III.

Arbeiten aus dem Laboratorium für experimentelle Pharmakologie
zu Strassburg.

90. Ueber die Ernährung des arbeitenden Froschherzens.

Von

Dr. med. et phil. A. Heffter,
Assistent am pharmakologischen Institut zu Leipzig.

Bei der grossen Wichtigkeit, die das Froschherz für pharmakologische Untersuchungen erlangt hat, erschien es nicht unwesentlich, festzustellen, bei welcher Ernährung dasselbe die höchste Leistungsfähigkeit zeigt, und welche Bestandtheile des Blutes für seine grösste Leistung nothwendig sind. Da sich die Arbeitsleistung eines Herzens aus der Grösse der einzelnen Pulse und der Frequenz seiner Contractionen zusammensetzt, so sind in den nachfolgenden Versuchen beide bestimmt worden. Ausserdem ist auch bei jedem Herzen die „absolute Kraft“¹⁾ ermittelt worden, d. h. diejenige Belastung, welche im Momente der Contraction auf den Muskel einwirkend, seine Verkürzung verhindert.

Dass die Herzmusculatur nur mit Hülfe frischen Nährmaterials zu functioniren vermag, und dass ein mit physiologischer Kochsalzlösung gefülltes Herz in Diastole stillsteht, aber wieder zu arbeiten beginnt, wenn man es mit O-haltiger Blutflüssigkeit durchspült, lehrten Kronecker und Stirling²⁾. Später gab dagegen Mc Guire³⁾ an, dass der Sauerstoffgehalt der Speiseflüssigkeiten für das Herz gleichgültig zu sein scheine, da sowohl entgastes Serum, als auch entgastes Blut kräftige Pulsationen unterhielten. Im Anschluss hieran suchte Martius⁴⁾ die Frage zu beantworten, welche organischen

1) Dreser, Archiv f. exp. Path. u. Pharm. XXIV. Bd. S. 221.

2) Festgabe für Carl Ludwig. 1875.

3) Du Bois' Archiv f. Physiologie. 1878. S. 321.

4) Ebenda. 1882. S. 542.

Stoffe der Herzmuskel unmittelbar zu assimiliren und in Arbeit umzusetzen vermag. Er fand, dass Pepton, Glykogen, Syntonin, Eier-eiweiss, Casein und Myosin keinerlei ernährende Eigenschaften hätten, dagegen wohl Blut, Lymphe und Serum, dass also nur den serum-albuminhaltigen Flüssigkeiten die Fähigkeit zukäme, das Herz zur Arbeit zu befähigen. Aus seinen Versuchen zieht er folgende Schlüsse: „Das Herz leistet niemals auf Kosten der eigenen Substanz Arbeit. Der Muskel kann nur so lange functioniren, als ihm die Möglichkeit geboten ist, die zur Arbeit nöthigen Spannkkräfte während und gleichzeitig mit der Thätigkeit einer ihn umspülenden Ernährungsflüssigkeit zu entnehmen.“

v. Ott¹⁾ benutzte infolge der von Martius gefundenen That-sachen das Froschherz gewissermaassen als Reagens auf Serumalbumin und reihte den ernährenden Flüssigkeiten noch Chylus, Molke und Milch an, indem er bemerkt, dass Milch ebensolche Curven giebt, wie Blut und Serum.

Obwohl bereits früher schon Klug²⁾ gelegentlich darauf hingewiesen hatte, dass sauerstoffreiches Blut die Herzthätigkeit viel intensiver gestaltet als Serum, so schien es doch nach diesen Versuchen, als ob die Sauerstoffzufuhr für die Herzernährung unwesentlich sei. Yeo³⁾ zeigte nun, dass das Herz ohne freien Sauerstoff nicht in vollkommener Weise functioniren könne. Der Sauerstoffverbrauch des thätigen Herzmuskels sei so constant grösser, als der des ruhenden, dass es sicher erscheine, dass während der Contraction das Sauerstoffbedürfniss des Gewebes merklich wachse. Dagegen fand S. Handler⁴⁾, dass die Zehrung des freien Sauerstoffs in keinem Zusammenhang stehe mit der Leistung des Herzens, d. h. die Pulse waren vor und nach der Reduction des Hämoglobins gleich hoch. Die Verfasserin schliesst demnach in Uebereinstimmung mit Mc Guire, dass der Sauerstoffverbrauch für die Arbeit des Muskels unnöthig sei.

Gegen alle eben erwähnten Versuche lässt sich einwenden, dass das Herz mit der zu untersuchenden Nährflüssigkeit viel zu kurze Zeit arbeitete, dass die Füllung sich nicht, wie es im Körper geschieht, nach jeder Diastole erneuerte, und dass eine genaue Messung der geleisteten Arbeit nicht möglich war.

1) Du Bois' Archiv f. Physiologie. 1883. S. 1.

2) Ebenda. 1879. S. 465.

3) Journ. of Physiol. Vol. VI. p. 93. 1885.

4) Zeitschr. f. Biol. XXVI. Bd. S. 233. 1890.

Bei den von mir angestellten Untersuchungen war dagegen ein in lebhafter regelmässiger Thätigkeit befindliches Herz in einen künstlichen Kreislauf eingeschaltet, in dem die verschiedenen Nährflüssigkeiten, deren Einfluss auf die Arbeitsleistung des Herzmuskels untersucht werden sollte, unbeschränkte Zeit circuliren konnten.

Diese Arbeitsleistung und die absolute Kraft habe ich in meinen Versuchen am Williams'schen Apparat gemessen, dessen Einrichtung und Handhabung ich als bekannt voraussetze.¹⁾ Hier sei nur Folgendes erwähnt. Als Normalnahrung, bei der zunächst an jedem Herzen die Arbeit gemessen wurde, benutzte ich nach dem Vorgange von Dreser²⁾ defibrinirtes, filtrirtes Kalbs- oder Rinderblut mit 2 Theilen 0,6proc. Kochsalzlösung verdünnt. Wenn das Herz mit constanter Frequenz arbeitete, wurde die optimale Belastung aufgesucht und während des ganzen Versuches beibehalten. Die Messung der von jedem Pulse geförderten Blutmenge oder das Pulsvolum wurde entweder durch Wägung der von 10 Contractionen geförderten Blutmenge oder durch Ablesung der Flüssigkeitsschwankung des Kochsalzbades, in dem das Herz schlägt, bestimmt. Nach Feststellung der absoluten Kraft des Herzens waren sodann die 3 Zahlen gewonnen, die zur Vergleichung dienen, und es wurde nun durch die zu prüfende Nährflüssigkeit das Blut aus dem Apparate und dem Herzen verdrängt. Er weist sich diese nun wirklich als befähigt, das Herz zu ernähren, d. h. nimmt das Pulsvolum nicht innerhalb weniger Minuten bis zum völligen Verschwinden ab, so ist es nothwendig, längere Zeit — ungefähr 30 Minuten — zu warten, bis man wieder die Ablesungen macht. Ich habe wiederholt beobachtet, dass eine Veränderung der Ernährung als Reiz auf das Herz wirkt, dass in der ersten Zeit die Frequenz beschleunigt oder verlangsamt wird, und dass bedeutende Schwankungen im Pulsvolum eintreten. Erst wenn das Herz sich an die veränderte Nährflüssigkeit gewöhnt hat, wenn längere Zeit hindurch Frequenz und Pulsvolum gleich bleiben, kann man zur endgültigen Messung schreiten. Dass man nach Feststellung der absoluten Kraft einige Zeit warten und das Herz sich erholen lassen muss, bevor man ein constantes Pulsvolum erhält, hat schon Durdafi³⁾ erwähnt.

Zunächst habe ich verschiedene Verdünnungsgrade des Rinderbluts und einige andere Blutarten untersucht.

1) Vgl. Archiv f. exp. Path. u. Pharm. XIII. Bd. S. 1 und XXIV. Bd. S. 221.

2) a. a. O. S. 224.

3) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. XXV. Bd. S. 441.

I. Temporariaherz. Die Normalbeobachtung (bei Ernährung mit 1 Rinderblut, 2 Kochsalzlösung) ergab die

absolute Kraft . . . H = 48 cm Blutsäule
 Pulsvolum P = 2,3 Scalentheile
 Frequenz Fr. = 36 in der Minute.

Bei Ernährung mit 1 Blut und 5 Kochsalzlösung

absolute Kraft . . . H = 46,5 cm
 Pulsvolum P = 2,4 Scalentheile
 Frequenz Fr. = 34 in der Minute.

II. Temporariaherz. Normal ernährt

absolute Kraft . . . H = 54,5 cm
 Pulsvolum P = 3,8 Scalentheile
 Frequenz Fr. = 39.

Ernährt mit 1 Blut und 9 Kochsalzlösung.

H = 51 cm
 P = 3,9 Scalentheile
 Fr. = 36.

III. Temporariaherz. Normal ernährt

H = 50 cm
 P = 2,6 Scalentheile
 Fr. = 54.

Schweineblut (1:3 verdünnt).

H = 45 cm
 P = 2,3 Scalentheile
 Fr. = 57.

IV. Temporariaherz. Normal

H = 56,5 cm
 P = 2,5 Scalentheile
 Fr. = 57.

Pferdeblut (1:3 verdünnt).

H = 60,5 cm
 P = 3,3 Scalentheile
 Fr. = 42.

Nach 2 Stunden: H = 51 cm

P = 2,3 Scalentheile
 Fr. = 57.

Diese Versuche lehren, dass eine stärkere Verdünnung des Nährmaterials ohne schädlichen Einfluss auf die Arbeitsleistung des Herzens ist, und dass ferner Schweine- und Pferdeblut das Herz ebensogut wie Rindsblut zur Arbeit befähigen, Pferdeblut vielleicht noch besser.

Zur Prüfung des von Martius gefundenen Versuchsergebnisses untersuchte ich die ernährenden Eigenschaften des Blutserums. Dasselbe wurde aus Rinderblut durch Centrifugiren gewonnen und zeigte eine schwachröthliche Farbe.

I. Temporariaherz. Normal mit verdünntem Rinderblut ernährt.

H = 51 cm.

10 Pulse fördern bei 25 cm Belastung 11,2735 Blut.

Fr. = 32.

Filtrirtes Rinderblutserum, H = 35,5

10 Pulse fördern bei 25 cm Belastung 10,4013 Serum

Fr. = 30.

II. Esculentaherz. Normal H = 40,5 cm

P = 1,1 Scalentheile

Fr. = 40.

Rinderblutserum, H = 12,5 cm

P = 0,2 Scalentheile

Fr. = 34.

III. Temporariaherz. Normal H = 46 cm

P = 1,5 Scalentheile

Fr. = 45.

Rinderblutserum verdünnt 1 : 3.

H = 20,5

P = 0,7 Scalentheile

Fr. = 39.

Nach 40 Minuten wieder normale Ernährung.

H = 43,5 cm

P = 1,4 Scalentheile

Fr. = 42.

IV. Temporariaherz. Normal H = 47,5 cm

P = 2,1 Scalentheile

Fr. = 36.

Serum, verdünnt 1 : 3. H = 12,5 cm

P = 0,8 Scalentheile

Fr. = 30.

Nach 40 Minuten normale Ernährung.

H = 46 cm

P = 1,4 Scalentheile

Fr. = 42.

Es zeigte sich also, dass das Serum nicht im Stande ist, das Froschherz die gleiche Arbeit leisten zu lassen, wie Blut.

Ganz besonders deutlich zeigt sich diese Thatsache in der bedeutenden Verminderung der absoluten Kraft. Die Pulsvolumina blieben in den ersten Minuten nahezu die gleichen, wie bei normaler Ernährung, nahmen aber constant ab, so dass es scheint, als ob das Serum eine Ermüdung des Herzens nicht aufzuhalten vermag, die dann aber durch zugeführtes Blut wieder gehoben wird.

Es lag nahe, in den rothen Blutkörperchen oder in dem Hämoglobin den hauptsächlichen Factor der Herzthätigkeit zu suchen. Daher wurde zunächst geprüft, wie sich lackfarbenes Blut, in dem die rothen Blutkörperchen zerstört sind, verhielt.

- I. Temporariaherz. Normal H = 49,5 cm
 P = 2,6 Scalentheile
 Fr. = 44.
 Lackfarbenes Blut, verdünnt 1 : 3.
 H = 12,5 cm
 P = 0,7 Scalentheile
 Fr. = 36.
 Nach 45 Minuten Blut durchgeleitet.
 H = 35 cm
 P = 1,8 Scalentheile
 Fr. = 46.
- II. Temporariaherz. Normal H = 47 cm
 P = 3,5 Scalentheile
 Fr. = 39.
 Lackfarbenes Blut, verdünnt.
 H = 26 cm
 P = 1,0 Scalentheile
 Fr. = 33.
 Nach 40 Minuten Blut durchgeleitet.
 H = 47 cm
 P = 3,6 Scalentheile
 Fr. = 39.
- III. Temporariaherz. Normal H = 72,5 cm
 P = 5,9 Scalentheile
 Fr. = 30.
 Lackfarbenes Blut. H = 19 cm
 P = 2,8 Scalentheile
 Fr. = 36.
 Nach 32 Minuten normale Ernährung.
 H = 70 cm
 P = 3,5 Scalentheile
 Fr. = 39.
- IV. Temporariaherz. Normal H = 66 cm
 P = 2,3 Scalentheile
 Fr. = 30.
 Lackfarbenes Blut. H = 20 cm
 P = 0,2 Scalentheile
 Fr. = 27.
 Nach 45 Minuten normale Ernährung.
 H = 45 cm
 P = 1,8 Scalentheile
 Fr. = 39.

Also nach Zerstörung der rothen Blutkörperchen ganz die gleiche Erscheinung, wie bei Serumernährung: die Pulsvolumina nehmen ab und besonders wird die absolute Kraft sehr vermindert. Dass aber von einer eigentlichen Schädigung der Herzmusculatur keine Rede ist, beweisen die

Versuche dadurch, dass es gelang, durch normale Ernährung die frühere Leistungsfähigkeit wieder herzustellen.

Um aber genauer zu prüfen, ob freies Hämoglobin wirklich schädlich wirkt, wurde ein Versuch mit einer Hämoglobininlösung von 0,6 Proc. Kochsalzgehalt angestellt.

Temporariaherz. Normal H = 43 cm
P = 2,5 Scalentheile
Fr. = 45.

Hämoglobininlösung. H nicht messbar
P nach 8 Minuten = 0,1 Scalentheile,
nach 12 Minuten Stillstand in Diastole.

Durch normale Ernährung belebt sich das Herz rasch.
H = 43 cm
P = 2,1 Scalentheile
Fr. = 42.

Es ist also eine Giftwirkung nicht wahrnehmbar, die Hämoglobininlösung verhält sich nicht anders, als physiologische Kochsalzlösung, wie aus der sich schnell vollziehenden Erholung des Herzens bei Blutzufuhr sich ergibt.

Das freie Oxyhämoglobin kann, das zeigen die Versuche mit lackfarbenem Blut, an und für sich die Herzmusculatur nicht ernähren; es blieb also zu untersuchen, ob den Blutkörperchen diese Eigenschaft zukommt. Zu dem Zwecke wurde Rinderblut centrifugirt, das Serum abgehoben und die Blutkörperchen 2mal mit 1proc. Kochsalzlösung in der Centrifuge ausgewaschen. Die zuletzt abgehobene Waschflüssigkeit, welche immer klar und farblos war, zeigte bei der Prüfung auf Eiweiss nur eine schwache Opalescenz. Der so erhaltene Brei konnte also nur ganz geringe Spuren von Serumalbumin enthalten. Das ergibt sich auch aus folgender Ueberlegung. Aus dem mit 2 Theilen Kochsalzlösung verdünntem Rindsblut setzte sich $\frac{1}{10}$ Volum Blutkörperchenbrei beim Centrifugiren ab; derselbe enthielt also $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Menge Serumbestandtheile. Nachdem das Gefäss mit Kochsalzlösung gefüllt war, setzte sich wieder $\frac{1}{10}$ Volumen ab, das nun $\frac{1}{100}$ der ursprünglichen Menge enthielt, und nach dem zweiten Auswaschen war noch $\frac{1}{1000}$ Serummenge im Blutkörperchenbrei enthalten. Das Rinderblut enthält 7 Proc. Albumin, die angewendete Verdünnung also 2,3 Proc. Da nun die Blutkörperchen wieder in 9 Theilen Flüssigkeit suspendirt wurden, um eine Nahrung zu erhalten, die ungefähr ebensoviel davon enthielt, als die normale blutige Kochsalzlösung, so waren in dieser 0,00023 Proc. Serumeiweiss vorhanden.

I. Temporariaherz. Normal H = 58 cm
 P = 3,5 Scalentheile
 Fr. = 39.

Blutkörperchen mit Kochsalzlösung (0,6 Proc.), H = nicht messbar.
 Pulsvolumen wird rasch kleiner, nach 15 Minuten = 0,1 Scalentheil,
 wobei es längere Zeit verharret. Frequenz beträgt fast constant 24.
 Nach 45 Minuten normale Ernährung.

H = 54 cm
 P = 3,0 Scalentheile
 Fr. = 42.

II. Temporariaherz. Normal H = 60 cm
 P = 3,8 Scalentheile
 Fr. = 42.

Blutkörperchen in Kochsalzlösung. H = 10 cm.
 P nach 2 Min. 0,5 Scalentheile,
 = 20 „ 0,2 „
 Fr. = 36 constant.

Nach 30 Minuten normale Ernährung.
 H = 51 cm
 P = 3,0 Scalentheile
 Fr. = 39.

Die Blutkörperchen haben also in Kochsalzflüssigkeit nicht die Fähigkeit, die Herzthätigkeit zu erhalten; zwar schlägt das Herz mit gleichmässiger Pulszahl länger, als mit Hämoglobinlösung, aber die Leistung der einzelnen Contraction ist fast bis auf Null gesunken. Es musste versucht werden, ob in einer Lösung, deren physikalische Beschaffenheit der des Serums einigermaassen ähnlich ist, die Blutkörperchen einen besseren Einfluss zu äussern im Stande wären. Als solche Lösung erschien Hühnereiweiss in entsprechender Verdünnung geeignet. Wie Martius (a. a. O.) gefunden hat, ist das Eiereiweiss an sich nicht im Stande, das Herz zu ernähren. Ich habe selbst noch einige Versuche damit angestellt, von denen einer angeführt sei.

Esculentaherz. Normal H = 40 cm
 P = 2,6 Scalentheile
 Fr. = 48.

Eieralbuminlösung. Das Herz dehnt sich aus. Das Pulsvolum fällt rasch auf 0,2. Pulszahl unregelmässig. Nach 10 Minuten Stillstand in Diastole. Durch normale Nahrung belebt sich das Herz wieder.

H = 36 cm
 P = 2,2 Scalentheile
 Fr. = 50.

In dieser Eiweisslösung, die, wie sich zeigte, keine ernährenden Eigenschaften hat, wurden gut ausgewaschene rothe Blutkörper-

chen vom Rind suspendirt. Man erhält so eine Flüssigkeit, die der normalen Nährflüssigkeit im Aussehen sehr ähnlich ist.

I. Temporariaherz. Normal H = 69 cm
P = 2,9 Scalentheile
Fr. = 45.

Eiereiweiss mit Blutkörperchen.

H = 56 cm
P = 3,0 Scalentheile
Fr. = 44.

Nach 47 Minuten Blut

H = 65 cm
P = 3,1 Scalentheile
Fr. = 45.

II. Esculentaherz. Normal H = 35 cm
P = 2,3 Scalentheile
Fr. = 33.

Eiereiweiss mit Blutkörperchen.

H = 34 cm
P = 2,1 Scalentheile
Fr. = 27.

Das Herz arbeitet 4 Stunden mit dieser Nahrung.

Dann P = 1,4 Scalentheile
Fr. = 24.

III. Temporariaherz. Normal H = 60 cm
P = 3,1 Scalentheile
Fr. = 44.

Eiereiweiss mit Blutkörperchen.

H = 51,5 cm
P = 3,6 Scalentheile
Fr. = 36.

Nach 50 Minuten normale Ernährung

H = 60 cm
P = 3,0 Scalentheile
Fr. = 42.

Wie diese Versuche lehren, sind die Blutkörperchen in dieser Eialbuminlösung wohl befähigt, die Ernährung des Herzens zu unterhalten. Es ist allerdings, wie Versuch I und III lehren, die absolute Kraft etwas vermindert, doch ist die Arbeitsleistung ganz die gleiche, wie bei normaler Ernährung.

Es drängte sich nun die Frage auf, ob auch in eiweissfreien Lösungen den Blutzellen eine ernährende Wirkung zukommen würde. Zur Beantwortung wurde eine 2proc. Lösung von Gummi arabicum verwendet, die sorgfältig mit Natriumcarbonat neutralisirt wurde, und in dieser die Blutkörperchen suspendirt.

- I. Temporariaherz. Normal H = 39,5 cm
 P = 2,2 Scalentheile
 Fr. = 39.
 Gummilösung mit Blutkörperchen.
 H = 39 cm
 P = 2,3 Scalentheile
 Fr. = 30.
 Nach 1 stündiger Arbeit P = 2,5 Scalentheile
 Fr. = 24.
- II. Temporariaherz. Normal H = 46 cm
 P = 4,3 Scalentheile
 Fr. = 36.
 Gummilösung mit Blutkörperchen.
 H = 42 cm
 P = 4,7 Scalentheile
 Fr. = 36.
 Nach 1 stündiger Arbeit P = 4,5 Scalentheile
 Fr. = 36.
- III. Temporariaherz. Normal H = 50 cm
 P = 1,7 Scalentheile
 Fr. = 36.
 Gummilösung mit Blutkörperchen.
 H = 48 cm
 P = 2,0 Scalentheile
 Fr. = 24.
- IV. Esculenta Herz. Normal H = 46 cm
 P = 3,1 Scalentheile
 Fr. = 42.
 Gummilösung mit Blutkörperchen.
 H = 47 cm
 P = 3,5 Scalentheile
 Fr. = 36.

Es zeigte sich in diesen Versuchen, dass auch in eiweissfreien Lösungen die Blutzellen vorzüglich zur Erhaltung der Herzthätigkeit geeignet sind. Die Gummilösung scheint sogar ein besseres Medium als die Eiweisslösung zu sein, da in allen Versuchen auch die absolute Kraft unverändert geblieben ist. Das Pulsvolumen ist bei allen Versuchen etwas vermehrt, die Frequenz fast immer ein wenig vermindert, so dass die in der Zeiteinheit geförderte Blutmenge ebenso gross sein wird, wie bei normaler Ernährung.

Schliesslich seien einige Versuche angeführt über den Einfluss von Pepton auf die Contraction des Herzmuskels. Eine Lösung von Pepton (Pepton. siccum Gröbler) in physiologischer Kochsalzlösung bringt das Herz in sehr kurzer Zeit zum Still-

stand, ohne es aber zu schädigen, da bei zugeführter normaler Ernährung es dann ganz wie vorher arbeitet. Diese Lösung verhält sich nicht anders als gewöhnliche Kochsalzlösung. Löst man dagegen das Pepton in verdünntem Rinderblut, so zeigen sich folgende Veränderungen.

I. Temporariaherz. Normal $H = 64,5$ cm
 $P = 4,4$ Scalentheile
 $Fr. = 42$.

Normalnahrung mit 1 Proc. Pepton.
 $H = 49$ cm
 $P = 2,5$ Scalentheile
 $Fr. = 48$.

Nach 43 Minuten peptonfreie Nahrung.
 $H = 47$ cm
 $P = 2,0$ Scalentheile
 $Fr. = 48$.

II. Temporariaherz. Normal $H = 70$ cm
 $P = 2,7$ Scalentheile
 $Fr. = 60$.

Normalnahrung mit 2 Proc. Pepton.
 $H = 22,5$ cm.
 $P = 2,0$ Scalentheile
 $Fr. = 45$.

Nach 2 Stunden Stillstand in Diastole.
 Durch Zufuhr von peptonfreier Nahrung wird das Herz wiederbelebt.
 $H = 30$ cm
 $P = 1,5$ Scalentheile
 $Fr. = 54$.

Die peptonhaltige Nahrung war demnach nicht im Stande, das Herz zur vollen Kraftentfaltung zu veranlassen, die absolute Kraft war sehr vermindert, ebenso auch das Pulsvolum. Es hatte sogar den Anschein, als ob eine dauernde Schädigung des Herzens bewirkt würde, da es nicht gelang, durch Zufuhr von Normalnahrung die frühere Arbeitsleistung wieder herzustellen. Doch liess sich der Einwand erheben, dass zunächst schon die starke Concentration der Nährflüssigkeit dem Herzen schädlich sein könnte. Oben ist nun gezeigt worden, dass auch eine stärker verdünnte Blut-Kochsalzlösung (1:10) im Stande ist, das Herz ausreichend zu ernähren. Zu einer solchen wurde Pepton zugesetzt und damit eine Lösung erhalten, deren Concentration nicht grösser war, als die der normalen Nahrung.

III. Temporariaherz. Blut 1:10 verdünnt
 $H = 51$ cm
 $P = 3,9$ Scalentheile
 $Fr. = 36$.

Dieselbe Nahrung mit 2 Proc. Pepton. Nach 5 Minuten $P = 0,3$, nach 8 Minuten Stillstand. Durch Zufuhr von Normalnahrung wird das Herz wieder arbeitsfähig.

H = 50 cm
P = 3,9 Scalentheile
Fr. = 36.

Eine Blut-Kochsalzlösung von gleicher Verdünnung mit 1 Proc. Pepton bringt innerhalb 10 Minuten das Herz wieder zum Stillstand.

Peptonfreie Nahrung belebt wieder.

H = 48 cm
P = 3,8 Scalentheile
Fr. = 36.

Diese letzten Versuche zeigen, dass das Pepton in der That giftig ist, und dass es nicht die Concentration der Lösung war, welche in den beiden ersten Versuchen einen schädlichen Einfluss ausübte. In jenen mag die längere Zeitdauer, in welcher das Herz mit dem Pepton in Berührung war, auch eine dauernde Schädigung bewirkt haben, während es im letzten Versuch gelang, das Herz immer wieder zu seiner früheren Action zu veranlassen.

Aus den geschilderten Versuchen ergibt sich Folgendes:

Blut mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnt, vermag das arbeitende Frosehherz sehr gut zu ernähren; ob das Blut vom Rind, Pferd oder Schwein stammt, ob der Verdünnungsgrad verschieden ist, der Effect bleibt sich ganz gleich: es wird in der Zeiteinheit dieselbe Arbeit geleistet.

Anders verhält sich das Serum, wie die Versuche zeigen. Unter dem Serum-Regime ist das Herz nicht im Stande, die gleiche Arbeit zu leisten, wie bei Bluternahrung, es ermüdet offenbar sehr rasch, wie sich aus dem verminderten Pulsvolum, noch mehr aber aus der herabgesetzten Leistungsfähigkeit des Herzmuskelquerschnittes ergibt. Die auftretenden Erscheinungen erinnern ganz an die Kohlensäurewirkung, wie sie Dreser¹⁾ beschreibt, wobei ebenfalls absolute Kraft und Pulsvolumen gleichzeitig abnehmen.

Da sich bei lackfarbenem Blut die gleichen Erscheinungen zeigten und sich ausserdem ergab, dass eine eigentliche Giftwirkung des gelösten Hämoglobins nicht angenommen werden konnte, so muss hieraus geschlossen werden, dass es die rothen Blutkörperchen sind, welche vorzugsweise das Herz zur Arbeit befähigen, und dass zur vollkommenen Function Sauerstoff ein unbedingtes nothwendiges Erforderniss ist. Es zeigte sich zunächst, dass die rothen Blut-

1) Archiv f. exp. Path. u. Pharm. XXIV. Bd. S. 235.

körperchen in Kochsalzlösung nicht im Stande waren, die Herzarbeit zu unterhalten, dass vielmehr noch eine zweite Bedingung zu erfüllen war, eine Flüssigkeit von bestimmter physikalischer, dem Serum ähnlicher Beschaffenheit herzustellen. Nachdem dies auf zweierlei Art gelungen war, arbeitete das Herz in völlig normaler Weise, so dass also die künstlich hergestellte Nährflüssigkeit mit dem Blute ganz gleichwerthig war. Dieses überraschende Resultat steht mit dem von Martius aufgestellten Satze, dass nur serumalbuminhaltige Flüssigkeiten das Herz zu ernähren vermögen, in directem Widerspruch. Es müssen vielmehr die rothen Blutzellen als die hauptsächlichsten Factoren der Herzaction betrachtet werden.