch sehr bald ein, daß diese Farbendifferenzen, die sich dann gewöhnlich auch noch mit verschiedenem Festigkeitszustand und dergleichen des Fleisches verbinden, sehr wenig mit unserem Unterschied zwischen heller und trüber Muskulatur zu tun haben. Es gibt eben noch eine Reihe von anderen Faktoren, die eine weiße oder rote Gesamtfarbe eines Muskels bedingen. Vor allem ist es der Fettgehalt und die Art der Blutversorgung, die mitsprechen. Sehr fette Muskeln sind viel weißer als solche, die nur wenig Fett enthalten. Wenn man einen solchen „weißen" Muskel mikroskopisch untersucht, so findet man, daß die Zwischenräume zwischen den Muskelbündeln mit vielen, zum Teil sehr großen Fettropfen angefüllt sind, daß aber auch die einzelnen Muskelfasern verhältnismäßig viele Fettropfen enthalten. Diese Tropfen unterscheiden sich aber nun ganz prinzipiell von den auch fetthaltigen Einlagerungen, die den Typus der roten Faser mitbedingen. Sie sind viel größer und glänzender und färben sich mit Sudan und anderen Fettfarbstoffen viel stärker als unsere Granula es tun, die ja außer Fett wahrscheinlich noch andere Stoffe enthalten. Man erkennt auf den ersten Blick, daß man es dann nicht mit einem roten, sondern mit einem stark verfetteten Muskel zu tun hat. Der Muskel, der geschont wird und kaum Arbeit verrichtet, verfettet und erscheint dann weiß; derjenige, der stark tätig war, hat einen kaum nennenswerten Fettgehalt, ist dagegen gut durchblutet und sieht rot aus. Ja, soweit ich das nach meinen bisherigen, verhältnismäßig geringen Erfahrungen zu beurteilen vermag, glaube ich sogar sagen zu dürfen, daß doch die anscheinend so rote Muskulatur des Rennpferdes[1] erheblich oder wenigstens deutlich heller ist als das Fleisch des Lasttieres.

Meine Erfahrungen sind naturgemäß nicht sehr groß; es ist für einen Nichtveterinärmediziner sehr schwer, Material zu bekommen: der Metzger gibt nicht gerne Muskelstücke ab, weil es für ihn nicht immer ganz leicht ist, genügend Fleisch für seine Käufer zu beschaffen, und weil ferner gerade diejenigen Muskeln, die die größten Funktionsunterschiede haben, d. h. am meisten tätig waren, auch diejenigen sind, die den größten Nährwert repräsentieren und deshalb von den Kunden am häufigsten begehrt werden. Immerhin ist es möglich gewesen, Muskulatur von 13 verschiedenen Pferden zu untersuchen, von denen die einzelnen mehr oder weniger deutlich charakterisierte und differenzierte Typen der Arbeitsleistung repräsentieren. Leider ist gerade dasjenige Tier, auf das ich die meisten Hoffnungen gesetzt hatte, so schlecht konserviert gewesen, daß es für unsere Untersuchungen ausfallen mußte. Es handelt sich da um ein Rennpferd, das bei einem hiesigen Rennen stürzte und das Genick brach. Das Tier kam erst nach 24 Stunden zur Sektion an einem außerordentlich heißen Tage, und die Muskeln wurden außerdem versehentlich im Zustand starker Totenstarre in Formol eingelegt; das wirkt aber erfahrungsgemäß außerordentlich schlecht auf das mikroskopische Bild: die Fasern werden dann brüchig, fetzen auseinander und haben bei der Färbung einen unangenehm braunen oder grauen, schmutzigen Untergrund, der die Beurteilung der weißen oder roten Faserfarbe erschwert oder unmöglich macht. Soweit ich durch diesen Unterton hindurch die Muskeln zu beurteilen vermochte, handelte es sich aber um ganz ausgesprochen helle Fasern; zum mindesten war der Gehalt der trüben Fasern an Körncheneinlagerungen so gering, daß eigentlich nur bei den immer trüben Muskeln, besonders dem Bauchmuskel, etwas von Körnchen zu sehen war.

[1] Auch schon makroskopisch.

Außer diesem Tier konnte ich noch zwölf andere untersuchen, über deren Art und Arbeitsleistung ich folgendes habe in Erfahrung bringen können:

1. Ein verhältnismäßig kleines Tier, das aber sehr typischen gedrungenen Bau zeigte; es hat mehrere Jahre lang schwere Lasten gezogen und war in der letzten Zeit aushülfsweise bei einem Karussell gebraucht worden. Dabei hat es naturgemäß auch wieder eine solche Arbeit getan, bei der es auf das gleichmäßige, kräftige Ziehen, nicht aber auf schnelle Bewegung ankam.

2. Ein Arbeitspferd, das speziell als Lastpferd im strengsten Sinne des Wortes anzusehen ist; es zeigte ebenfalls den typischen Bau des Karrenpferdes.

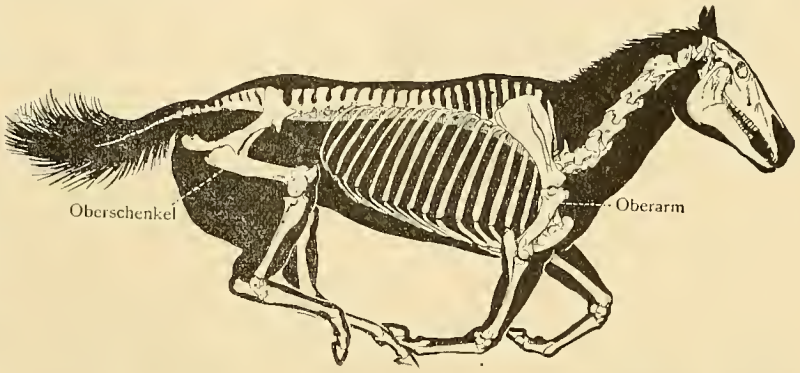
3. Ein anderes Arbeitspferd, das ähnliche, aber nicht ganz so schwere Arbeiten zu leisten hatte.

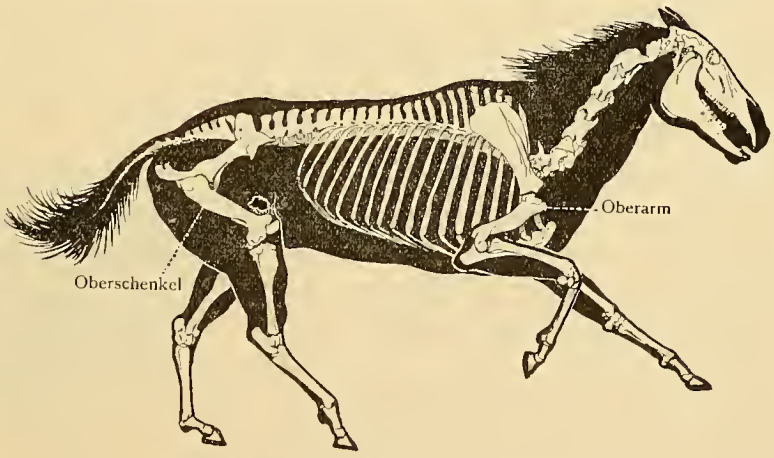
4. Ein Wagenpferd, das einen ziemlich schweren Wagen in langsamem Tempo zu fahren hatte.

5. Ein anderes Wagenpferd, das vor einem sehr leichten Wagen ging und dabei an ein schnelles Tempo gewöhnt war.

6. Ein sehr schön gebautes, ziemlich großes Pferd, das einen Herrschaftswagen gefahren und gelegentlich Verwendung als Reitpferd gefunden hatte.

7. bis 10. Vier kleine, verhältnismäßig schmächtige Tiere, die vor Metzgerwagen oder dergleichen gelaufen waren. Bei ihnen hatte das mehr oder weniger schnelle Traben durchaus die Vorherrschaft über das Ziehen von schweren Lasten, das eigentlich nie bei allen vieren notwendig gewesen sein soll. Die vier Tiere unterschieden sich durch den mehr oder weniger großen Fettgehalt und dadurch, daß das eine etwas mehr Arbeit zu leisten hatte als das andere. Ich habe sie deswegen bezeichnet als fettes,





Skelette
in die Silhouetten galoppierender Pferde (Momentaufnahmen) eingezeichnet.
(Nach von Weinberg.)

das wenig gearbeitet hat, fettes, das viel gearbeitet hat, desgleichen mageres mit viel und wenig Arbeit.

11. Ein weibliches Rennpferd, das bei einer Geburt verendet war. Es stammt aus dem A. und C. von Weinbergschen Stall. Es soll zwar trainiert haben, aber noch nie bei Rennen gewesen sein. Es repräsentiert also vielleicht noch nicht einmal den ganz ausgesprochenen Typus des Rennpferdes.

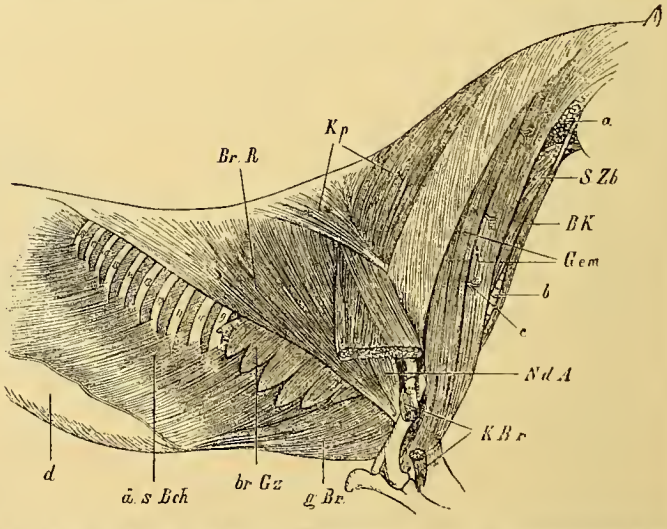
12. Ein etwa 22 Jahre altes weibliches Rennpferd, das sowohl als Mutterstute Verwendung gefunden hatte als auch bei Rennen aktiv gewesen war. Wegen seines verhältnismäßig hohen Alters kann vielleicht auch dieses Tier nicht Anspruch darauf machen, als der reine, ausgesprochene Typus des Rennpferdes angesehen zu werden.

Bei der Untersuchung des Fleisches ging ich bezüglich der Auswahl der herauszunehmenden Stücke von folgenden Überlegungen aus: „Wenn man in Momentphotographien des Renngalopps sorgfältig Skelette einzeichnet," sagt A. von Weinberg im zweiten Heft des 42. Berichts der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, „so erkennt man, daß die größte Pendelbewegung im Oberarm und im Oberschenkel ausgeführt wird". Demnach kam es mir darauf an, möglichst von hier ansetzenden Muskeln Stücke zu bekommen. Die Richtigkeit der Weinbergschen Ansicht über die Bewegung von Oberarm und Oberschenkel beweisen vorstehende drei Bilder, die er seinen Ausführungen beifügt.

Von den an den Oberarm ansetzenden Muskeln wählte ich:

1. Den „gemeinschaftlichen Kopf-Hals-Armbeinmuskel", Sternocleidomastoideus. Dieser Muskel bildet, wie man an nebenstehender Figur sehen kann, die vordere und seitliche Begrenzung des Halses. Er entspringt am Hinterhaupt und endet am Oberarm. Wird im Gange der gestreckte Kopf festgestellt, so zieht er Schulterblatt und Oberarm nach vorn. — Daß dieser Muskel vom Kopf bis zum Oberarm ziehen muß, erkennt man, wenn man sich überlegt, daß hier die clavicularen Portionen des Deltoideus hominis mit dem Sternocleidomastoideus verschmolzen sind.

2. Den großen Brustmuskel, Pectoralis maior. Er entspringt von den seitlichen Partien des Brustkorbes und inseriert in mehreren Partien an verschiedenen Stellen des Oberarms. Er zieht den Oberarm nach hinten und drückt ihn nach innen. Bei festgestelltem Oberarm ist er der wichtigste Nachzieher des Rumpfes. Er ist der Antagonist des vorigen Muskels.



ä. s. Bch. äußerer schiefer Bauchmuskel; B. K. Brustkinnbackenmuskel; Br. R. breiter Rückenmuskel; g. Br. großer Brustmuskel: Gem. gemeinschaftlicher Kopf-Hals-Armbeinmuskel: br.Gez. breiter gezahnter Muskel; K. Br. kurzer Beuger des Vorderarmes: Kp. Kappenmuskel; N. d. A. Niederzieher des Armbeines; S. Zb. Schulter-Zungenbeinmuskel; a. Ohrdrüse; b. Luftröhre; c. Halsnerven; d. gelbe Bauchhaut.

(Nach Leisering-Müller, 1873.)

Von den an den Oberschenkel gehenden Muskeln nahm ich:

1. Den großen Lenden-Hüftbeinmuskel, Iliopsoas. Er verläuft im allgemeinen wie beim Menschen; seine einzelnen Teile

sind aber selbständiger, so daß man von mehreren nebeneinander herziehenden Muskeln sprechen kann. Diese Muskeln haben nach Disselhorst für die Vorwärtsbewegung der Oberschenkel, zumal bei raschen Gangarten, eine ausschlaggebende Bedeutung; durch ihren langen Zug vom Zwerchfellansatz her entlang der Seite der Wirbelsäule bis zum Oberschenkelbein können sie dieses und bei beiderseitiger Wirkung das gesamte Becken beim Galoppieren weit nach vorn ziehen. Sie sind die Hauptantagonisten der Gesäßmuskeln.

2. Den großen Gesäßmuskel, Glutaeus maximus. Er ist der dickste Muskel am ganzen Tiere und gleichzeitig der stärkste Strecker des Oberschenkels; er bringt den freien Schenkel nach rückwärts und bei vorwärts festgestelltem Schenkel den Rumpf nach vorwärts; Günther nannte ihn daher den Nachschieber des Rumpfes.

3. Den geraden Bauchmuskel, Rectus abdominis. Er gewinnt für die Aktion des Oberschenkels dadurch direkte Bedeutung, daß das ihn bedeckende elastische Gewebe, die gelbe Bauchhaut, einen Schenkel in das Pfannengelenk schickt, der sich in den Kopf des Oberschenkels einsenkt und ihn um so fester in die Pfanne hineinzieht, je stärker die Bauchmuskeln bei rascher Gangart des Pferdes in Bewegung treten. Ob er, wie ich vermute, auch bei dem Schleppen schwerer Lasten besonders stark in Tätigkeit tritt, entzieht sich meiner Beurteilung. In den Werken, die ich nachschlagen konnte, fand ich nichts darüber.

Von den übrigen Extremitätenmuskeln nahm ich noch folgende:

1. Den langen Beuger des Vorderarmes, der dem Biceps des Menschen entspricht. Eigentlich zweiköpfig ist dieser Muskel beim Pferd verhältnismäßig selten; außerdem enthält er meist sehr viel sehniges Gewebe, was die Untersuchung ganz unverhältnismäßig erschwert.

2. Den Strecker des Vordermittelfußes, der dem Extensor carpi des Menschen analog ist.

3. Den Beuger der Vorderfußwurzel, gleich Flexor carpi des Menschen.

4. Den Kniescheibenmuskel, Quadriceps cruris.

5. Den Wadenmuskel, Gastrocnemius.

6. Den vorderen Unterschenkelmuskel, Tibialis anticus.

Zuletzt bin ich auf die Vermutung gekommen, daß die Rückenmuskeln, Latissimus, besonders Longissimus dorsi, die einen großen Teil des Körpers des Pferdes bedecken, wahrscheinlich einen bedeutenden Anteil an der Zugtätigkeit haben werden. Es wird sich empfehlen, bei späteren Untersuchungen ganz besonders auf diese Muskeln zu achten.

Über die makroskopische Untersuchung der Muskeln glaube ich, etwas Besonderes nicht sagen zu müssen; denn erstens ist etwas eigentlich Besonderes an den Muskeln nicht zu sehen, und zweitens sind, wie ich oben ausführte, Unterschiede, die man dabei beobachtet, durchaus nicht immer für den Unterschied zwischen hellen und trüben Fasern zu verwenden. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde in folgender Weise vorgegangen: die Muskelstückchen wurden etwa 7 bis 24 Stunden nach dem Tode, nur selten später, herausgenommen und dann gleich in zehnprozentiges Formalin eingelegt. Daß einige Muskeln erst 36 Stunden nach dem Tod des Tieres eingelegt werden konnten, liegt an den Einrichtungen des Pferdeschlächtereibetriebes, hat aber der Güte der Präparate nur ganz selten einmal Abbruch getan; das Fleisch war fast immer sehr gut konserviert. Nachdem die Blöcke vier Tage in Formol gelegen hatten, wurden sie mit dem Gefriermikrotom geschnitten und nach den von W. Ewald angegebenen Methoden gefärbt. Die Färbungen ergeben im allgemeinen außerordentlich instruktive Bilder und zeigen den Unterschied zwischen den hellen und nahezu

körnchenfreien — einige wenige kleine Körnchen finden sich wohl in jeder Muskelfaser — und den trüben Muskelfasern. Die letzteren sind mit Körnchen mehr oder weniger gefüllt; außerdem ist meist die Grundfarbe der Faser, die auf den größeren oder geringeren Sarkoplasmagehalt zurückzuführen ist, viel dunkler als bei den hellen Fasern. Nun ist die Größe der hellen und trüben Fasern, worauf ja auch Ewald aufmerksam macht, sehr verschieden; es kommt vor, daß ein Muskel bei der Besichtigung mit dem Mikroskop einen sehr hellen Eindruck macht, obwohl er außerordentlich viele trübe Fasern enthält; in einem solchen Falle sind eben die wenigen hellen Fasern, die der Muskel enthält, sehr groß, so daß die von ihnen dargestellte Masse denn auch sehr viel größer ist als die von den vielen, aber kleinen trüben dargestellte. Man kommt eben bei solchen Muskeluntersuchungen mit der Bestimmung des Zahlenverhältnisses zwischen hellen und trüben Muskelfasern nicht aus, sondern muß versuchen, auch das Verhältnis der Fasermasse auf irgendeine Weise zur Darstellung zu bringen.

Nach diesen Prinzipien habe ich die Untersuchung der Muskelbilder in folgender Weise vorgenommen: ich berechnete zunächst, wieviele helle und wieviele trübe Fasern in zehn aufeinanderfolgenden Gesichtsfeldern liegen. Natürlich ist es dabei notwendig, immer dieselbe Vergrößerung, überhaupt immer dasselbe Gesichtsfeld zu nehmen, und zwar wählte ich dazu ein Gesichtsfeld, das entsteht bei Anwendung eines Leitzschen Mikroskops, Okular 2, Objektiv VI, Tubusauszug 155. Die Zahl der sämtlichen in den zehn Gesichtsfeldern liegenden hellen Fasern wurde nun durch die der trüben dividiert. Zur weiteren Bestimmung des Größenverhältnisses war es ferner notwendig, die Größe der Fasern irgendwie zur Darstellung zu bringen. Absolute Zahlen für die Fasergröße zu erhalten, ist ganz außerordentlich schwierig, da man mit sehr kleinen Verhältnissen zu rechnen hat und die Bestimmung von Quadrat-μ nicht einfach ist. Es kommt aber auch garnicht darauf an, absolute Zahlen zu haben, weil man ja nur vergleichen will. Es wurde daher mit dem Okular-Mikrometer die größte Länge und die größte Breite von je zehn nebeneinander liegenden hellen und trüben Fasern bestimmt; aus den jeweils zusammengehörenden Zahlen wurde das Produkt berechnet und aus zehn Produkten das Mittel genommen. Wenn man nun diese Durchschnittszahl multipliziert mit der Zahl der hellen bezw. trüben Fasern in zehn Gesichtsfeldern, so hat man eine Vergleichszahl für die Masse, die von hellen und trüben Fasern in zehn Gesichtsfeldern dargestellt wird. Um nun nicht in die Hunderttausende hinein rechnen zu müssen, habe ich zunächst nicht mit der Gesamtzahl aus zehn Gesichtsfeldern multipliziert, sondern mit der aus dieser wieder bestimmten Durchschnittszahl für ein Gesichtsfeld; endlich wurde auch noch von dem dabei erhaltenen Produkt die letzte Stelle fortgestrichen. Die Resultate, die man auf diese Weise erhält, sind vierstellige, selten nur dreistellige Zahlen und ermöglichen doch schon einen Vergleich. Zum Schluß der ganzen Berechnung wird dann endlich noch die gewonnene Vergleichszahl für die helle Muskulatur durch die für die trübe dividiert. Bekommt man jetzt 1 oder eine Zahl dicht um 1 herum als Resultat, so hat man es mit einem gemischten Muskel zu tun, bei kleineren oder größeren Zahlen mit einem trüben bezw. hellen Muskel. Die hellen Fasern wurden immer in die erste Reihe gestellt, d. h. immer deren Verhältnis zu den entsprechenden trüben bestimmt.

Wenn nun auch die auf diese Weise gewonnenen Zahlen wohl eine große Bedeutung haben, so darf man offenbar sich nicht allein auf sie verlassen, sondern muß sich auch die Fasern selbst im Mikroskop oder auf dem Bild ansehen. Der Körnchengehalt wird durch diese Zahlen absolut nicht mitberücksichtigt, und gerade er ist ja ein sehr wichtiges Moment,

das die Faser zu einer trüben macht. Der Körnchengehalt ist aber durchaus nicht immer rein proportional der Fasergröße. Unter verschiedenen Umständen sind vielmehr die Körnchen mehr oder weniger groß und schön. Wenn man z. B., um der weiteren Auseinandersetzung einmal vorzugreifen, sich die Bilder vom Bauchmuskel des Karussellpferdes und des Rennpferdes ansieht, so ist es nicht so sehr das Zahlenverhältnis, das ins Auge springt und den Unterschied gerade dieser beiden Muskeln so außerordentlich typisch macht, sondern es ist vielmehr der Umstand, daß die Körnchen in den trüben Fasern des Karussellpferdes sehr groß sind, während man sie beim Rennpferd kaum sieht.

In den weiteren Auseinandersetzungen will ich nun, um nicht zu weitschweifig werden zu müssen, einfach die Zahlen und Bilder sprechen lassen. Ich bringe daher zunächst die Muskelberechnungen in der Reihenfolge, wie sie bei den verschiedenen Tieren gewonnen wurden. Dann werde ich in einer zweiten Tabelle die Zahlen zusammenrubrizieren, die sich für denselben Muskel bei den verschiedenen Tieren ergeben; die Betrachtung dieser beiden Tabellen wird dann ein Gesamturteil über die Muskulatur des Pferdes ermöglichen.

Tabelle I.

Bezeichnung des Muskels	Faserzahl	Zahlverhältnis	Fasergröße	Masse	Massenverhältnis
1. Karussellpferd.					
Musc. rectus abdominis	202 358	0,5	666 1396	1332 4188	0,3
Pectoralis maior	305 337	0,8	866 722	2658 2455	1,1
Biceps	178 305	0,6	877 1357	1579 7028	0,2
Extensor carpi	164 232	0,7	961 1425	1538 3278	0,5
Rectus cruris	312 111	2,8	1239 737	3841 811	4,7
Tibialis	166 479	0,3	503 768	855 3886	0,2
2. Arbeitspferd I (Lastpferd).					
Rectus abdominis	149 210	0,7	571 2673	857 5613	0,1
Deltoidesportion d. Sternocleidomastoid.	167 246	0,7	1335 1340	2279 3359	0,7
Biceps	200 321	0,6	549 1557	1098 4912	0,2
3. Arbeitspferd II.					
Deltoides	253 246	1,0	1394 941	3485 2635	1,4

Tabelle I.

Bezeichnung des Muskels	Faserzahl	Zahl-verhältnis	Fasergröße	Masse	Massen-verhältnis
4. Wagenpferd I (dauernd schwer gezogen).					
Psoas	133 477	0,2	736 591	860 2337	0.3
Rectus abdominis	255 275	0,9	944 1369	1554 3841	0,4
5. Wagenpferd II (leichte Wagen in schnellem Trab gefahren).					
Flexor carpi	369 122	3,1	920 553	3404 664	5,1
Rectus cruris	393 57	7,4	1047 841	4089 505	8,1
Tibialis	315 107	2,9	878 749	2810 824	3,4
Gastrocnemius	147 64	2,3	2938 1701	4407 1021	4,3
6. Rennpferd I.					
Rectus abdominis	105 269	0,4	903 1342	900 3623	0,9
Biceps	300 316	1,0	843 674	2529 2157	1,2
Extensor carpi	358 212	1,7	966 863	3478 1812	1,9
Tibialis	259 198	1,3	1358 877	3395 1754	1,9
7. Herrschaftspferd.					
Deltoides	252 187	1,3	1399 922	5498 1752	3,1
Biceps	228 207	1,1	1549 1276	3563 2680	1,3
Tibialis	212 124	1,7	2398 1270	5027 1524	3,3
8. Mageres Pferd (viel gearbeitet).					
Rectus abdominis	247 164	1,5	1688 1190	1720 1904	0,9
Psoas	211 614	0,3	1565 694	1187 4233	0,2
Cleidomastoideus	159 285	1,7	1061 1191	1691 3454	0,4

Tabelle I.

Bezeichnung des Muskels	Faserzahl	Zahl-verhältnis	Fasergröße	Masse	Massen-verhältnis
9. Mageres Pferd (wenig gearbeitet).					
Rectus abdominis	243 155	1,7	1444 1681	3466 2690	1,3
Psoas	267 441	0,6	1002 690	2705 3036	0,9
Biceps	224 133	1,7	1468 1074	3230 1396	2,3
10. Fettes Pferd (viel gearbeitet).					
Rectus abdominis	165 163	1,0	2337 1893	3968 2648	1,5
Psoas	154 405	0,4	851 1082	1275 4328	0,3
Pectoralis maior	273 341	0,8	845 945	2282 3213	0,7
11. Fettes Pferd (wenig gearbeitet).					
Rectus abdominis	211 185	1,1	2218 1222	4658 2322	2,0
Psoas	184 275	0,7	1523 1120	2741 3136	0,9
Glutaeus maximus	329 173	1,9	1061 820	3528 994	3,1
12. Rennpferd II.					
Pectoralis maior	215 129	1,7	3429 1539	7546 2002	3,8
Biceps	169 186	0,9	2209 1087	4252 2071	2,1
Longissimus dorsi	159 189	0,9	3181 1903	5088 3610	1,3

Tabelle II.

Bezeichnung des Pferdes	Faserzahl	Zahl-verhältnis	Fasergröße	Masse	Massen-verhältnis
a) Rectus abdominis.					
Arbeitspferd I	149 210	0,7	571 2673	857 5613	0,1
Karussellpferd	202 358	0,5	666 1396	1332 4188	0,3
Wagenpferd I	255 275	0,9	944 1369	1554 3841	0,4
Rennpferd I	105 269	0,4	903 1342	900 3623	0,9
Mager, viel gearbeitet	247 164	1,5	688 1190	1720 1904	0,9
Mager, wenig gearbeitet	243 155	1,7	1444 1681	3466 2690	1,3
Fett, viel gearbeitet	165 163	1,0	2337 1893	3968 2648	1,5
Fett, wenig gearbeitet	211 185	1,1	2218 1222	4658 2322	2,0
b) Psoas.					
Mager, viel gearbeitet	211 614	0,3	565 694	1187 4233	0,2
Fett, viel gearbeitet	154 405	0,4	851 1082	1275 4328	0,3
Wagenpferd I	133 477	0,2	736 591	860 2337	0,3
Mager, wenig gearbeitet	267 441	0,6	1002 690	2705 3036	0,9
Fett, wenig gearbeitet	184 275	0,7	1523 1120	2741 3136	0,9
c) Pectoralis maior.					
Fett, viel gearbeitet	273 341	0,8	845 945	2282 3213	0,7
Karussellpferd	305 337	0,8	866 722	2658 2455	1,1
Rennpferd II	215 129	1,7	3429 1539	2546 2002	3,8
d) Deltoidesportion des Sternocleidomastoideus.					
Arbeitspferd I	167 246	0,7	1335 1340	2279 3359	0,7
Arbeitspferd II	253 246	1,0	1394 941	3485 2635	1,4
Herrschaftspferd	252 187	1,3	1399 922	5498 1752	3,1

Tabelle II.

Bezeichnung des Pferdes	Faserzahl	Zahlverhältnis	Fasergröße	Masse	Massenverhältnis
e) Biceps.					
Arbeitspferd I	200 321	0,6	549 1557	1098 4912	0,2
Karussellpferd	178 305	0,6	877 1357	1579 7028	0,2
Rennpferd I	300 316	1,0	843 674	2529 2157	1,2
Herrschaftspferd	228 207	1,3	1549 1276	3563 2680	1,3
Rennpferd II	169 186	0,9	2209 1007	4252 2020	2,1
Mager, wenig gearbeitet	224 133	1,7	1468 1074	3230 1396	2,3
f) Extensor carpi.					
Karussellpferd	164 232	0,7	961 1425	1538 3278	0,5
Rennpferd I	358 212	1,7	966 863	3478 1812	1,9
g) Flexor carpi.					
Wagenpferd II	369 122	3,1	920 553	3404 664	5,1
h) Rectus cruris.					
Karussellpferd	312 111	2,8	1239 737	3841 811	4,7
Wagenpferd II	393 57	7,4	1047 841	4089 505	8,1
i) Tibialis.					
Karussellpferd	166 479	0,3	503 768	855 3886	0,2
Rennpferd I	259 198	1,3	1358 877	3359 1754	1,9
Herrschaftspferd	212 124	1,7	2398 1270	5027 1524	3,3
Wagenpferd II	315 107	2,9	878 749	2810 824	3,4
k) Gastrocnemius.					
Wagenpferd II	147 64	2,3	2938 1701	4407 1021	4,3

Tabelle II.

Bezeichnung des Pferdes	Faserzahl	Zahlverhältnis	Fasergröße	Masse	Massenverhältnis
l) Glutaeus maximus.					
Fett, wenig gearbeitet	329 173	1,9	1061 820	3528 994	3,01
m) Sternocleidomastoideus.					
Mager, viel gearbeitet	159 285	1,7	1061 1191	1691 3454	0,4
n) Longissimus dorsi.					
Rennpferd II	159 189	0,9	3181 1903	5088 3610	1,3

Aus den Zusammenstellungen geht zunächst hervor, daß die Muskeln des Pferdes, wie es oben auch schon für den Menschen beschrieben wurde, sehr verschieden gebaut sind. Wir sehen, daß der Bauchmuskel sehr viel trüber ist als die Extremitätenmuskeln, daß Psoas, Biceps und überhaupt diejenigen Muskeln, die den proximalen Teilen der Extremitäten angehören, trüber sind als die distal gelegenen. Besonders der sogenannte Kniescheibenmuskel, dem Quadriceps femoris des Menschen entsprechend, ist von einer enormen Helligkeit. Worauf diese Unterschiede beruhen, ob die physiologische Art der Arbeitsleistung der einzelnen Muskeln gerade solche Verhältnisse zwischen hellen und trüben Muskelfasern erwarten ließ, wie sie oben beschrieben wurden, kann nur derjenige entscheiden, der mit der Anatomie und Physiologie des Pferdes auf das Genaueste vertraut ist. Ob der Quadriceps so viel kürzere und flinkere Bewegungen auszuführen hat als z. B. der Extensor carpi oder auch der Tibialis, warum der Glutaeus maximus wohl so hell, der Psoas so intensiv dunkel ist usw., das sind alles Fragen, die ein Nichtveterinärmediziner nicht mit Sicherheit beantworten kann. Um so überzeugender und einwandfreier werden aber auch für den Laien die Zahlen, wenn man sie so zusammenstellt, wie es in Tabelle II geschehen ist. Gehen wir da die einzelnen Rubriken durch, so sehen wir überall ein allmähliches Aufsteigen von den Tieren mit ausgesprochen langsamer, gleichmäßiger, aber ausdauernder Bewegung zu denen, die sich sehr flink haben rühren müssen, und bei denen es auf das Ziehen schwerer Lasten kaum ankam. Das Karussellpferd hat immer schwere Lasten gezogen oder am Karussell eine Arbeit geleistet, die absolut keine weißen Muskeln erwarten ließ. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den beiden Arbeitspferden, besonders dem ersten. Auch das erste der beiden Wagenpferde hat dauernd schwere Wagen gefahren, während das zweite nun den Übergang zu der anderen Gruppe darstellt: es hat immer nur leichte Wagen, diese aber in schnellem Trab ziehen müssen, seine Extremitätenmuskeln sind ganz ausgesprochen hell. Das Herrschaftspferd, das nur vor ganz leichten und eleganten Equipagen gegangen ist, kann naturgemäß keinen Anspruch auf dunkle Muskulatur machen. Wir sehen vielmehr gerade bei ihm, daß die hellen Fasern verhältnismäßig sehr groß sind, auffallend glänzend und glasig aussehen und sowohl durch ihre Größe wie auch durch ihre Zahl dem Muskel den Aspekt eines hellen geben. Die Rennpferde gleichen am

ehesten diesem Herrschaftspferd; auch bei ihnen sind die Muskeln verhältnismäßig recht hell; die Unterschiede bezüglich der Größe usw. und der Intensität der Färbung sind ja besonders ausgesprochen, wenn man auf den beigefügten Bildern Bauchmuskel und Tibialis des Rennpferdes I und des Karussellpferdes miteinander vergleicht. Dabei ist es, wie oben schon gesagt wurde, durchaus möglich, daß diese Vollblutpferde noch gar nicht einmal den ganz ausgesprochenen Typus des Rennpferdes repräsentieren. Den Schluß bildet dann die Gruppe von vier kleinen Pferdchen, die alle mehr oder weniger stark haben arbeiten müssen und mehr oder weniger gut genährt waren. Die Art ihrer Arbeit hat eine hellere Muskulatur theoretisch voraussetzen lassen. Diese haben sie ja denn auch bei der Untersuchung durchgehend gezeigt. Besonders deutlich ist das beim Bauchmuskel, wo sie in der Reihe der Tiere den Schluß darstellen.

Bei allen untersuchten Tieren war demnach der Aufstieg in der Reihenfolge bei der anatomischen Untersuchung genau so, wie man es in Anbetracht der Arbeitsleistung der Tiere erwarten mußte.

Der Unterschied zwischen hellen und trüben Muskelfasern ist ganz besonders ein Unterschied der Farbe. Auf diesen Unterschied kann naturgemäß in Tabellen für Zahlen und Maße keine Rücksicht genommen werden. Um also nun auch diesen Farbenunterschied, der meistens außerordentlich deutlich, fast noch deutlicher als die Zahlenunterschiede, ist, zur Darstellung zu bringen, habe ich der Arbeit einige der Buntphotographien, die ich nach dem Lumièreverfahren hergestellt habe, beigegeben. Die Bilder sprechen für sich, ich will daher auf weitere theoretische Auseinandersetzungen verzichten.

Es ist nicht etwa, wie man annehmen könnte, der Ernährungszustand, der die Unterschiede macht. Man könnte ja denken, daß bei guter Ernährung die Körnchen besonders gut ausgeprägt wären, daß bei schlechter dagegen die hellen Fasern an Zahl und Größe in den Vordergrund träten. Dem ist aber wohl nicht so; es ist nicht anzunehmen, daß das Karussellpferd soviel besser genährt war als etwa das Herrschaftspferd oder das Rennpferd. Auch ist nicht einzusehen, warum die vier kleinen Pferde sämtlich so ausgehungert gewesen sein sollten, daß sie ganz helle Muskulatur bekommen hätten. Dazu würde ja schon nicht passen, daß von den zweien, die mehr gearbeitet haben, die Psoas so verhältnismäßig trüb sind. Alle Unterschiede lassen sich dagegen sehr gut verstehen, wenn man an die Funktion des betreffenden Muskels denkt. Man sieht dann, daß die gefundenen Differenzen auf das Schönste im Einklang stehen mit der von Knoblauch vertretenen Theorie, daß die Funktionsdifferenz der Muskulatur in anatomischen Unterschieden im Sinne der Lehre von den hellen und trüben Fasern zum Ausdruck kommt.

Ich möchte meine Arbeit nicht beschließen, ohne eines merkwürdigen Nebenbefundes Erwähnung zu tun, den ich beim Studium der Pferdemuskeln wiederholt erheben konnte, und für den ich in allen anatomischen Werken, die mir zugänglich waren, keine Erklärung finden konnte: ich fand nämlich sehr häufig, ganz besonders bei den guten Pferden, den Rennpferden und dem Herrschaftspferd, eigentümliche große, zentral gelegene Einlagerungen, die mitunter die ganze Breite der Faser einnahmen und sich mit allen drei Färbungen: Sudan-Hämatoxylin, Alizarin und Eisenlack, darstellen ließen. Das Gebilde enthält offenbar kernartige Substanzen, unterscheidet sich aber durch seine enorme Größe beim ersten Blick so sehr von den gewöhnlichen Muskelkernen, daß es mir wert schien, hier davon Notiz zu nehmen. Eine Erklärung für diese merkwürdigen Gebilde vermag ich nicht zu geben.

Tafelerklärung.

(Mit Erklärung der Abbildungen zu der Arbeit: P. Schaefer, Über helle und trübe Muskelfasern im menschlichen Herzen.)

Tafel 15.

Fig. 1. Kammermuskelfasern aus dem Herzen eines infolge von Schädelbasisfraktur verstorbenen Menschen. 400fache Vergrößerung.

Fig. 2. Vorhofmuskelfasern aus dem Herzen desselben Individuums. 700fache Vergrößerung.

Fig. 3. Kammerscheidewand des Pferdeherzens. Natürliche Größe.

Fig. 4. Fasern aus dem Knotenteil des Hisschen Bündels. 700fache Vergrößerung.

Fig. 5. Rote Endfasern des linken Schenkels. 150fache Vergrößerung.

Fig. 6. Purkinjesche Fasern des Pferdeherzens aus dem Anfangsteil der Schenkelverzweigungen inmitten gewöhnlicher Herzfasern. 150fache Vergrößerung.

Tafel 16.

Fig. 7. Grenzschicht zwischen Hisschem Bündel und der Kammermuskulatur. Alizarinblaufärbung. 85fache Vergrößerung.

Fig. 8. Spezifische Fasern aus dem Keithschen Knoten inmitten gewöhnlicher Vorhofmuskulatur. 120fache Vergrößerung.

Fig. 9. Karussellpferd, M. rectus abdominis. 90fache Vergrößerung.

Fig. 10. Rennpferd, M. rectus abdominis. 90fache Vergrößerung.

Fig. 11. Karussellpferd, M. extensor carpi. 110fache Vergrößerung.

Fig. 12. Rennpferd, M. extensor carpi. 50fache Vergrößerung.

Sämtliche Figuren auf Tafel 15 und 16 sind nach Lumière-Aufnahmen des Verfassers reproduziert.

AUG. WEISBROD, FRANKFURT A. M.

Fig. 1

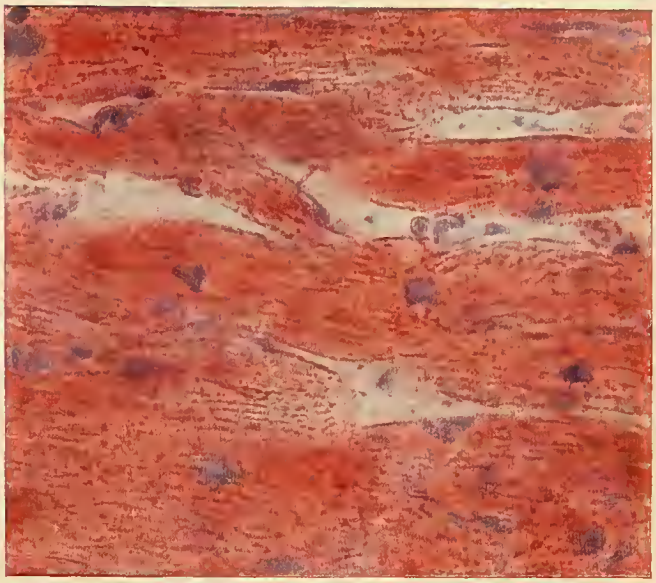


Fig. 2

Fig. 3

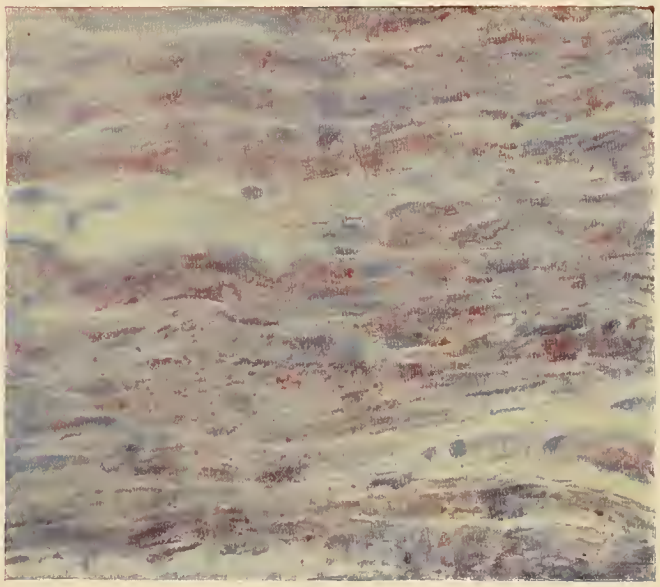
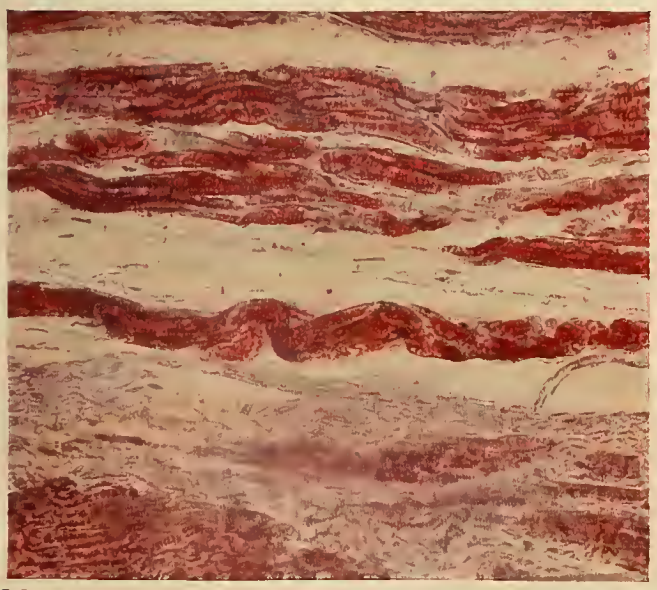


Fig. 4



P. Schaefer phot.

Fig. 5

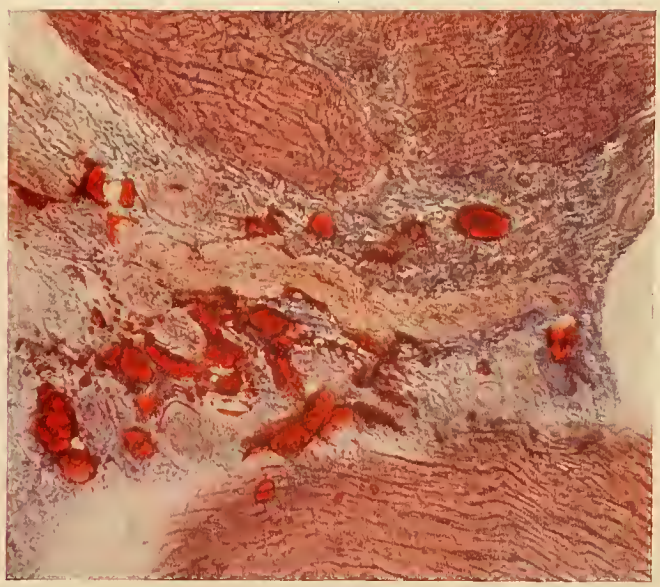


Fig. 6

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

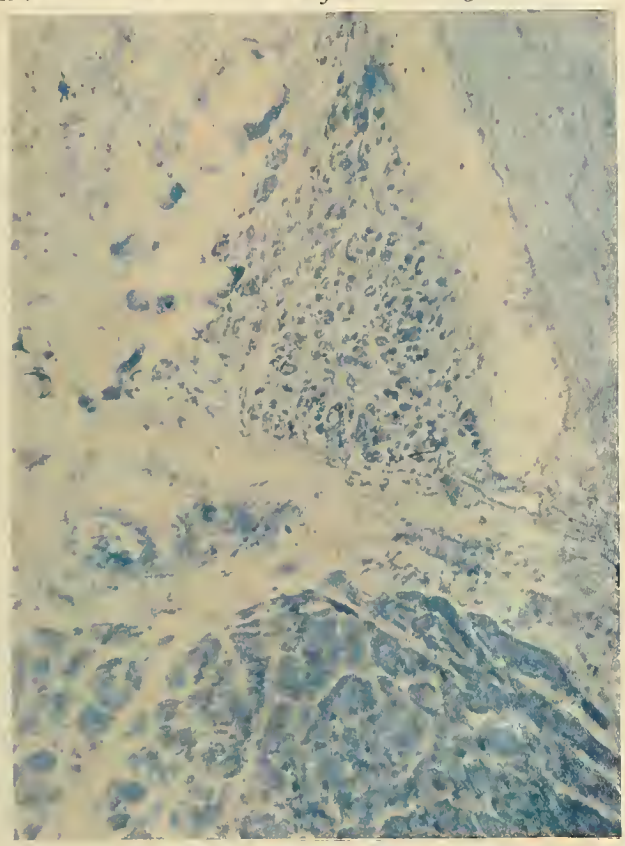


Fig. 7

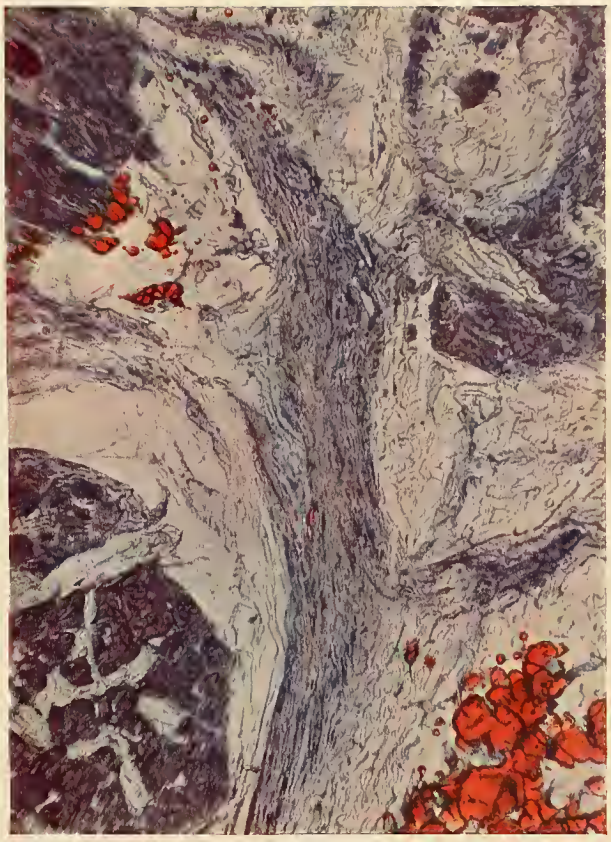


Fig. 8

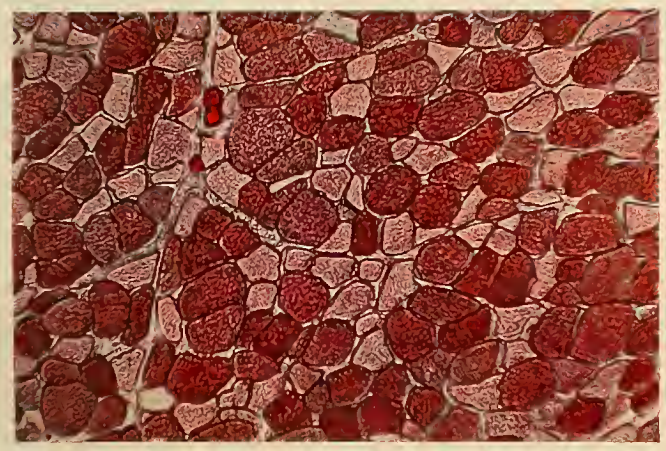


Fig. 9

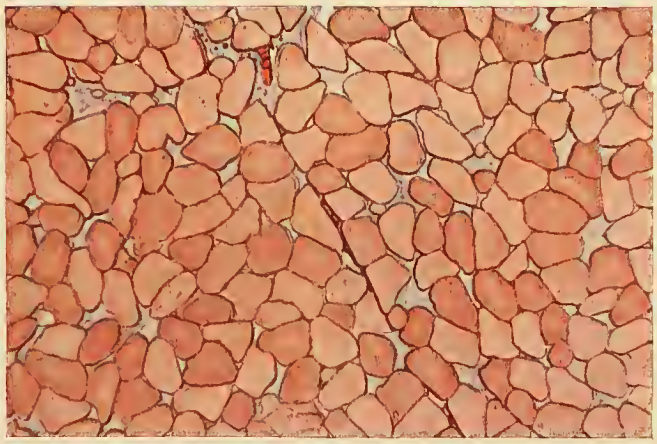
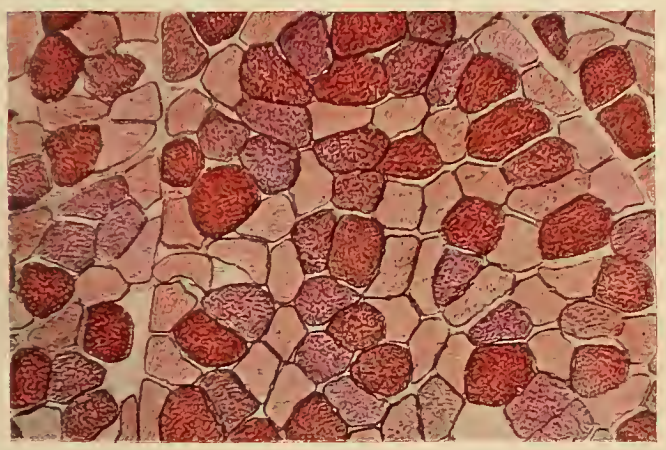


Fig. 10



P. Schaefer phot.

Fig. 11

Fig. 12

Werner u. Winter, Frankfurt a. M.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft

Jahr/Year: 1910-1913

Band/Volume: 31_1910-1913

Autor(en)/Author(s): Schaefer P.

Artikel/Article: Über helle und trübe Muskelfasern beim Pferd. 173-188