

(Aus dem Laboratorium für pathologische Physiologie des Leningrader med. Institutes. — Vorstand: Prof. Dr. S. Chalatow.)

Experimentelle Untersuchungen über die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten im Blute verschiedener Abschnitte des Gefäßsystems.

Von
Dr. Raphael Gawrilow.

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 10. April 1928.)

Wie viele andere, auf den ersten Blick einfach erscheinende Lebenserscheinungen hat auch das Senkungsphänomen der roten Blutkörperchen noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Ein alle Seiten dieser bemerkenswerten Erscheinung umfassendes Riesenschrifftum gibt keine Antwort auf die Grundfrage über das Wesen und die Ursache der Veränderung der Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten. Darüber fällt auch der Umstand auf, daß eine Reihe verschiedener Ursachen häufig zu Beschleunigung der Senkung führt, während Verzögerung der Senkung eine recht seltene Erscheinung ist.

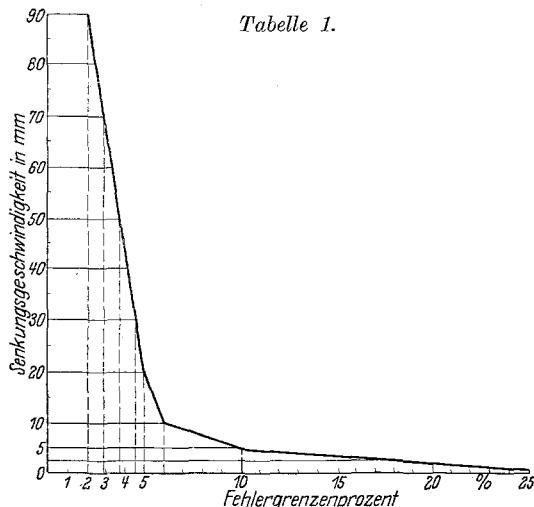
Sofern als Untersuchungsmaterial zumeist das peripherische Blut dient, drängt sich die Frage auf, ob aus der Senkungsgeschwindigkeit im peripherischen Blut immer auf den Typus der Senkungsgeschwindigkeit in der Gesamtmasse des Blutes geschlossen werden kann. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die physiko-chemische Struktur des Blutes verschiedener Körpergebiete verschieden und zudem noch wenig erforscht ist, liegt a priori die Annahme nahe, daß die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten des peripherischen Blutes und derjenigen des abströmenden Organblutes verschieden sein kann. Ein Unterschied wird offenbar in den Fällen beschleunigter S.R. besonders deutlich ausgeprägt sein. In dieser Richtung ist diese auffallende Frage noch gar nicht bearbeitet worden.

Von diesen Überlegungen ausgehend, unternahm ich eine Reihe von Versuchen an verschiedenen Tieren und hauptsächlich an Katzen. Zunächst sollte geklärt werden, ob unter normalen Verhältnissen die S.R. des peripheren Blutes im Vergleich zu derjenigen des Organblutes verschieden ist und in welcher Weise sich das bei den verschiedenen Tieren äußert. Ferner wollte ich die Frage angehen, wie sich das Blut verschiedener Gefäße unter solchen physiologischen Zuständen ver-

hält, welche beschleunigte S.R. erwarten lassen, wie die Verdauung und endlich sollte die S.R. bei manchen pathologischen Zuständen geprüft werden.

Bei *Frenckell* und *Wyssotzky* finden wir Angaben, daß beim Vergleich der S.R. im peripherischen Blut mit derjenigen des Leber-, Milz- und Nierenblutes dieselbe im Leberblut beträchtlich und überhaupt im Organvenenblut verzögert ist.

Versuchsverfahren und operative Technik. Die Versuche wurden ausschließlich an gesunden Tieren gemacht. In allen Fällen handelte es sich um den akuten Versuch, ohne Narkose, weil letztere bekanntlich auf die S.R. verzögernd einwirkt. Die Blutmenge betrug 2 ccm für jede Vene, entsprechend dem *Westergren*-schen Verfahren. Der Blutentnahmestiel aus der Jugularis folgte unmittelbar Laryngotomie längs der L. alba mit Punktionsöffnung in folgender Reihenfolge: Lebervene, Pfortader, Milzvene, untere Hohlvene und in einigen Fällen noch Nierenvene und Aorta. Bei dieser Reihenfolge der Blutentnahmestiele war es ausgeschlossen, daß die Punktionsöffnung eines höher gelegenen Gefäßes unmittelbar die S.R. beeinflussen konnte. Daß das akute Trauma auf die S.R. nicht einwirkt, haben *Frenckell* und *Wyssotzky* gezeigt und dies konnte von mir bestätigt werden.



Methodologisch am wichtigsten ist die Entnahme unvermischten Lebervenenblutes, indem es bei der üblichen Punktion schwierig ist, eine Rückansaugung aus der unteren Hohlvene zu vermeiden, und damit eine Fehlerquelle nicht ausgeschlossen ist. Nach einer Vorprüfung verwendete ich das ungemein wertvolle Verfahren der transthorakalen Lebervenenpunktion nach *G. Frenckell*, welches reines Lebervenenblut in erheblicher Menge liefert. Ein großer Vorzug besteht hier darin, daß nach dem Ausstich durch das Zwerchfell die Nadel unter einem sehr spitzen Winkel in die Lebervene eindringt und sogar innerhalb der Leber eingeführt werden kann, so daß eine Beimischung von Cavablut ausgeschlossen ist. In mehrfachen Prüfungen punktierte ich transthorakal gleichzeitig mit der Lebervene auch den unter dem Zwerchfell gelegenen Abschnitt der Hohlvene und in der üblichen Weise den supradiaphragmalen Cavaabschnitt, wobei die drei Blutteile verschiedene S.R. gegeben haben.

Das Verfahren nach *Westergren* wählte ich deswegen, weil ich es für das genauere und mehr objektive halte. Bei geringer Senkungsgeschwindigkeit ist es die Methode der Wahl, indem das andere übliche Verfahren nach *Linzenmeyer* hier einen recht zweifelhaften Befund gibt, insofern eine Berechnung der Fehlergröße dabei nicht möglich ist. Es ist unverständlich, daß dieser Umstand in der großen Zahl der Arbeiten über die S.R. nicht beachtet wird, hat doch eine eingehende experimentelle Prüfung gezeigt, daß selbst bei dem besseren Verfahren nach *Westergren* für die geringen Senkungsgeschwindigkeiten die Fehlergröße beträchtlich ist. Mit dem Ansteigen der Senkungsgeschwindigkeit nimmt die Fehlergröße rasch ab bis zu 2—3%. Die Kurve (Tab. 1) gibt den Abfall der Fehlergröße im Prozentverhältnis wieder, wobei die Abszisse die höchsten Fehlerwerte, die Ordinate die Senkungsgeschwindigkeiten bedeutet. Diese Kurve ist der Zerlegung der Befunde zugrunde gelegt.

Die S.R. für verschiedene Gefäße bei normalen Tieren.

Den Versuchen dienten gesunde Katzen, Hunde und Meerschweinchen, mit Blutentnahme im Nüchternzustand. Die Senkungsgeschwindigkeit wurde nach 1, 2 und 24 Stunden aufgezeichnet, in einem Teil der Fälle nach 1, 2, 3, 4, 6 und 24 Stunden. Die Befunde sind auf Tab. 2 wiedergegeben in Durchschnittswerten

$$\text{für 1 Stunde, berechnet nach der Formel } \frac{a + \frac{b}{2}}{2} \quad (a = \text{S.R. für die 1. Stunde, } b = \text{S.R. für 2 Stunden})$$

aus der Tabelle geht hervor, daß bei Katzen in der Norm die Senkungsgeschwindigkeit sehr verschieden ist. Zumeist schwankt die S.-R. zwischen 2—12 mm, jedoch in manchen Fällen steigt sie bis zu 67,0 mm pro Stunde an. Das ist wohl auf Konstitutionseigenheiten der Tiere zurückzuführen.

Was die uns unmittelbar beschäftigende Frage anlangt, so sehen wir, daß im peripherischen Blut die S.R. zumeist verschieden ist von denjenigen im Organblut. Der Unterschied ist recht groß für die hohen Senkungsgeschwindigkeiten. Setzen wir die S.R. des peripherischen Blutes mit 100% an und errechnen die entsprechenden Werte für das Organblut, so zeigt das peripherische Blut zumeist die größere Senkungsgeschwindigkeit und nur ausnahmsweise eine geringere als das Blut der anderen untersuchten Gefäße (Versuch Nr. 4 und zum Teil Nr. 8). Nach Ausschluß des Höchstfehlers für jeden der Fälle, finden wir für die verschiedenen Gefäße folgende summarische Werte:

Lebervene. In 11 Fällen betrug die Beschleunigung der S.-R., im Vergleich zu denjenigen des Jugularblutes, 1 mal 40%, 6 mal war die S.R. verzögert (um 3 bis 12%, im Versuch Nr. 7 um 50%).

Pfortader. In 9 Fällen war 2 mal die Senkungsgeschwindigkeit größer als im Jugularblut (um 11,5—80%) und 4 mal geringer (um 3,5—9% und um 39—45%).

Milzvene. In 12 Fällen war die S.R. 1 mal beschleunigt um 12% und 7 mal verzögert (um 2—6%; 19,5—28% und 38—51%).

Lehrreich ist der Befund an dem System der unteren Hohlvene, wenn die S.-R. für den unteren Anteil der Cava (unterhalb des Eintrittes der Nierenvenen) und für denjenigen oberhalb der Lebervene verglichen wird.

Untere Hohlvene (oberhalb der Lebervene). Hierher gehören 7 Fälle. In Versuch Nr. 8 war die Beschleunigung 29% im Vergleich zum Jugularblut. Die anderen Fälle gaben Verzögerung der S.R. um 14—16%; 25%; 44—49% und 59%.

Tabelle 21.

¹ Abgelesen in mm nach Westergren und angegeben in % im Bezug auf die V. jugularis.

Untere Hohlvene (unterhalb der Nierenvenen). In 7 Fällen, 1 mal (Nr. 8) unerhebliche Beschleunigung um 4%, und 4 mal Verzögerung um 8,5—15% und 25—48%.

Nierenvene. Insgesamt 3 Versuche mit Verzögerung der S.R. (um 9—38%) in 2 Fällen.

Arterienblut gab zumeist keinen Unterschied für die Senkungsgeschwindigkeit im Vergleich zum Jugularblut.

Eine strenge Gesetzmäßigkeit für den Ablauf der S.R. an den verschiedenen Gefäßen ist nicht zu erkennen. Bei Katzen ist die Senkungsgeschwindigkeit zumeist verzögert im Organvenenblut, insbesondere im Blut der unteren Hohlvene und zwar für ihren oberhalb des Zwerchfells gelegenen Abschnitt, während das Blut des unterhalb der Nierenvenen gelegenen Abschnittes der Cava keine solche beständige Verzögerung gibt und die S.R. hier wenig verschieden ist von derjenigen des Nierenblutes. Am wenigsten ausgeprägt ist die Verzögerung der Reaktion an Lebervenenblut, und darin weiche ich von *Frenckell* und *Wissotzky* ab.

Wenn wir die Summe der Verhältniszahlen für die Verzögerung, durch die Gesamtzahl der Fälle für jede Vene teilen, so äußert sich das Verhältnis der Verzögerung, im Vergleich zum Jugularblut, in folgenden Werten:

| | | | |
|---------------------|--------|---|--------|
| Lebervene | 8,5 % | untere Hohlvene (oberh. d. Leber) | 29,6 % |
| Pfortader | 10,9 % | „ „ (unterh. d. Niere) | 13,8 % |
| Milzvene | 15,2 % | Nierenvene | 16,0 % |

Der Widerspruch dieser Befunde mit denjenigen genannter Forscher scheint nur darauf zu beruhen, daß dort das grobe Verfahren nach *Linzenmeyer* verwendet wurde und daneben nicht ausgeschlossen ist, daß bei der Lebervenepunktion eine Rückansaugung von Cavablut stattgefunden hatte, indem die transthorakale Punktionsdamals noch unbekannt war und erst später von *Frenckell* eingeführt worden ist.

Was die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten bei den anderen

Tabelle 3.

| Nr. | Ge- schlecht | Gewicht | Nahrungsbelastung | Zeit der Blutentnahme | Ver- gleichsbl. (V. jug.) | V. jugularis | |
|-----|-----------------|---------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------|-------|
| | | | | | | mm | % |
| 1 | ♀ | 2900 | 175 g Fleisch | Nach 4 Std. | 2,75 | 2,37 | 100,0 |
| 2 | ♂ | 3800 | 200 g „ | „ 3 „ | 0,87 | 0,87 | 100,0 |
| 3 | ♂ | 3340 | 200 g „ | „ 3 1/2 „ | 2,0 | 2,0 | 100,0 |
| 4 | ♂ | 3100 | 165 g „ | „ 2 1/2 „ | — | 41,0 | 100,0 |
| 5 | ♂ | — | 220 g „ | „ 3 „ | — | 69,25 | 100,0 |
| 6 | ♀ | 3500 | 200 g „ | „ 3 „ | — | 13,75 | 100,0 |
| 7 | ♀ | 2900 | Gemischte Nahrung | „ 4 „ | — | 28,75 | 100,0 |
| 8 | ♀ | 1940 | 45 g Zucker | „ 2 1/2 „ | 1,75 | 1,87 | 100,0 |
| 9 | ♀ | 3000 | 15 g Pflanzenöl | „ 3 1/2 „ | 1,0 | 1,0 | 100,0 |
| 10 | ♂ | 3600 | 15 g „ | „ 3 „ | 2,75 | 2,25 | 100,0 |

Versuchstieren anlangt (Hund, Meerschweinchen), so ist sie so gering, insbesondere beim Hunde, daß es nicht gelingt, Unterschiede für die verschiedenen Venen zu erkennen. So habe ich an Meerschweinchen (5 Tiere) für die Jugularis, Pfortader und untere Hohlvene in der S.R. keinen merklichen Unterschied gefunden. In diesem Sinne ist bei Meerschweinchen die S.R. recht stabil und selbst in der Trächtigkeitszeit ist lange nicht immer eine Beschleunigung nachweisbar.

Beeinflussung der S.R. durch die Nahrungsverdauung in verschiedenen Gefäßen.

Die Versuche wurden an 10 gesunden Katzen ausgeführt. In 6 Versuchen wurden je 200 g frischen, fettarmen Fleisches zugeführt, um den Einfluß eiweißreicher Nahrung zu untersuchen. Eines der Tiere erhielt gemischte Nahrung und die 3 letzten wurden zwangsweise (Magensonde) mit artfremder Nahrung (Zucker, Pflanzenöl) gefüttert. Nach der Fütterung wurde nach je $2\frac{1}{2}$ —3—4 Stunden Blut entnommen.

In dieser Versuchsreihe kommt der Bestimmung der normalen S.R. große Bedeutung zu, indem dieses leicht gelingt bei den Tieren mit Zwangsfütterung und sehr schwer ist in den Fleischversuchen. Die Blutentnahme aus der Jugularvene bedeutet ein schweres psychisches Trauma für das Tier und ist von Nahrungsverweigerung für die nächsten Stunden gefolgt. Daher wurde in der Hälfte der Versuche mit Fleischfütterung das Vergleichsblut nicht vorher, sondern erst unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme entnommen und in der anderen Hälfte der Fälle mußte überhaupt auf den Vergleich verzichtet werden.

In allen Versuchen mit Vorprüfung des Vergleichsblutes war die Senkungsgeschwindigkeit unverändert, unabhängig von dem Charakter der Nährmittel (Tab. 3). Dagegen gaben die Versuche ohne Vorprüfung eine beträchtliche Beschleunigung der Senkung. Diesen Unterschied in der Reaktion zu erklären, ist äußerst schwierig, und die Annahme ist nicht ausgeschlossen, daß hier die seelische Erschütterung wirksam war.

Wie in der vorausgegangenen Versuchsreihe haben wir auch hier zumeist eine Verzögerung für das Organvenenblut im Vergleich zum peripherischen Blut zu verzeichnen. Immerhin kann das angeführte gesetzmäßige Verhalten unter normalen Bedingungen hier gestört er-

Tabelle 3.

| V. hepatica | | V. lienalis | | V. porta | | V. renalis | | V. cava inf. (vor d. Nieren) | | Aorta | |
|-------------|-------|-------------|-------|----------|-------|------------|-------|---------------------------------|-------|-------|-------|
| mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % |
| 2,0 | 84,4 | 2,0 | 84,4 | 1,75 | 73,8 | 3,25 | 137,0 | 1,75 | 73,8 | 4,75 | 158,0 |
| 0,81 | 93,1 | 0,81 | 93,1 | 0,62 | 71,3 | 0,62 | 71,3 | 0,62 | 71,3 | 0,87 | 100,0 |
| 1,0 | 50,0 | 0,87 | 43,5 | 1,12 | 56,0 | 1,5 | 75,0 | 1,12 | 56,0 | — | — |
| 44,5 | 108,5 | 47,8 | 116,6 | 36,75 | 89,6 | — | — | 56,75 | 138,3 | — | — |
| 64,25 | 92,8 | — | — | 46,0 | 66,4 | 86,0 | 124,2 | 70,75 | 102,1 | 77,75 | 112,3 |
| 10,5 | 76,4 | 11,75 | 85,6 | 11,5 | 83,6 | — | — | 8,0 | 58,2 | — | — |
| 47,75 | 166,0 | 25,0 | 85,9 | 23,0 | 80,0 | — | — | — | — | — | — |
| 1,87 | 100,0 | 1,12 | 60,0 | 2,0 | 107,0 | 1,5 | 80,0 | 2,0 | 107,0 | 1,87 | 100,0 |
| 0,87 | 87,0 | 0,87 | 87,0 | 1,0 | 100,0 | 0,87 | 87,0 | 0,94 | 94,0 | 1,25 | 125,0 |
| 1,0 | 44,0 | — | — | 2,75 | 122,2 | — | — | 3,25 | 144,0 | — | — |

scheinen, selbst beim Fehlen einer Beschleunigung der S.R. So sehen wir, daß nach Ausschluß der höchsten Fehlerwahrscheinlichkeit das Pfortaderblut eine Verzögerung der Senkung aufweist, im Vergleich zum Blut der anderen Venen, wobei die Verzögerung im Vergleich zum peripherischen Blut im Durchschnitt 11,8% beträgt. Von den übrigen Venen gibt zumeist die untere Hohlader eine verzögerte Blutreaktion. Nachstehend gebe ich die Durchschnittswerte der Verzögerung in meinen Versuchen für die verschiedenen Venen:

| | | | |
|-------------------------|--------|----------------------------|--------|
| Lebervene | 6,3 % | Nierenvene | 1,9 % |
| Pfortadervene | 11,8 % | untere Hohlvene (unterhalb | |
| Milzvene | 7,5 % | der Nieren) | 10,6 % |

Arterienblut (Bauchaorta) gibt die gleiche oder etwas vergrößerte Senkungsgeschwindigkeit, wie peripherisches Venenblut.

Aus diesen Versuchen ist der Schluß zulässig, daß die Nahrungsaufnahme nicht immer von Beschleunigung der Senkung gefolgt ist und daß das Pfortaderblut die geringste Beschleunigung erkennen läßt, vermutlich im Zusammenhang mit den Verdauungsorganen und der Aufsaugung der verdauten Nährstoffe durch die Darmwand. Ähnliche Befunde über die Geschwindigkeit der Senkung nach Nahrungsaufnahme finden wir bei *Fetzer* u. a. Untersuchern. *Fetzer* konnte bei Menschen nach dem Probefrühstück keine Beschleunigung der S.R. nachweisen.

Die S.R. für verschiedene Blutgefäße bei einigen krankhaften Zuständen.

Wir haben gesehen, daß unter normalen Bedingungen die S.R. des peripherischen Blutes von derjenigen des Organvenenblutes in verschiedenem Grade abweicht und daß diese Unterschiede bei geringer Senkungsgeschwindigkeit ausgeglichen werden. Anders verhält es sich bei krankhaften Zuständen, wenn die Senkungsgeschwindigkeit so hoch ist, daß die Reaktion im Laufe von 15—20 Minuten abgelaufen ist. Für diesen Fall ist die eingangs gestellte Frage, ob die S.R. des peripherischen Blutes derjenigen des Blutes anderer Gefäßgebiete entspricht, von besonderer Bedeutung, indem die Möglichkeit erheblicher Unterschiede in der Senkungsgeschwindigkeit für das peripherische und Organvenenblut in die Nähe gerückt wird.

Tabelle 4.

| Nr. | Versuchstier | Versuchsanordnung | V. jugularis | V. hepatica | V. lienalis | V. porta | V. cava inf. | V. renalis | Anmerkungen |
|-----|--------------|-------------------------------------|--------------|-------------|-------------|----------|--------------|------------|----------------------------------|
| 1 | Kater | Unterbindung des d. Choled. | 112,0 | 32,0 | 24,0 | 45,0 | 39,0 | 53,0 | Geschwindigkeit pro $1/2$ Stunde |
| 2 | Kaninchen | Eiterung | 39,0 | 50,0 | — | — | 13,0 | 16,0 | desgl. |
| 3 | Hündchen | Thyreo- und Parathyreodectomy . | 15,0 | 22,0 | 18,0 | 21,0 | 16,5 | — | Geschwindigkeit pro 1 Stunde |

Auf Tabelle 4 gebe ich als Muster 3 Versuche an verschiedenen Tieren (S. R., nach 30 Min. und 60 Min.). Besonders überzeugend ist der eine Fall mit starker Beschleunigung der S.R. im peripherischen Blut, bis zu 112,0 mm gegen 24 mm im Milzvenenblut, i. e. 5 mal geringer im letzteren. Im 2. Fall gibt das Cavablut eine Verzögerung um das dreifache gegen Jugularblut, während das Lebervenenblut bedeutend schneller sich setzt. Ist die Senkungsgeschwindigkeit nicht groß (Fall 3), so ist der Unterschied recht unbedeutend.

Aus diesen Versuchen liegt die Folgerung nahe, daß aus der Senkungsgeschwindigkeit des peripherischen Blutes auf die S. R. des Blutes verschiedener anderer Gefäßgebiete nicht geschlossen werden kann.

Einige ergänzende Versuche.

Wenn es somit feststeht, daß dem Blut aus verschiedenen Gefäßen verschiedene Senkungsgeschwindigkeit zukommt, so fragt es sich, ob die Verschiedenheit der S.R. durch das Plasma oder die Formbestandteile bedingt ist? *Linzenmeyer, Mandelstamm* u. a. wollen in der Hauptsache die Eigenschaften des Plasmas dafür in Anspruch nehmen. Um diese Frage zu klären, unternahm ich eine Reihe von Versuchen mit Überführung der Erythrocyten des peripherischen Blutes in das Plasma von Organvenenblut und umgekehrt. Methodologisch ist die Frage wichtig, ob die Erythrocyten vorher abgewaschen werden sollen oder nicht. Dabei konnte ich feststellen, daß durch Abwaschen der Erythrocyten die Senkungsgeschwindigkeit etwas erhöht wurde, wie aus nachstehenden Beispielen für die verschiedenen Geschwindigkeiten der S.R. und die verschiedenen Konzentrationen der Erythrocytenaufschwemmung hervorgeht (Tabelle 5). Daher machte ich die Versuche zum Teil

Tabelle 5.

| | Ohne Waschen | 1 mal gewaschen | 2 mal gewaschen | 3 mal gewaschen |
|------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 20 proz. Erythrocytenaufschwemmung | 53,75 | 61,25 | 61,5 | 62,25 |
| 33 proz. Aufschwemmung | 0,62 | 4,0 | 3,0 | 4,0 |
| 40 proz. Aufschwemmung | 0,37 | 1,0 | 1,62 | 5,62 |

mit Abwaschen der Erythrocyten, zum Teil mit einer 33—40 proz. Aufschwemmung nicht abgewaschener Erythrocyten. Zum Vergleich wurde eine gleiche Aufschwemmung im eigenen Plasma hergestellt. Es hat sich nun herausgestellt, daß beschleunigt sedimentierende Erythrocyten, in Plasma des langsam sich setzenden Blutes übertragen, eine Verzögerung der S.R. geben, und umgekehrt. Wir geben dafür einige Beispiele am Jugular-, Pfödader- und Lebervenenblut (Tabelle 6).

Von welchen Eigenschaften des Plasmas der Ablauf der S.R. beeinflußt wird, läßt sich zur Zeit nicht sagen. Ohne auf das große Schrifttum über diese Frage einzugehen, will ich nur bemerken, daß die verschiedensten Einflüsse auf die

Tabelle 6.

| | Erythrocyten | + | Plasma | S. R. | Erythrocyten | + | Plasma | S. R. |
|------------------------|--------------|---|--------------|-------|--------------|---|--------------|-------|
| 33 proz. Aufschwemmung | V. jugul. | | V. jugularis | 120,0 | V. cava | | V. cava | 108,0 |
| | desgl. | | V. cava | 113,0 | desgl. | | V. jugularis | 122,0 |
| 40 proz. Aufschwemmung | desgl. | | V. jugularis | 44,75 | V. porta | | V. porta | 24,5 |
| | desgl. | | V. porta | 28,25 | desgl. | | V. jugularis | 51,12 |
| 40 proz. Aufschwemmung | desgl. | | V. jugularis | 21,25 | desgl. | | V. porta | 13,25 |
| | desgl. | | V. porta | 16,5 | desgl. | | V. jugularis | 16,75 |

S.R. einwirken und zwar Globulin und Albumine (Grossmann), Cholesterin (Lasch), Blutgase (Berzeller und Wastil), der morphologische Blutbestand (Volk) und manche andere.

In einer Reihe von Versuchen habe ich gezeigt, daß Zusatz der verschiedensten Stoffe zum Plasma ganz gesetzmäßig die S. R. verzögert¹. Zu diesem Zweck bereitete ich Aufschwemmungen mit 25% Erythrocytengehalt im Plasma unter Zusatz verschiedener Stoffe im Verhältnis zum Plasma von 0,9; 1:8; 2:7; 3:6; . . . 8:1; 9:0 (Tabelle 7). Wie

Tabelle 7.

| Zugefügte Substanz | Plasmakonzentration | | | | | | | | | | Anmerkungen |
|---|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--|-------------|
| | 0,9 Pl. | 0,8 Pl. + 0,1 | 0,7 Pl. + 0,2 | 0,6 Pl. + 0,3 | 0,5 Pl. + 0,4 | 0,4 Pl. + 0,5 | 0,3 Pl. + 0,6 | 0,2 Pl. + 0,7 | 0,1 Pl. + 0,8 | | |
| Aqua dest. | 76,0 | 106,0 | 100,0 | 70,0 | 9,0 | 1,0 | 0,5 | 2,0 | 1,5 | Geschwindigkeit pro Std | |
| Physiol. Kochsalzlösung . . | 60,0 | 57,0 | 59,0 | 30,0 | 30,0 | 17,0 | 8,0 | 3,0 | 1,0 | desgl. | |
| 3 proz. NaCl | 113,0 | 100,5 | 40,0 | 23,0 | 9,5 | 3,5 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | desgl. | |
| 10 proz. NaCl | 22,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,0 | desgl. | |
| 10 proz. NaCl | 47,0 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 1,5 | 2,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | desgl. | |
| 10 proz. Lösung d. Katzengalle in physiol. Kochsalzlösung | 23,0 | 3,0 | 1,0 | 1,0 | 2,0 | 4,0 | 1,0 | 1,0 | Kompl. Haemol. | desgl. | |
| 50 proz. Lösung d. Eiweißalbum. i. phys. Kochsalzlösung | 35,0 | 36,0 | 33,0 | 16,0 | 16,0 | 5,0 | 4,0 | 2,0 | — | desgl. | |
| 5 proz. Lösung d. Gummi arab. in phys. Kochsalzlösung . . | 5,0 | — | 25,0 | — | 110,0 | — | — | — | 125,0 | Geschwindigkeit pro $\frac{1}{2}$ Std. | |
| Eigenes Serum | 44,0 | 44,0 | 26,5 | 30,0 | 42,0 | 4,0 | — | — | — | desgl. | |

zu ersehen ist, wirkt Aq. dest. stark verzögernd auf die S.R., mit Beginn der Hämolyse. Manche Stoffe, wie Galle, konzentrierte NaCl-Lösung führen zu Verzögerung der S.R., auch wenn sie in geringer Menge zugesetzt sind und NaCl-Lösungen wirken um so stärker, je höher die Konzentration (vgl. Klobusitzky). Viscöse Kolloidsubstanzen (Eieralbumin, Serum) verzögern gleichfalls die S.R., sofern sie dem Plasma

¹ Für solche Versuche ist Blut mit großer Senkungsgeschwindigkeit vorzuziehen. Daher bewirkte ich an Katzen eine Bauchfellentzündung mittels Entblößung des Bauchfellüberzugs mit nachfolgender Vernähnung unter septischen Bedingungen.

zu gleichen Teilen zugesetzt werden. Dagegen bewirkt Gummi arabicum Beschleunigung, indem die Erythrocyten miteinander verkleben und in größeren Haufen zu Boden sinken. Der normale Senkungsvorgang der Erythrocyten wird somit durch Zusatz verschiedener Stoffe zum Plasma störend beeinflußt. Bemerkenswert ist es, daß partieller Hämolysen in hypotonischer Lösung unterworfen Erythrocyten, wenn sie nachträglich in Plasma übergeführt sind, bedeutend höhere Senkungsgeschwindigkeit zeigen. In einem Falle gab eine solche Aufschwemmung, nachdem die Erythrocyten der Einwirkung einer 0,45 proz. Lösung im Laufe einer Stunde ausgesetzt gewesen waren, eine Senkungsgeschwindigkeit von 77,0 mm pro Stunde gegen 31,0 mm für normale Erythrocyten.

Zusammenfassung.

1. Die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten des Organvenenblutes ist zumeist geringer als diejenige der Erythrocyten des peripherischen Venenblutes. Bei beschleunigter Senkungsreaktion, sowohl unter physiologischen, wie auch pathologischen Bedingungen, ist dieser Unterschied besonders deutlich ausgeprägt.
2. Unter normalen Verhältnissen ist an Katzen die S.R. im Blut der unteren Hohlader (besonders für den unter dem Zwerchfell gelegenen Abschnitt) am meisten verzögert. Während der Verdauung wird diese Regel nicht eingehalten und die größere Verzögerung wird zumeist am Pfortaderblut beobachtet.
3. Auf Grund dieser Befunde ist aus der veränderten S.R. am peripherischen Blut, ein Rückschluß auf die Senkungsgeschwindigkeit am Blut anderer Gefäßgebiete nicht zulässig.
4. Die Senkungsgeschwindigkeit der Erythrocyten, wenn sie aus ihrem eigenen Plasma in das Plasma einer anderen Vene übergeführt sind, ist abhängig von den Eigenschaften des Plasmas.
5. Zusatz der verschiedenen Stoffe zum Plasma führt zumeist zu Verzögerung der Senkungsgeschwindigkeit in der Erythrocytenaufschwemmung.
6. Die Verschiedenheit der Senkungsgeschwindigkeit im Blut verschiedener Blutgefäße beruht darauf, daß die physiko-chemischen Eigenschaften des Blutplasmas verschieden sind.

Literaturverzeichnis.

- Berczeller und Wastl*, Biochem. Zeitschr. **140**, 368. 1923. — *Berczeller und Wastl*, Biochem. Zeitschr. **134**, 236. 1923. — *Grossmann*, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **42**, H. 4/6. 1924. — *Fetzer*, Beitr. z. Klin. d. Tuberkul. **66**. 1927. — *Frenckell*, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **57**, H. 3/4. 1927. — *Frenckell und Wissotzky*, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **55**, H. 1/2. 1927. — *Klobusitzky*, Biochem. Zeitschr. **157**, 277. 1925. — *Lasch*, Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **42**. 1924. — *Linzenmeyer*, Münch. med. Wochenschr. **70**. 1923. — *Mandelstamm*, Die Senkungsreaktion in der Gynäkologie (russ.). Leningrad 1925. — *Volk*, Dtsch. med. Wochenschr. 1924, Nr. 19.