

(Aus dem anatomischen Institut der Kgl. tierärztl. Hochschule zu Berlin.)

Zwei Beiträge zur Kenntnis des Pferdeblutes.

Von

Cand. med. vet. **Ad. Walther.**

(Mit 2 Textfiguren.)

I. Morphologie der Blutplättchen.

Durchsuchen wir die Literatur mit Rücksicht auf alles das, was in derselben über die Gestalt der Blutplättchen verzeichnet ist, so ergibt sich darüber eine bei diesem dritten Blutformbestandteil seltene Übereinstimmung bei allen Autoren.

Fast überall herrscht die Meinung, dass es sich beim Menschen sowohl wie bei allen untersuchten Tieren um kleine, runde Scheibchen handelt, solange dieselben keinerlei Veränderungen erfahren haben. So beschreibt sie der erste Untersucher, Bizzozero¹⁾, als „äusserst dünne Plättchen in Gestalt von Scheiben mit parallelen Flächen oder seltener von linsenförmigen Gebilden, rund oder oval, und von zwei bis dreimal kleinerem Durchmesser als die roten Blutkörperchen“. Eberth und Schimmelbusch²⁾ schildern die Thrombocyten folgendermaassen: „Die unversehrten Blutplättchen sind im strömenden Blute dünne, platte, farblose Scheiben, die zwar homogen erscheinen, aber nicht oder nur wenig glänzen. Es könnte bei Zirkulationsbeobachtung so scheinen, als ob sie zum Teil oval seien, in der Tat aber sind sie runde Scheiben und täuschen nur bei einer Schrägstellung die ovale Form vor.“ Auch Laker³⁾, der die „Blutscheibchen“ im zirkulierenden Blute des Fledermausflügels sah, schildert sie als ausgesprochene, sehr flache Scheibchen, für die

1) Über einen neuen Formbestandteil des Blutes und dessen Rolle bei der Thrombose und der Blutgerinnung. Virchow's Arch. Bd. 90. Berlin 1882.

2) Die Thrombose nach Versuchen und Leichenbefunden. Stuttgart 1888.

3) Die Blutscheibchen sind konstante Formelemente des normalen zirkulierenden Säugetierblutes. Virchow's Arch. Bd. 116. Berlin 1889.

er sogar eine zentrale Delle als wahrscheinlich in Anspruch nimmt. Es war unter diesen Umständen von vornherein anzunehmen, dass auch die Thrombocyten des Pferdes, die bisher eine eingehendere Untersuchung noch nicht erfahren haben, von dieser allgemeinen Beschreibung ebenfalls nicht abweichen. Um so auffallender ist es, dass ich zu einem, den oben zitierten Beschreibungen entsprechenden Ergebnisse bei den Blutplättchen des Pferdes nicht gelangen konnte. Auf dem unten noch näher zu beschreibenden Dettjen-Agar, von dem wir annehmen müssen, dass er die Thrombocyten am längsten und besten konserviert, sind die Blutplättchen vielmehr meist in der Form von Spindeln, die einem ziemlich stark wechselnden Aussehen unterliegen, zu beobachten. Sie stellen sich entweder dar als wahre Spindeln von mehr oder weniger typisch ausgeprägter Form oder als Kugeln mit einer verschiedenen Anzahl von Ausläufern. Bald sind es deren nur zwei, die sich dann genau gegenüberstehen und so einen Übergang zur echten Spindel darstellen. Bald ist es nur einer, der dann meist sehr lang ist; bald sind es auch eine grössere Zahl, von denen dann aber in den weitaus meisten Fällen ein sich gegenüberstehendes Paar besonders stark entwickelt ist. Diese Formen sind aber nur zu Anfang in den Präparaten zu sehen; nach einigen Stunden scheinen diese grossen Ausläufer seltener zu werden, die Blutplättchen nehmen mehr Sternform an und zeigen dann allmählich jene Erscheinungen des Unterganges, die schon so häufig beschrieben worden sind.

Nach diesen Beobachtungen habe ich zunächst das Blut anderer Tierarten unter den gleichen Bedingungen auf das Vorkommen dieser Blutplättchenformen untersucht und konnte sowohl bei Meer-schweinchen wie beim Kaninchen auf dem Dettjen-Agar ganz der oben gegebenen Beschreibung entsprechende Gebilde nachweisen. Bei dem letzteren Tiere sogar in dem, beim Sedimentierenlassen des Blutes im eisgeköhlten paraffinierten Zylinder erhaltenen Plasma.

Dass diese Gebilde die wirkliche Form der Blutplättchen nicht sein können, lehrt eine einfache Überlegung, die durch die Beobachtung am Mikroskop völlig bestätigt wird. In den Agar-Präparaten, wo Strömungen sehr leicht gegen den Willen des Untersuchers zustande kommen, auf alle Fälle jedoch durch einen leisen Druck auf das Deckglas leicht zu erzielen sind, sieht man, dass die erwähnten feinen Ausläufer auf andere mit dem Strome

vorbei treibende Blutplättchen wie Fangvorrichtungen wirken und so zur Entstehung von kleinen Häufchen, ja wahren Kettchen führen können; alles Erscheinungen, für deren Auftreten innerhalb des zirkulierenden Blutes bisher keinerlei Anhaltspunkte gefunden wurden, die aber auch wegen der damit verbundenen Neigung zur Thrombose und der so bedingten Gefahr für das betreffende Tier schon an und für sich als ausgeschlossen gelten dürften. Tatsächlich konnte ich nun auch in ganz vereinzelt Fällen und sofort nach Herstellung der Präparate in diesen Blutplättchenformen nachweisen, von denen man annehmen darf, dass sie die ursprüngliche Gestalt derselben darstellen. Es waren zarte, schlanke, auf dem Querschnitt drehrunde Spindeln, an beiden Enden leicht knopfförmig verdickt. In unverändertem Zustande sind sie 6—7 μ lang, etwa 1 μ breit, zeigen keinerlei Färbung, sind klar, durchsichtig und erscheinen völlig strukturlos. So sieht man sie aber nur bei sorgfältiger Anwendung ganz bestimmter Vorsichtsmaassregeln. Und auch dann tritt immer noch recht bald die Veränderung ein, die zur Entstehung der gewöhnlich als Blutplättchen bezeichneten und beschriebenen Gebilde führt. Wir haben uns dabei die Zwischenstufen, die sich nur sehr schwer an ein und demselben Blutplättchen nacheinander verfolgen lassen, folgendermaassen zu denken. Zunächst spitzt sich die Spindel zu, sie wird kürzer und dicker; die vorher stumpfen Enden werden spitz und stellen so zwei feine Ausläufer dar. Daneben scheinen aber auch schon Veränderungen im Innern vorgegangen zu sein. Die zuerst völlig homogene Substanz der Spindel wird sehr feinkörnig, und ein scharf umgrenztes, feines, sehr stark lichtbrechendes und gelblich glänzendes Körnchen wird sichtbar. In diesem Zustande zeigen die Blutplättchen schon eine gewisse Neigung, sich zu Häufchen zu vereinigen, indem sie mit den Ausläufern aneinander hängen bleiben. Eine Eigenschaft, die beim nächsten Stadium schon stärker hervortritt. Dann hat sich der „Leib“ des Plättchens zu einer Scheibe (oder Kugel?) zusammengezogen; da jedoch die Länge der Spindel selbst dabei sich nicht zu ändern scheint, so gewinnen dadurch die Ausläufer immer mehr an Ausdehnung. Oft liegt aber auch die so entstandene, rundliche Verdickung nicht in der Mitte der ursprünglichen Spindel, sondern an einem Ende derselben oder aber ihm doch mehr oder weniger nahe; dadurch werden die Ausläufer ungleich lang, ja der eine kann völlig fehlen, während der andere die vierfache Ausdehnung des

Durchmessers des Körpers zeigt. Zuletzt lassen sich auch diese beiden grossen Fortsätze nicht mehr unterscheiden, das Ganze stellt sich vielmehr dem von oben auf dasselbe sehenden Beschauer als ein kleines, stark gekörntes, kreisähnliches oder ovales Gebilde dar. Ob dasselbe immer ein flaches Plättchen ist, wage ich mit der Sicherheit anderer Beobachter nicht zu entscheiden. Für einen Teil der Formen, die ich sah, ist diese Bezeichnung zweifellos zutreffend. Ob auch für den anderen, grösseren Teil, das scheint mir nach meinen Untersuchungen sehr zweifelhaft. Da man diese Tatsache jedoch nur an den sich wälzenden, mit dem Strome fliessenden Plättchen feststellen kann, diese Beobachtung jedoch aus naheliegenden Gründen immer mit ziemlichen Schwierigkeiten verbunden ist, so ist die Frage nicht leicht zu entscheiden. Ich möchte gegenüber der bisherigen Anschauung nur hervorheben, dass bei allen Stadien des Unterganges die Scheibenform sehr viel seltener zu beobachten ist, wie man seither angegeben hat. Meist sind es Kugeln, die, zackig begrenzt, nur eine Reihe von feinen, gleichmässig über die Oberfläche verteilten Spitzen erkennen lassen, die die bekannten Anhäufungen der Plättchen zum dichten Klumpen ausgezeichnet begünstigen. Doch lassen sich die einzelnen Plättchen innerhalb des Haufens immer noch deutlich unterscheiden. Sie verschieben sich noch gegeneinander, wenn irgendeine Strömung im Innern des Präparates auf sie einwirkt. Die für diese Gebilde charakteristische Klebrigkeit dagegen kennzeichnet ein neues Stadium des Zerfalls; die dann auftretenden Klümpchen zeigen ein viel dichteres Gefüge, und vor allem: sie haften sehr fest am Deckglas oder Objektträger.

Was die Geschwindigkeit anbetrifft, mit der dieser Untergang beim Pferde im Verhältnis zu anderen Tieren sowie zum Menschen vor sich geht, so lässt sich darüber zahlenmässig eine Angabe naturgemäss nur sehr schwer machen. Ich möchte aber doch behaupten, dass die in Frage stehenden Vorgänge beim Pferde immerhin nicht unwesentlich längere Zeit brauchen wie etwa beim Menschen.

Die Verfahren, deren ich mich bei meinen Untersuchungen bedient habe, waren folgende:

Die besten Resultate erhielt ich auf dem von Dettjen¹⁾ angegebenen Agar. Hier gelingt es bei Anwendung aller Vorsicht,

1) Untersuchungen über die Blutplättchen. Virchow's Arch. Bd. 164. Berlin 1901.

die ganz unversehrten Blutplättchen des Pferdes in ihrer reinen Spindelform festzustellen und alle die oben geschilderten Untergangsformen derselben zu beobachten. Das Verfahren besteht, kurz gesagt, darin, dass eine 1 %ige Agarlösung mit etwa 0,6 % NaCl 0,7 % NaPO_3 und 0,5 % K_2HPO_4 versetzt und die so erhaltene Masse in dünner Schicht zum Erstarren auf einen Objektträger ausgegossen wird. Auf diesen wird dann der Blutstropfen gebracht, das Ganze mit einem möglichst sorgfältig gereinigten Deckglase bedeckt und das Blut in dem so zwischen Agar und Deckglas entstehenden, sehr flachen Raume untersucht. Der Agar ist möglichst frisch zu benutzen. Auch darf die Metaphosphatlösung, die ihm zugesetzt wird, nicht älter wie drei Tage sein, da dieses Salz nach Helber¹⁾ sich in Lösung sehr leicht zersetzt. Vor allem aber ist eins zu betonen: das Blut ist nach seinem Austritt aus dem Gefäss so schnell wie irgend möglich zur Herstellung des Präparates gegen jede weitere Veränderung zu schützen. Selbst Bruchteile von Sekunden genügen, um alle Blutplättchen zu verändern, so dass dann das Suchen nach unversehrten Spindeln vielfach ergebnislos bleibt. Dabei scheint mir ebenso wie anderen Untersuchern die Austrocknung eine nur nebensächliche Rolle zu spielen. Der eigentliche Grund zu dem plötzlichen Untergang der Blutplättchen ist vielmehr in äusseren Einflüssen zu suchen, über die man bisher aber nur Vermutungen äussern konnte. Auch sind die Veränderungen meistens schon eingetreten, wenn das Blut nur langsam aus dem Stichkanal der Haut hervorquillt. Deshalb werden auch die wenigsten Präparate gelingen, die man von Blut herstellt, das beim Pferde tropfenweise aus angeschnittenen, kleineren Venen der Haut gewonnen ist.

Legt man jedoch weniger Wert darauf, die Blutplättchen in ihrer ursprünglichen, ganz unveränderten Gestalt zu sehen, so genügen die beiden folgenden Verfahren:

1. Man bringt nach Bürker²⁾ einen möglichst grossen Blutstropfen auf ein Stück gut geglätteten Paraffins und dieses sofort

1) Über die Zählung der Blutplättchen im Blute des Menschen und ihr Verhalten bei pathologischen Zuständen. Deutsch. Arch. f. klin. Medizin Bd. 81. Leipzig 1904.

2) Blutplättchen und Blutgerinnung. Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 102 S. 36. Bonn 1904.

in eine feuchte Kammer. Hier setzen sich nach kurzer Zeit die schwereren Blutbestandteile nach unten ab, und es gelingt leicht mit einem an die Kuppe des Tropfens gebrachten Deckglas, das darüber befindliche Plasma abzunehmen. Es zeigt dann die Blutplättchen in grossen Mengen, allerdings meist schon ziemlich stark verändert. Es ist hier noch zu erwähnen, dass im Gegensatz zum Menschen, bei dem man nach Bürker 20—30 Minuten absetzen lassen soll, die Scheidung beim Pferdeblut aus weiter unten noch zu erwähnenden Gründen in bedeutend kürzerer Zeit, meist schon nach 10 Minuten fast völlig beendet ist.

2. Zur Gewinnung grösserer Mengen von blutplättchenhaltigem Plasma ist das Absetzenlassen des Blutes in gut paraffiniertem Zylinder in der Kälte vorzüglich geeignet. Das Pferdeblut zeigt bekanntlich ein von dem Blut aller anderen daraufhin untersuchten Säugetierarten wesentlich verschiedenes Verhalten. Während wir z. B. beim Kaninchenblut nach 24stündigem Stehen kaum den zehnten Teil der ganzen Blutsäule an Plasma erhalten haben mögen, betrug beim Pferdeblut das Verhältnis zwischen dem Plasma und der abgesetzten roten Schicht im Durchschnitt einer Reihe meiner Versuche (das Blut verschiedener Individuen zeigte dabei unter gleichen Bedingungen ziemlich grosse Unterschiede) nach 24stündigem Stehen

$$3 : 2$$

und auch nach sechsstündigem Stehen schon

$$2 : 3.$$

Die Abscheidung der roten Blutkörperchen ist jedoch nie eine vollständige. Selbst nach 22stündigem Stehen fand ich beim schichtweisen Absaugen des Plasmas in allen Höhen desselben noch rote Blutkörperchen, zwar stets einzeln liegend, doch fast in jedem Gesichtsfelde des Präparates. Auch weisse Blutkörperchen sind in dem gleichen Plasma etwa in gleicher Zahl wie die Erythrocyten zu finden. Untersucht man jedoch schon nach nur zweistündigem Stehen, so sind die Leukocyten sogar weit in der Überzahl gegenüber den Erythrocyten. Sie senken sich erst allmählich und bilden dann, etwa nach fünfständigem Absetzen, die bekannte, oft mehrere Millimeter starke, graue Schicht. Auch die Blutplättchen folgen langsam der Schwerkraft, doch immer nur ganz unvollständig. Sowohl die grösseren Haufen wie die einzelnen Gebilde. Ich möchte daraus jedoch keinen Schluss auf ihr spezifisches Gewicht ziehen. Verschiedene Tatsachen sprechen vielmehr dafür, dass dasselbe doch

grösser ist, wie es nach diesem einfachen Versuche den Anschein erwecken könnte. Zwar hat Laker¹⁾ im strömenden Blute des ausgespannten Fledermausflügels die Blutplättchen, die äusserste Schicht des Axialstromes bilden und sie langsamer fließen sehen wie die Erythrocyten. „Aus diesem Verhalten lässt sich“, wie er sagt, „der Schluss ziehen, dass die Blutscheibchen ein geringeres spezifisches Gewicht haben als die roten Blutkörperchen.“ Andererseits berichtet Eberth und Schimmelbusch¹⁾ sowie Bizzozero¹⁾, die hauptsächlich mit Mesenterien der verschiedensten Versuchstiere unter Anwendung möglicher Vorsichtsmassregeln arbeiteten, übereinstimmend, dass die Blutplättchen bei unveränderter Zirkulation im Gefäss des lebenden Tieres zusammen mit den spezifisch schweren Erythrocyten im Axialstrom dahinfließen, was nur bei annähernd ähnlichem spezifischem Gewicht der beiden Blutbestandteile denkbar erscheint. Man hat demnach das langsame Absetzen im Plasma auf die feinen Ausläufer und die unregelmässig zackige Form der veränderten Plättchen zurückzuführen, die, ähnlich wie bei vielen Formen der niedrigsten Organismen, als Schwebevorrichtung dienen.

Ich habe versucht, auch zu ermitteln, warum das Absetzen der roten Blutkörperchen des Pferdes so schnell erfolgt. Es lag nahe, das spezifische Gewicht derselben mit den roten Blutkörperchen anderer Tierarten zu vergleichen, indem man die Geschwindigkeit vergleicht, mit der sie sich in der gleichen physiologischen Kochsalzlösung senken, mit der das betreffende Blut verdünnt worden ist. Aber schon Brat²⁾ wies nach, dass man dieses Verfahren zu vergleichenden Untersuchungen nicht heranziehen kann, da die Verschiedenheit der biologischen Eigenschaften der roten Blutkörperchen bei den verschiedenen Tierarten so weit geht, dass mit der gleichen Kochsalzlösung verdünntes Pferdeblut eine Verzögerung, Rinderblut dagegen eine Beschleunigung der Senkung der roten Blutkörperchen erfuhr.

Ich musste deshalb einen anderen Weg einschlagen und habe zu diesem Zwecke eine Reihe von Bestimmungen des spezifischen Gewichtes nach der Benzol-Chloroform-Methode Hammerschlag's vorgenommen. Dieselben ergaben folgende Zahlen:

1) A. a. O.

2) Über Senkung und Agglutination von Blutkörperchen. Zeitschr. f. klin. Medizin Bd. 56. Berlin 1905.

	Pferd	Mensch n. Engel
Blut	1,057	1,058
Serum	1,0247	1,028
Plasma	1,028	—
Roter Blutkörperchenbrei .	1,087	1,088

} nach 7 stünd.
Stehen

Trotzdem diese Untersuchung noch nicht an einer genügenden Zahl von Fällen ausgeführt ist, kann ich sie hier doch schon anführen, denn sie zeigen untereinander ziemlich gute Übereinstimmung. Die von Engel¹⁾ angegebenen entsprechenden Zahlen für den Menschen habe ich in der zweiten Spalte zum Vergleich hinzugefügt.

Das spezifische Gewicht der roten Blutkörperchen des Menschen ist nach Landois²⁾ 1,105. Um nun die entsprechende Zahl für das Pferd zu finden, habe ich folgenden Gang der Berechnung eingeschlagen: Das oben angegebene spezifische Gewicht des Blutkörperchenbreies bezieht sich auf ein Verhältnis desselben zum Plasma wie 65 : 35. Das richtige Verhältnis der roten Blutkörperchen zum Plasma beträgt jedoch beim Pferde nach Untersuchungen aus Hoppe-Seyler's Laboratorium 32,6 : 67,4. Demnach setzt sich in unserem Falle der rote Blutkörperchenbrei zusammen aus 32,6 Teilen eigentlicher roter Blutkörperchen und 65 — 32,6 = 32,4 Teilen Plasma, also aus völlig gleichen Teilen. Wir können demnach die folgende Gleichung aufstellen:

Spez. Gewicht des Plasmas + spezif. Gewicht der roten Blutkörperchen = doppeltem spezifischem Gewicht des roten Blutkörperchenbreies oder $1,028 + x = 2 \cdot 1,868$; daraus ergibt sich

$$x = 2,1736 - 1,0278 \text{ oder}$$

$$x = 1,1458$$

als spezifisches Gewicht der Erythrocyten des Pferdes.

Ich bin mir zwar vollkommen bewusst, dass diese Art der Bestimmung aus verschiedenen Gründen zu keinem sehr genauen Ergebnis führen kann, doch halte ich es immerhin für hinreichend genau, um daraus die Schlüsse zu ziehen, wegen deren ich die ganze Betrachtung angestellt habe. Ob man mit dem ja von der entsprechenden Zahl beim Menschen recht verschiedenen spezifischen Gewicht der Erythrocyten des Pferdes jedoch ein so verschiedenes

1) Leitfaden zur klinischen Untersuchung des Blutes. Berlin 1902.

2) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 10. Aufl. Berlin 1900.

Verhalten beim Absetzen des Blutes hinreichend begründen kann, ist für mich immerhin noch fraglich. Ich glaube vielmehr, dass auch die Blutplättchen dabei eine gewisse Rolle spielen; denn es ist wohl zu verstehen, dass die im Plasma schwebenden, zackig veränderten Blutplättchen dem Niedersenken der anderen Blutbestandteile einen gewissen Widerstand entgegensetzen, und dass dieser Widerstand um so grösser ist, je schneller und stärker dieser dritte Formbestandteil des Blutes seine Veränderungen eingeht. Da wir allen Grund haben, anzunehmen, dass diese beim Pferde verhältnismässig langsamer zustande kommen wie bei den anderen in dieser Hinsicht bekannten Tieren, so wäre somit eine weitere Erklärung für das eigentümliche Verhalten des Pferdeblutes gegeben.

Es wäre auffallend, wenn die am Anfang dieses Aufsatzes wiedergegebenen Beobachtungen über die Form der Blutplättchen in der Literatur noch keinerlei Beschreibung gefunden hätten. Zwar stellen sich fast alle Beobachter ausdrücklich auf den Standpunkt, dass die unveränderten Thrombocyten flache Scheiben seien, und niemand hat bisher dieser Behauptung Widerspruch entgegengesetzt. Nichtsdestoweniger finden sich in der Literatur eine ganze Reihe von Angaben, die an sich schon Bedenken gegen diese landläufige Annahme erregen müssen. So schreibt schon Bizzozero¹⁾: „Die Blutplättchen des Hundes sind gross, deutlich und dabei manchmal von so gestreckter, ovaler Form, dass ihre Längsachse den Durchmesser eines roten Blutkörperchens übertrifft.“ Dekhuyzen²⁾ gibt drei Abbildungen solcher „Spindelzellen“ vom Menschen und vom Kaninchen, wie er sie nach Fixierung des Blutes in einem Osmiumsäuregemisch erhalten hat, die ganz denen des Pferdes entsprechen. Van Emden³⁾ beschreibt ebenfalls beim Menschen im Gegensatz zu den die gewöhnliche Form der Blutplättchen bildenden, runden oder ellipsförmigen opaken Scheibchen „grössere Plättchen, die oft eine Wurstform haben, sehr deutlich feinkörnig sind und vielfach ein exzentrisch liegendes, lichtbrechendes Fleckchen zeigen, wie ein solches schon von Hayem beschrieben worden ist.“ Auch Bürker⁴⁾ bezeichnet die Thrombocyten als „meist runde, schwach

1) A. a. O.

2) Über die Thrombocyten. Anatomischer Anzeiger Bd. 19. Jena 1901.

3) Klinische Untersuchungen über die Blutplättchen. Fortschritte der Medizin. Berlin 1898.

4) A. a. O.

bikonvexe Scheibchen, und das ist wohl die normale Form, daneben aber auch noch als Bläschen- oder spindelförmige Gebilde mit ein oder mehreren Fortsätzen.“ Dekhuyzen beschreibt die „stäbchenförmigen blaugefärbten Kernchen der Thrombocyten etwa 4μ lang“.

Es liegt nun sehr nahe, die endgültige Entscheidung über die eigentliche Form des dritten Blutformbestandteiles in den Arbeiten zu suchen, die sich mit der Beobachtung desselben im strömenden Blute des lebenden Tieres befassen, in erster Linie also in dem klassischen Werke von Eberth und Schimmelbusch. Aber auch hiermit kommt man zu keinem eindeutigen Resultate. Diese Forscher beschreiben zwar ebenso wie ihre Vorgänger die „unversehrten Blutplättchen als dünne, glatte, farblose Scheiben, die homogen erscheinen“. Die Berechtigung, diese Beschreibung als unzutreffend in Zweifel zu ziehen, geben diese Autoren ihren Lesern aber selbst in den zahlreichen Abbildungen, die sie ihrer Abhandlung beifügen. Hier sind die Blutplättchen fast nur als kleine, schlanke Spindeln wiedergegeben, einerlei ob sie frei zirkulieren oder an der Gefäßwand haften. In den meisten Bildern sieht man die Kreisform, also die angebliche Aufsicht auf das Plättchen überhaupt nicht, in den wenigen, wo sie zu finden ist, überwiegt die „seitliche“ Ansicht bei weitem an Zahl. Die Annahme, dass die Untersucher wohl die richtige Spindelform gesehen, sie jedoch unter dem Einfluss der Untersuchungsergebnisse am extravaskulären Blute falsch gedeutet haben, ist deshalb sehr naheliegend, zumal da nicht einzusehen ist, warum die Thrombocyten ausserhalb des Gefässes sich stets flach legen, im zirkulierenden Blute jedoch sich stets senkrecht zum Gesichtsfeld einstellen sollen. Das für die Arbeit von Eberth und Schimmelbusch Gesagte gilt auch wörtlich für die Ausführungen und Zeichnungen Bizzozero's. Auch er gibt die Thrombocyten in seinen Zeichnungen zum ganz überwiegenden Teil in der „Seitenansicht“ wieder.

Diese Widersprüche veranlassten mich zum Versuche, auch beim Pferde die Thrombocyten im zirkulierenden Blute zu beobachten. Dem zu diesem Zwecke in den Vinsot'schen Operationstisch gebrachten Anatomiepferde wurde nach Flankenschnitt der Darm aus der Bauchhöhle entnommen. Das Darmgekröse erwies sich jedoch als zu dick, die ganze Versuchsanordnung als viel zu schwierig und umständlich, als dass auf diesem Wege etwas zu erreichen gewesen wäre.

Es kann nun gegen die Auffassung, dass wir als die wahre Gestalt der Thrombocyten die Spindelform anzusehen haben, eingewendet werden, dass die Blutplättchen in einer Reihe von Konservierungsmitteln, ich nenne in erster Linie die Formollösung Kemp's¹⁾, zweifellos die allgemein angegebene Form der Scheibchen zeigen. Andererseits ist jedoch zu betonen, dass gar kein Anlass dazu vorliegt, anzunehmen, dass diese Konservierungsflüssigkeiten die Thrombocyten auch tatsächlich in ihrer wahren Gestalt konservieren, dass sie an ihrer Form keinerlei Veränderungen veranlassen. Bedenken wir doch, dass man sich sogar über die eigentliche Form der roten Blutkörperchen, Riesen gegenüber den empfindlichen Thrombocyten, noch lange nicht einig ist, dass die verschiedene Gestalt derselben in den verschiedenen Fixierungsflüssigkeiten wesentlich voneinander abweichende Beurteilungen durch die einzelnen Forscher erfährt.

Man hat zwar in neuester Zeit den Ausdruck Spindelzellen auch so schon von dem mit diesem Namen bezeichneten Blutbestandteile der niederen Tiere auch auf die entsprechenden Gebilde des Säugetierblutes übertragen und, meiner Überzeugung nach, mit vollem Recht. Besonders Dekhuyzen, der sich gerade dadurch ein grosses Verdienst erworben hat, tut dies, ohne jedoch die Berechtigung zum Gebrauch dieses Ausdruckes nachzuweisen und ohne eine Erklärung zu geben für die ganz verschiedenen Formen der Blutplättchen, die er z. B. in seiner Fig. 4 abbildet, wo er runde und sternförmige Plättchen mit den schon erwähnten eigentlichen Spindeln zusammenstellt.

Fassen wir dies alles zusammen, so kann man wohl sagen, dass alles für eine wahre Spindelform der Blut-„Plättchen“ spricht, für die Scheibenform jedoch nichts wie das Vorurteil, in dem seit einem Vierteljahrhundert jeder Untersucher von vornherein unter dem Einfluss eines unpassend gewählten Ausdruckes befangen ist.

II. Gerinnungszeit des Pferdeblutes.

Das auffällige Verhalten des Pferdeblutes bei der Gerinnung einerseits, die engen Verbindungen, die manche Forscher [Bürker²⁾,

1) La numération des plaquettes du sang et la relation des plaquettes et des leucocytes avec la coagulation. Arch. italiennes de Biologie t. 36. Turin 1901.

2) A. a. O.

E. Pflüger, Archiv für Physiologie. Bd. 123.

Morawitz¹⁾] zwischen Thrombocyten und Blutgerinnung aufgefunden zu haben glauben, andererseits, liessen es mir gelegentlich des Studiums der Pferdeblutplättchen geraten erscheinen, auch diesem Thema durch Versuche am Pferdeblut näher zu treten. Es muss sich dabei naturgemäss in erster Linie um die möglichst genaue Festlegung der Gerinnungszeit handeln, da die Angaben über dieselbe in der Literatur spärlich, ungenau und sehr allgemein gehalten sind. Ich bediente mich zu diesem Zwecke des Bürker'schen Apparates²⁾ zur Ermittlung der Blutgerinnungszeit, wobei ich allerdings durch die Verhältnisse gezwungen eine Reihe von Änderungen in dem Verfahren bei Benutzung desselben eintreten lassen musste. Die Schwierigkeiten, die dabei zu überwinden sind, sind, wie so vielfach bei Versuchen an den den Veterinärmediziner in erster Linie interessierenden grossen Haustieren sehr viel grösser als beim Menschen. Während wir bei diesem in der Fingerbeere eine Stelle haben, bei der eine Blutentnahme das nötige Material liefert, ohne dass irgendwelche Gefahren für das Versuchsobjekt damit verknüpft wären, blieb mir bei Pferden nach allen Versuchen als einziger Weg die Entnahme mit der Hohnadel aus der Vena jugularis übrig, ein Verfahren, das jedoch die Grenzen des zur Verfügung stehenden Materials an Versuchstieren wesentlich beschränkt. Ich habe deshalb meine Versuche in der Hauptsache nur an den sogenannten Anatomiepferden ausführen können und nur zur Kontrolle der bei diesen alten, abgemagerten Tieren erhaltenen Ergebnisse auch einige Patienten der Chirurgischen Klinik benutzt, die zwecks Behandlung von Leiden eingestellt wurden, von denen man mit Sicherheit annehmen konnte, dass sie keinerlei Veränderungen im Verhalten des Blutes bedingen.

Der Aderlass geschah mit der Dieckerhoff'schen Hohnadel mit einer lichten Weite von etwa 3 mm, die nach jedesmaliger peinlicher Reinigung durch strömendes Wasser bis zum nächsten Versuche in Paraffinum liquidum gelegt wurde, aus dem sie erst kurz vor dem Versuch wieder entnommen wurde. Das an ihr haftende Paraffin wurde durch Ausschleudern entfernt und dann sofort zur Operation geschritten. Ich glaube so am besten eine jede unnötige Berührung des Metalls mit dem Blute verhindert zu haben.

1) Beiträge zur Kenntnis der Blutgerinnung. Deutsch. Arch. f. klin. Medizin Bd. 79. Leipzig 1904.

2) Ein Apparat zur Ermittlung der Blutgerinnungszeit. Pflüger's Arch. Bd. 118. Bonn 1907.

Da das sofortige Einbringen des Blutes in den Apparat ohne Zwischenträger, wie dies nach Bürker's Vorschrift beim Menschen geschehen muss, beim Pferde nicht möglich ist, teils weil der Ausfluss aus der Hohnadel, wenn der Versuch gelingen soll, nicht tropfenweise, sondern in dickem Strome zu erfolgen hat, teils weil die Unruhe der Tiere es unmöglich macht, ihnen mit dem Apparat so nahe auf den Leib zu rücken, so musste ich das Blut in kleinen, innen gut mit festem Paraffin ausgegossenen Schälchen auffangen; ich benutzte dazu meist die bekannten Einbetteklötzchen. Aus diesen erfolgt dann die Übertragung des gewünschten Tropfens in den Apparat mit Glasröhren von etwa 0,4 cm l. W., die innen vollständig und aussen an ihrem unteren Ende sorgfältig mit hartem Paraffin überzogen sind. In sie wird eine kleine Menge Blutes aufgezogen und dann sofort ein Tropfen davon in den Apparat geblasen. Die weitere Bestimmung erfolgt nach Bürkers Vorschrift. Nur habe ich von jeder Verdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung abgesehen und in den ersten 5 Minuten des Versuches statt jede halbe Minute nur jede Minute den Deckel zwecks Umrühren vom Apparat genommen. Das letztere geschah, weil dadurch die Temperatur des Tropfens unzweifelhaft sehr viel gleichmässiger gehalten wird, eine Gerinnungszeit unter 5 Minuten aber bei einer Temperatur unter 40° C niemals von mir beobachtet worden ist. Auf eine Verdünnung habe ich verzichtet, teils weil es dann schwerer gewesen wäre, den Tropfen aus der Pipette so klein zu erzielen, dass kein Übertritt des verdünnten Blutes aus dem Hohlsliff eintritt; hauptsächlich aber, weil durch diese Verdünnung der Zeitpunkt des Eintritts der Gerinnung verdeckt wird, dessen Feststellung beim Pferde an sich schon Schwierigkeiten macht. Das Pferdeblut zieht nämlich schon sofort nach seinem Austritt aus dem Gefässe lange Fäden, die im Aussehen nur wenig von dem eben auftretenden Fibringerinnseln sich unterscheiden. Bei höherer Temperatur, etwa von 30° C aufwärts, tritt die Gerinnung zwar so schnell ein, dass sie im allgemeinen einen Zweifel über den Zeitpunkt derselben nicht aufkommen lässt. Es bilden sich sofort dicke Klumpen von geronnenem Blute, die mit dem Glasstäbchen leicht hervorgezogen werden. Bei Temperaturen unter 30° C jedoch, und je geringer die Temperatur, um so mehr, haben sich die roten Blutkörperchen schon teilweise oder völlig sedimentiert, wenn die Gerinnung eintritt. An dem darüberstehenden Serum aber lässt sich der Zeitpunkt der Gerinnung nur schwer feststellen. Ich betrachtete

diesen als gekommen, wenn das Glasstäbchen auf dem erwähnten Bodenbelage von roten Blutkörperchen nicht mehr feine Striche, genau so breit wie der Kopf des Stäbchens zurücklässt, sondern breite zackige Fetzen aus ihm herausreisst.

Ein weiterer Missstand bei diesen Versuchen am Pferde liegt darin, dass man nur zwei Aderlässe an jedem Tiere ausführen kann; jeder weitere Versuch an derselben Seite ergibt eine wesentlich herabgesetzte Gerinnungszeit, die selbst nach 8 Tagen noch nachzuweisen ist. Ich gebe als Beispiel dafür folgenden Versuch an:

12. Dezember 1907.

	I.	II.
Beginn des Versuches	3 h 18'	3 h 50'
Temperatur während des Versuches . . .	30 ° C	25 ° C
Gerinnungszeit	14'	12 1/2'.

Bei beiden Versuchen geschah die Blutentnahme aus der rechten Vena jugularis, bei Versuch I etwa beim Übergang des mittleren zum oberen Drittel des Halses. Bei Versuch II etwa 5 cm kranial von der Entnahmestelle von I.

Ich kann für diesen auffallenden Umstand eine Erklärung nur finden in der bei der Sektion immer mehr oder weniger stark nachweisbaren Durchtränkung des Gewebes der Unterhaut durch das auch nach dem Verschluss der Haut noch austretende Blut, und Umsetzungen in demselben, die zur Entstehung von Gerinnung beschleunigenden Stoffen führen, die dann in der Hohlneedle mit in die Vene eingeschleppt werden und sich so dem Blute beimischen. Über die Natur dieser Stoffe kann ich allerdings keinerlei Mitteilungen machen. Bei der grossen Rolle, die von Alexander Schmidt an bis zu den neuesten Theorien über die Blutgerinnung, Fermente aus den Körperzellen in dem Gerinnungsvorgange spielen, erscheint diese Annahme jedoch nicht unwahrscheinlich. So weist auch Pratt¹⁾ darauf hin, dass bei fehlerhaft ausgeführten Versuchen sehr häufig eine Beschleunigung der Gerinnungszeit zu beobachten sei: „Der Grund dürfte darin liegen, dass die Gerinnung beschleunigt wird, wenn das Blut zu Körperzellen in Beziehung tritt.“ Ein solcher Fehler braucht, wie Bürker durch Versuche nachweist, beim Menschen nicht befürchtet zu werden, wo ein und derselben Fingerbeere nacheinander mehrmals Blut entzogen werden darf; die Er-

1) Beobachtungen über die Blutplättchen und die Gerinnungszeit des Blutes. Arch. f. experiment. Pathol. u. Pharmacol. Bd. 49. Leipzig 1903.

klärung für das so sehr abweichende Verhalten beim Pferde darf wohl in der starken Entwicklung des lockeren Bindegewebes der Unterhaut und in der beim Versuche nicht zu vermeidenden Verschiebung der Haut gesucht werden, welche Umstände die Entstehung der Infiltration weitgehend unterstützen.

Die auf oben beschriebene Weise erhaltenen Versuchsergebnisse beim Pferde habe ich in Fig. 1 zusammengestellt. Es bleiben nach

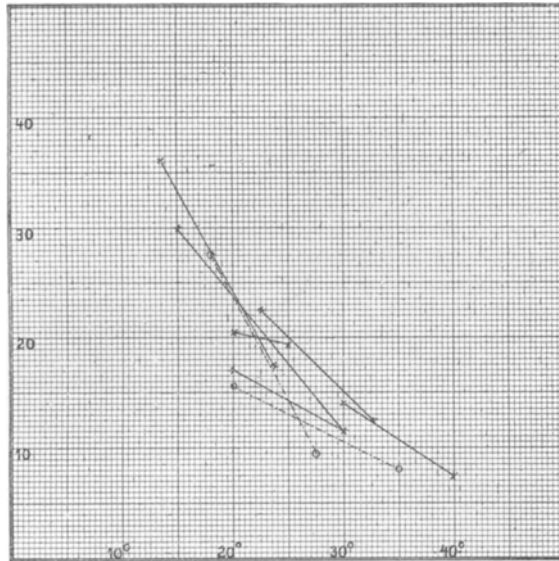


Fig. 1.

Abzug einiger wesentlich abweichender, aber immer durch Versuchsfehler zu erklärender Resultate acht Versuchspaare an ebensoviel Tieren. Die Kreuze bezeichnen die Untersuchungen an Anatomiepferden, die Kreise geben die Versuche an den vorhin erwähnten Patienten der Chirurgischen Klinik wieder. Die einzelnen Versuche weisen zwar nicht unerhebliche Schwankungen auf. Ich glaube dieselben aber durch die infolge des verwickelteren Versuchsverfahren bedingten höheren Versuchsfehler, durch die sicherlich vorhandenen individuellen Unterschiede sowie durch die nach analogen Erscheinungen beim Menschen als sicher anzunehmenden Schwankungen mit der Tageszeit erklären zu können.

Es ist unter diesen Umständen nun nicht möglich, für das Pferd eine so genaue für das einzelne Tier bestimmte Kurve festzulegen, wie sie Bürker beim Menschen angeben konnte. Ich

habe trotzdem eine solche Kurve auch für das Pferd zusammenzustellen versucht und gebe sie zusammen mit der Bürker'schen Kurve für den Menschen in Fig. 2 wieder. Sie zeigt, dass die Gerinnungszeit beim Pferde niemals unter die doppelte Zeit beim Menschen fällt, zum Teil sogar nicht unwesentlich über derselben liegt.

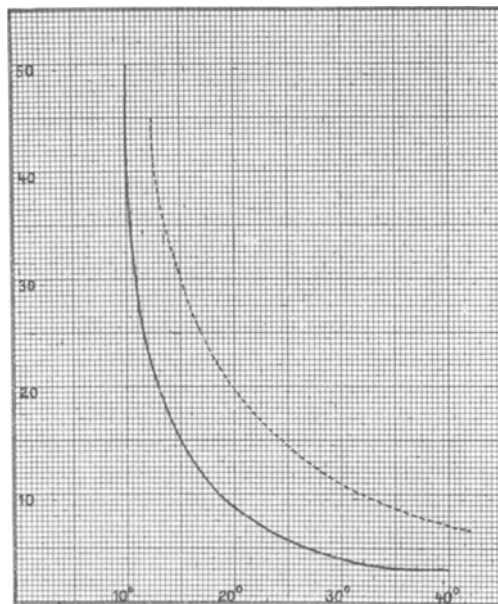


Fig. 2.

Ein direkter Vergleich zwischen den so erhaltenen Ergebnissen beim Pferde und den von Bürker für den Menschen angegebenen Zahlen halte ich für erlaubt. Die Änderungen der Versuchsanordnung können wohl kleine Abweichungen bedingen, doch dürfen dieselben nur sehr gering eingeschätzt werden, da, wie Bürker nachgewiesen, das Fehlen der Verdünnungsflüssigkeit ohne Einfluss auf die Gerinnungszeit ist, das weniger häufige Umrühren des Blutes in den ersten fünf Minuten, ebenfalls nach Bürker, nur einen sehr unbedeutenden Einfluss haben kann.

Entsprechende Versuche an anderen Equidenarten behalte ich mir vor zwecks Nachprüfung der Frage, ob diese für das Pferd nachgewiesene Eigentümlichkeit der verzögerten Gerinnungszeit auch für die anderen dieser Familie angehörigen Tiere zutrifft.