

(Aus dem physiol. Laboratorium d. kais. Akad. d. Wissensch. in St. Petersburg.)

Weitere Studien über die Wiederbelebung des Herzens.

Wiederbelebung des menschlichen Herzens.

Von

Dr. A. Kuliabko,

ord. Professor der Physiologie an der Universität zu Kasan.

(Hierzu Tafel VIII.)

In meiner ersten Abhandlung: „Ueber die Wiederbelebung des Herzens“ (Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 90 S. 461 und a. a. O.) habe ich einige meiner Versuche niedergelegt, bei welchen es mir gelang, eine mehr oder weniger starke und regelmässige rhythmische Thätigkeit eines isolirten Warmblüterherzens nach einer sehr langen — bis 44 Stunden dauernden — Unterbrechung der Circulation und vollständigen Pulsationspause durch Erneuerung des Circulationsstromes wieder hervorzurufen. Man nimmt indessen gewöhnlich an, dass die Gewebe der Warmblüter im Allgemeinen gegen jede Störung der Blutzufuhr besonders empfindlich sind und schon in den ersten Stunden resp. Minuten nach dem Ausschneiden aus dem Körper oder nach dem Ausschliessen aus dem Blutkreislauf absterben. Meine erste Mittheilung schloss ich mit der Behauptung, dass wir den warmblütigen Geweben überhaupt eine viel grössere Vitalität und Lebenszähigkeit zuschreiben müssen, als man es auf Grund früherer Untersuchungen für wahrscheinlich zu halten wagte. Bald darauf erschien im Centralblatt für Physiologie eine vorläufige Mittheilung von Ernst Mangold: „Zur «post-mortalen» Erregbarkeit quergestreifter Warmblütermuskel“. Der Verfasser theilt seine Beobachtungen mit, dass er bei starker elektrischer Reizung schwache Contractionen an solchen Skelettmuskeln warmblütiger Thiere erzielen konnte, welche 24, 30 und sogar 55 Stunden in physiologischer Kochsalzlösung gelegen hatten. Dadurch ist meine

obenerwähnte Voraussetzung thatsächlich bestätigt und noch ein wichtiger Beweis mehr gegeben, dass die Differenz zwischen den Warm- und Kaltblütergeweben in Betreff ihrer Vitalität und Fähigkeit, ihre Lebensfunction zu bewahren, durchaus nicht so gross ist.

Versuche am frisch ausgeschnittenen Herzen der Warmblüter.

Als ich meine Untersuchungen am isolirten Herzen weiter fortsetzte, konnte ich die Wiederbelegungsgrenzen noch bedeutend hinausschieben. Es gelang mir, das Auftreten spontaner Pulsation frisch ausgeschnittener Kaninchen- und Vogelherzen, wenigstens an einzelnen Herzabtheilungen, nicht nur nach zwei Tagen, sondern auch viel später — nach einer Pause von drei, vier und sogar fünf Tagen — zu beobachten. Hier möchte ich einen kurzen Auszug aus meinen Versuchsprotokollen hinzufügen. In erster Linie steht ein Versuch, bei welchem es mir gelang, durch wiederholte Anwendung der künstlichen Circulation, jedes Mal für kurze Zeit, das ausgeschnittene Kaninchenherz ausserhalb des Körpers ziemlich lange Zeit lebendig zu erhalten.

Versuch I, den 8. Juni.

Ein junges Kaninchen von 680 g wurde durch Verblutung um 4^h 30' Nachmittags getödtet. Das Herz *in situ* durch Einspritzung von Salzlösung von Blut befreit und nach einer halben Stunde im Apparate mit Locke'scher Flüssigkeit, bis 40° C. erwärmt, gespeist. Es wurde eine Reihe energischer Contractionen registrirt, und nach einer weiteren halben Stunde — um 5^h 30' Nachmittags — wurde das Herz vom Apparat genommen und in einen Eisschrank gelegt.

Den 9. Juni um 1^h am Tage (d. h. 20 Stunden nach Anfang des Versuchs) wurde das Herz wieder im Apparat befestigt. Fast unmittelbar nach Erneuerung des Flüssigkeitsstromes zeigten sich regelmässige rhythmische Contractionen, bedeutend schwächer als am vorigen Tage, doch immernoch ziemlich energisch, welche sich auf alle Herzabtheilungen verbreiteten. Der Circulationsstrom dauerte eine halbe Stunde; darauf wurde das Herz wieder auf Eis gelegt.

Den 10. Juni um 12^h Mittags — 44 Stunden nach Anfang des Versuchs — wurde der Circulationsstrom wieder erneuert. Unmittelbar darauf erschienen Contractionen der Vorhöfe; der rechte Ventrikel äusserte schwache, verlangsamte und seltene Pulsation nur am Ende der ersten halben Stunde. Man konnte also am Herzen ein deutliches Auseinandergehen in der Schlagfolge und in der Dauer der Perioden der Vorhöfe und Ventrikel beobachten. Eine Stunde darauf wurden die Contractionen regelmässiger, und der Rhythmus der Vorhöfe fiel mit dem der Ventrikel zusammen. Siehe Curve Nr. 1 und 2.

Den 12. Juni 11^{1/2}h Mittags — also gegen Ende des vierten Tages nach Anfang des Versuches — wurde das Herz wieder in den Apparat eingestellt und der Circulationsstrom durchgelassen. Lange Zeit blieb das Herz unbeweglich. Erst nach 30 Minuten dauernder Circulation zeigte sich eine sehr schwache Pulsation im Gebiete der Mündung der Hohlvenen, die nur durch den Lichtreflex bemerkbar war.

Den 14. Juni gelang es nicht, die Pulsation wieder herzustellen.

Bei diesem Versuche verdient die Reihenfolge des Absterbens der verschiedenen Herzabtheilungen besondere Beachtung. Schon Engelmann hat darauf hingewiesen, dass die verschiedenen Herzabtheilungen zusammen leben und functioniren, dass sie aber jede für sich sterben. Die Restitutionsfähigkeit erlosch in unserem Versuche zunächst im linken, bald darauf im rechten Ventrikel; die Wände der Hohlvenen im Gebiete ihrer Mündung bewahrten diese Fähigkeit am längsten. Die Wiederherstellung der Pulsation erfolgte in umgekehrter Reihenfolge: zunächst, wie man es am dritten Tage des Versuches beobachten konnte, begann die Wand des Vorhofes in der Gegend der Mündung beider Hohlvenen, dann die Herzohren zu pulsiren; die Pulsation des rechten Ventrikels begann viel später.

Versuch II, den 3. Juli.

Ein erwachsenes Kaninchen wurde rasch durch Verblutung um 2^h am Tage getötet. Das ausgeschnittene Herz wurde mit erwärmter und mit Sauerstoff gesättigter Locke-Abderhalden'scher Flüssigkeit (d. h. von einer Concentration: CaCl₂ 0,024, KCl 0,042, NaHCO₃ 0,02, NaCl 0,9, Dextrose 0,1 %) gespeist. Das Herz contrahirt sich energisch und regelmässig. An diesem Herzen wurden mehrere Versuche mit Veratrin- und Muscarinvergiftung gemacht; darauf wurde das Herz zur Entfernung des Giftes mit Hülfe der besagten Flüssigkeit gut ausgewaschen. Gegen 5^h wurde die Circulation unterbrochen und das Herz in den Eisschrank getragen, wo es den 4. und 5. Juli lag.

Den 6. Juli um 2^h am Tage wurde das Herz wieder in's Laboratorium gebracht und im Apparat fixirt. Fast unmittelbar nach Erneuerung der Circulation erschienen ganz deutliche Contractionen im Gebiete der Hohlvenenmündung, darauf in beiden Herzohren, wobei es gelang, sogar die Curve zu registriren (Nr. 4). Die Pulsation dauerte über zwei Stunden und verschwand nur in Folge zufälliger Uebererwärmung der Flüssigkeit. Die Restitution der Herzthätigkeit geschah in diesem Falle also 3 Tage nach ihrer vollen Unterbrechung.

In einem anderen Versuche, angefangen am 15. Juni, beobachtete ich die Restitution der Herzthätigkeit im Gebiete der Hohlvenenmündung am Taubenherz, welches beinahe 3 Tage im Eisschranke gelegen hatte. Die Pulsation war während der ganzen Zeit ziemlich schwach, dank dem Lichtreflexe aber deutlich bemerkbar. Sie dauerte gegen 3 Stunden; dann wurde das Herz auf's Eis gebracht.

Am nächsten Tage, den 19. Juni, gelang es mir nicht, Contractionen hervorzurufen. Der Herzmuskel war so derb, dass er schon bei nicht zu starkem Pressen und Betasten zerbrach.

Versuch III, den 1. Juli.

Herz eines jungen Kaninchens. Als Circulationsflüssigkeit diente eine Lösung von doppelter Concentration, wesswegen die Contractionen des Herzens bald verschwanden. Das Herz wurde vom Apparat genommen und auf Eis gelegt, wo es bis zum 5. Juli liegen blieb. Nach Erneuerung der Circulation mit frischer Lösung normaler Concentration (nach Abderhalden) war lange Zeit keine Contraction bemerkbar. Erst nach einer halben Stunde zeigte sich die Pulsation, die sich auf das Gebiet der Hohlvenenmündung beschränkte. Die Contractionen waren so energisch, dass es gelang, sie zu registriren (siehe Curve Nr. 5). Der Versuch dauerte über 2 Stunden; danach wurde das Herz auf Eis gebracht.

Bei Erneuerung des Versuches am 8. Juli gelang es nicht, eine Erneuerung der Pulsation zu erzielen.

Bei diesem Versuch wurde also die Restitution der rhythmischen Thätigkeit der Herzwand 4 Tage nach der Excision beobachtet.

Versuch IV.

Auch im Versuche vom 30. Juli gelang es, die Pulsation nach vier Tagen hervorzurufen. Ein ziemlich regelmässig und stark pulsirendes Kaninchenherz wurde durch Einwirkung von destillirtem Wasser zu raschem Stillstande gebracht, wobei es seine Erregbarkeit gegen mechanische und elektrische Reize nicht verlor. Nach Ersetzung des destillirten Wassers durch Locke'sche Flüssigkeit zeigte sich wieder zuerst eine schwache Pulsation, dann aber eine stärkere. Um 4^h Nachmittags wurde das Herz auf Eis gebracht. Nach 96 Stunden, d. h. den 3. August um 4^h Nachmittags, zeigten sich, nach Erneuerung der Circulation, ziemlich starke rhythmische Contractionen in der Gegend der Hohlvenenmündung, Contractionen, welche dank dem Lichtreflexe gut bemerkbar waren. Der Versuch dauerte ca. 1 Stunde. Nach zwei Tagen gelang es nicht mehr, die Pulsation wiederherzustellen.

Versuche an Herzen gestorbener Thiere.

In allen oben beschriebenen Versuchen wurde das Herz aus einem absolut normalen und gesunden Thiere ausgeschnitten, welches vor Anfang des Versuches grösstentheils durch Verblutung und nur in einigen Fällen unter mehr oder weniger tiefer Aethernarkose getödtet war. Zum Versuch diente das Organ, welches bis zu der Zeit normal ernährt wurde. Im Anfang des Versuches wurden die Gefässe des Herzens vom Blut durch Auswaschung befreit, und dank diesem Umstande war die Möglichkeit einer Verstopfung der Herzgefässe durch Blutgerinnsel ganz ausgeschlossen. Obwohl die

Resultate der oben erwähnten Versuche von einer bewunderungswürdigen, in dieser Hinsicht der eines Kaltblüterherzens wenig nachstehenden Lebenszähigkeit eines Warmblüterherzens zeugen, so wurden doch die Versuche unter solchen Verhältnissen angestellt, dass man auf Grund derselben noch keinen Schluss ziehen konnte, ob auch im Todesfall eines Warmblüters in Folge verschiedener Krankheiten unter natürlichen Verhältnissen das Herz ebenso lange Zeit seine Lebensfähigkeit behalten würde. Nach unseren gewöhnlichen Ansichten entwickeln sich beim natürlichen Tode des Organismus und beim Tode in Folge von verschiedenen Krankheiten allmählich Abwelken, Erschöpfung und Absterben aller Gewebe und Organe, und wenn sich dabei das Absterben einiger Organe etwas verspätet, so kann man doch jedenfalls annehmen, dass dieses Verspätet von nicht zu langer Dauer ist. Die ungewöhnliche Resistenz des Herzens gegenüber verschiedenen schädlichen Einwirkungen und einige andere Erwägungen veranlassten mich, einige Versuche der Wiederbelebung des Herzens nicht getödteter, sondern in Folge irgend einer Krankheit gestorbener Thiere zu machen, zu welchem Zweck ich die erste mir gebotene Gelegenheit benutzte.

Versuch V.

Den 5. Juni dieses Jahres wurde ein Kaninchenweibchen, welches sieben Junge geboren und ernährt hatte, im Käfig mit Symptomen schwerer Krankheit gefunden (Schwäche, Zuckungen, Durchfall). Im Verlaufe des Tages starb das Thier allmählich. Um 8^h Ahends lag es auf der Seite, athmete jedoch noch; um 10^h Abends war es schon todt, und es traten deutliche Merkmale von beginnender Todtenstarre ein. Der Cadaver wurde auf Eis gelegt, wo er bis zum nächsten Tage verblieb.

Den 6. Juni gegen 12^h Mittags wurde das Herz aus der ganz erstarrten Thierleiche ausgeschnitten; es war mit Blutgerinnsel gefüllt, doch ohne Merkmale der Erstarrung des Herzmuskels selbst. Der Herzmuskel ist trübe, von gelblicher Farbe, die Vorhöfe ohne weissliche Flecken.

Das Herz wurde im Apparat fixirt und mittelst einer in die Aorta eingeführten Canüle Locke'sche Flüssigkeit (Concentration nach *Abderhalden*) durchgelassen. Ungefähr eine Minute nach dem Durchlassen der Flüssigkeit zeigten sich starke, unordentliche, wellenförmige Contractionen („Wühlen und Wogen“) in der Gegend der Hohlvenenmündung und in den benachbarten Theilen der Vorhöfe; diese Contractionen gingen später allmählich in rhythmische über, die anfangs sehr schwach und unregelmässig waren. Der Flüssigkeitsstrom wurde auf eine halbe Stunde unterbrochen. Nach seiner Erneuerung zeigten sich sogleich regelmässiger, ziemlich energische Contractionen der Vorhöfe und Ventrikel. (Siehe Curve Nr. 6.) Bei zeitweiliger Unterbrechung der Circulation

beobachtete man deutlich die Reaction der Kohlensäurevergiftung (positive inotrope Wirkung), aber ohne Dikrotismus (alternirende Thätigkeit). Derselbe wurde nach Erneuerung der Circulation sehr deutlich beobachtet. Der Versuch dauerte bis $3\frac{1}{2}$ h; darauf wurde das Herz mit der Canüle auf Eis gebracht.

Den 8. Juni um 2^h Nachm. (d. h. nach 46 stündigem Liegen auf dem Eise und fast 66 Stunden nach dem Tode des Thieres), wurde das Herz wieder in's Laboratorium gebracht und im Apparat befestigt. Das Herz war zusammengeschrumpft, die Ventrikel von trüber, weisslichgrauer Farbe, beim Betasten rigid. Einige Minuten nach Erneuerung der Circulation zeigte sich anfangs eine schwache und unregelmässige, darauf aber eine regelmässiger und energische Pulsation der Herzohren (zuerst nur des rechten), die später dann auf den rechten Ventrikel überging. Die Pulsation des linken Ventrikels konnte nicht hergestellt werden. Das Herz functionirte bis $4\frac{1}{2}$ h Nachmittags, worauf es auf Eis gebracht wurde. (Siehe Curven Nr. 7 und 8.)

Den 9. Juni um 1^h 30' Nachm. (87 Stunden nach dem Tode) wurde das Herz wieder im Apparat befestigt. Ungefähr eine Minute nach Erneuerung des Flüssigkeitsstromes zeigten sich sehr schwache, nur am Lichtreflex bemerkbare Contractionen im Gebiete der Hohlvenenmündung und einige Zeit darauf ebensolche schwache, aber doch deutliche Contractionen der Herzohren. Nach einigen Minuten verstärkten sich diese Contractionen dermaassen, dass es sogar gelang, sie zu registriren. Die Ventrikel blieben die ganze Zeit unbeweglich. Sie sind trübe, von weisslichgrauer Farbe. Die Herzohren sind an ihren Rändern auch trübe. Der Flüssigkeitsstrom dauerte ungefähr eine halbe Stunde; darauf wurde das Herz wieder auf Eis gebracht. (Siehe Curve Nr. 9.)

Den 10. Juni 2^h Nachm. Das Herz hat ein ganz todttes Aussehen. Die Ventrikel sind von gelblichgrauer Farbe; die Herzohren sind trübe, zusammengeschrumpft und rigid; die Wände der Hohlvenen fangen auch an, ihre Durchsichtigkeit zu verlieren. Jedoch nach halbstündigem Durchfliessen des Flüssigkeitsstromes zeigten sich sehr schwache, am Lichtreflex kaum bemerkbare rhythmische Contractionen im Gebiete der Hohlvenenmündung. $\frac{1}{4}$ Stunde nachher zeigten sich auch Contractionen der Herzohren, dermaassen energische, dass es sogar gelang, sie mit Hülfe eines leichten Hebels zu registriren. (Siehe Curve Nr. 10.) Der Flüssigkeitsstrom wurde bis 3^h 30' unterhalten, worauf das Herz in den Eiskeller gebracht wurde.

Den 12. Juni blieb der Versuch, die Pulsation dieses Herzens wiederherzustellen, erfolglos. Der Herzmuskel ist von trüber, schmutziggrauer Farbe, sehr schlaff. In den Herzhöhlen und grossen Gefässen seiner Wände findet man durch Auswaschung von Blutkörperchen befreite fibrinöse Gerinnsel.

In diesem Versuche gelang es also mit Hülfe wiederholter künstlicher Circulation, die rhythmische Pulsation gewisser einzelner Theile des Herzens eines Kaninchens, welches nicht getödtet, sondern in Folge einer Krankheit gestorben war, wiederherzustellen, sogar nach Verlauf von über 112 Stunden nach dem Tode des Thieres, d. h. also fast nach fünf Tagen!

Anmerkung: Die am 8. Juni stattgefundene Section des Thieres, von welchem dieses Herz genommen wurde, zeigte Folgendes: Die Leichenstarre verschwand schon gänzlich. Das Thier ist ziemlich gut ernährt; kein sehr starkes Abmagern ist nachweisbar. Der Magen ist dank den Speiseüberresten erweitert. Im Dünndarm flüssige, gelbliche Massen in geringer Menge und Gase. Die Blutgefäße der Darmwand und des Mesenteriums sind etwas mit Blut injicirt. Der Dickdarm und das Rectum sind mit halbflüssigen Excrementmassen überfüllt: die Umgebung des Afters ist mit Excrementen beschmutzt. Die Leber, von gelblicher Farbe, muskatartig. Die Milz ist schlaff. Die Nieren, von dunkelrother Farbe, sind mit Blut gefüllt; die Grenze zwischen der corticalen und medullaren Substanz ist deutlich bemerkbar, die Kapsel lässt sich ohne Riss abnehmen. Die Harnblase ist durch trüben, blutigen Harn erweitert. Das Gehirn ist scharf anämisch. Die Pia mater des Bodens des vierten Ventrikels ist ödematös. Muskeln, Haut und Schleimhäute sind blass, anämisch. Die Lungen, die mit dem Herzen entfernt wurden, zeigten keine bedeutenden Veränderungen. *Diagnosis: Enteritis et Nephritis acuta.*

Im Versuche vom 18. Juni (VI) gelang es ebenso, obwohl nur auf kurze Zeit die Pulsation des Herzens eines Meerschweinchens, das am Tage vorher an Enteritis gestorben war, hervorzurufen.

Endlich, in einem der letzten Versuche (VII), wurde bei einem am Sonntag, dem 18. August, um 10^h Morgens gestorbenen Kaninchen das Herz aus der Leiche, welche unmittelbar nach dem Tode auf Eis gelegt worden war, am 21. August ausgeschnitten. Ungefähr eine Minute nach Erneuerung des Circulationsstromes zeigte sich starkes Wühlen und Wogen im Gebiete der Vorhöfe; darauf aber stellte sich eine ziemlich regelmässige und energische Thätigkeit aller Theile des Herzens wieder her. Nach einstündigem Versuch wurde das Herz wieder auf Eis gebracht. Am Montag der folgenden Woche, d. h. am 26. August, zeigten sich nach Erneuerung der Circulation im Gebiete der Vorhöfe und Hohlvenen „Wühlen und Wogen“. Die Restitution der Thätigkeit zeigte sich also *5 Tage nach dem ersten Versuche, und im Ganzen behielt das Herz seine Lebensfähigkeit über 7 Tage nach dem natürlichen Tode des Thieres!*

Diese Versuche waren von sehr grosser Bedeutung für meine weiteren Untersuchungen, da es mir bei ihnen gelang, eine ziemlich regelmässige und energische rhythmische Thätigkeit des Herzens der Warmblüthertiere, die keinen gewaltsamen Tod erlitten hatten, sondern in Folge verschiedener, zufälliger Krankheiten gestorben waren, wiederherzustellen, wo also allmähliches Absterben der Gewebe, eine Agonie resp. ein Todeskrampf stattfinden mussten. Hier haben wir ein schlagendes Beispiel der ungeheuren Lebenszähigkeit des Herzens, schlagend sogar im Vergleiche mit anderen derartigen Fällen, die von

langer Vitalität der Thierorgane zeugen. Es erweist sich, dass das Herz nicht nur langsamer als andere Theile des Organismus abstirbt, sondern noch die Fähigkeit besitzt, ungeachtet dessen, dass es eine Krankheit und eine ziemlich langwierige Agonie durchgemacht hatte, in sich einen gewissen Vorrath von Energie zu bewahren. Aus diesen Beobachtungen können wir schliessen, dass wenigstens in einigen Todesfällen in Folge von Krankheit das Anhalten der Herzpulsation nicht durch Erschöpfung, sondern durch andere Ursachen hervorgerufen wird, und zwar hauptsächlich in Folge von grossem Anhäufen von Stoffwechselproducten im Herzmuskel. In der That sehen wir in der Mehrzahl der oben beschriebenen Beobachtungen, dass die Wiederherstellung der Pulsation desto später eintritt, je mehr Zeit nach dem letzten Anhalten der Herzthätigkeit verstrichen war. Nach Erneuerung des Circulationsstromes am zweiten Tage zeigt sich die Pulsation gewöhnlich sogleich, — grösstentheils schon nach Verlauf von einigen Secunden. Am dritten und vierten Tage ist man dagegen gezwungen, die Flüssigkeit im Laufe einer halben Stunde und noch länger durchzulassen, um das Herz auszuwaschen, d. h. aus ihm die angesammelten Stoffwechselproducte zu entfernen, und dann treten die ersten schwachen rhythmischen Contractionen erst nach Verlauf von einigen Minuten nach Erneuerung der Circulation ein.

Nun drängt sich von selbst noch eine sehr wichtige Frage auf, ob nämlich die Blutgerinnung in den Coronargefässen einen störenden Einfluss auf die Fähigkeit des Herzens, seine Thätigkeit wieder aufzunehmen, habe. Natürlich müssen wir a priori voraussetzen, dass bei Verstopfung der Blutgefässe mit coagulirtem Blut keine normale Circulation mehr möglich sei. Doch fand schon Langendorff, dass in Herzgefässen binnen eines ziemlich langen Zeitraumes gewöhnlich keine Blutgerinnsel sich entwickeln, oder wenigstens, dass sie fast keine schädliche Wirkung auf die Leistungsfähigkeit dieses Organs ausüben. Ich kann nun hinzufügen, dass meinen Versuchen nach die Restitution der Thätigkeit noch dann möglich ist, wenn die Herzhöhlen und die grösseren Gefässe mit Blutcoagula erfüllt sind. Wahrscheinlich vollzieht sich dabei die künstliche Circulation durch enge Lücken zwischen den Gefässwandungen und dem Blutgerinnsel; wenigstens habe ich manchmal bemerkt, dass die Circulation der Flüssigkeit in der ersten Zeit nach der Entstehung der Gerinnsel nur sehr schwer oder gar nicht zu Stande kommt, während bei demselben Herzen viel später, wenn die Gerinnsel schon contrahirt und

verkleinert sind, die ernährende Flüssigkeit durch die Herzgefäße viel leichter und schneller als vorher durchfließt. Dieser Umstand ist für die Versuche am Herzen eines natürlichen Todes gestorbenen Thieres von grosser Wichtigkeit.

Nach solchen Versuchen an todtten Thierherzen scheint die Hoffnung, auch die Pulsation des menschlichen Herzens wiederherzustellen, gar nicht so unerfüllbar, und zwar nicht nur unter solchen Umständen, unter welchen Hédon und Gilis (3), Régnauld und Loye (4), Gley¹⁾, Laborde (8) und Andere ihre Versuche an- gestellt haben, also nicht nur am frisch ausgeschnittenen Herzen eines eben getödteten Menschen, sondern auch an Herzen, die aus den Leichen von Menschen, welche in Folge irgend einer Krankheit gestorben waren, ausgenommen wurden. Dennoch kann ich nicht ausser Acht lassen, dass der obenerwähnten schwachen Hoffnung

1) Gley (6) machte seine Beobachtungen am Herzen eines Verbrechers, dessen Leiche er 1 Minute 25 Secunden nach der Hinrichtung bekam; das Herz wurde 4 Minuten 30 Secunden nach der Hinrichtung ausgeschnitten. Ueber diesen Fall bemerkt Gley Folgendes: „Il n'est sans doute pas inutile de rappeler l'attention sur les conditions dans lesquelles il m'a été donné d'expérimenter. Il est clair que, si le corps d'un supplicié était remis aussi vite dans un laboratoire outillé où, par exemple, on pourrait à l'avance tout disposer pour établir une circulation artificielle, rien ne serait plus simple que d'entretenir pendant plusieurs heures les battements du cœur. Personne ne contestera l'intérêt qu'il y aurait à étudier dans ces conditions les mouvements du cœur chez l'homme sous les influences les plus variées que les physiologistes ont coutume de faire agir sur le cœur des animaux usuels de laboratoire“ (l. c. p. 519.) Natürlich muss man sich der Meinung des Prof. Gley anschliessen, dass die Möglichkeit, auch am menschlichen Herzen zu experimentiren, grosses Interesse bietet, und dass sie ein kostbares Material gibt, um solche Eigenthümlichkeiten der Thätigkeit dieses Organs zu studiren, die den Herzen der Thiere nicht eigen sind. Bei der grossen Bequemlichkeit, welche uns die künstliche Circulation nach der Locke'schen Methode bietet, wäre es natürlich wünschenswerth, diese Methode auch am Menschen zu versuchen. Ich fand es aber unmöglich, in dieser Hinsicht Laborde, Hédon und anderen Untersuchern zu folgen, die die Thätigkeit der Herzen eben hingerichteter Verbrecher studirten, aber ich hatte schon lange im Sinn, die erste Gelegenheit zu benutzen, um die oben erwähnte Methode am Kinderherzen zu versuchen, bei irgend einem der zum Glück selten vorkommenden Fälle, wo die Entbindung auf natürlichem Wege nicht beendet werden kann, und wo zur Rettung der Mutter solche Operationen wie zum Beispiel die Decapitation, die Embriotomie, die Kraniotomie u. s. w. unentbehrlich sind. Bis jetzt jedoch gelang es mir nicht, einen derartigen Fall zu benutzen.

einige ziemlich gewichtige theoretische Erwiderungen entgegengestellt werden könnten, die nicht auf besonders erfolgreiche Resultate zu rechnen gestatten.

Uebergang zu Versuchen am menschlichen Herzen. Theoretische Erwägungen.

Sehr wesentlich erscheint die Frage, inwiefern überhaupt eine künstliche Circulation am menschlichen Herzen anwendbar ist. In den Versuchen von Hédon und Gilis werden rhythmische Contractionen dadurch hervorgerufen, dass defibrirtes, arterielles Blut in die Coronargefäße des Herzens eines circa eine Stunde zuvor hingerichteten Verbrechers eingespritzt wurde. Eine künstliche Circulation mit Salzlösungen wurde bis jetzt am Menschenherzen von Niemandem angewandt. Es stand die Lösung der Frage bevor, was für Bestandtheile die Flüssigkeit haben muss, welche zur Erhaltung der Thätigkeit des menschlichen Herzens brauchbar sein soll; ferner, ob derjenige Grad der Sättigung resp. Uebersättigung mit Sauerstoff für das Menschenherz genügend sein kann, welchen man mittels Durchlassens von reinem Sauerstoff durch die Flüssigkeit unter einem Druck von 1—2 Atmosphären erreichen kann.

Was die mineralischen Bestandtheile der Circulationsflüssigkeit betrifft, so scheint diese Seite der Frage besondere Aufmerksamkeit zu verdienen, da das Herz eine ganz besondere Empfindlichkeit gegen diese oder jene Mineralsalze zeigt, sogar wenn sie in minimalem Quantum beigemischt sind. Die vorhandenen, ziemlich ausführlichen und sorgfältig gemachten Analysen der Bestandtheile des Blutplasmas und Serums geben vorläufig noch keine directe Antwort auf die Frage, welche uns interessirt. Zur Anfertigung der Flüssigkeit, die so glänzende Resultate am Kaninchenherzen gibt, bediente sich Locke der ausführlichen Analysen des Blutes verschiedener Thiere, die von Abderhalden gemacht waren (10). Aus der Gruppe der Mineralsalze, die zu den Bestandtheilen des normalen Blutplasmas gehören, wählte er jedoch nur eine kleine Anzahl solcher, deren Anwesenheit für die Thätigkeit des Herzens absolut nothwendig erschien, und in quantitativer Hinsicht erlaubte er sich ziemlich grosse Ablenkungen von den Ziffern, die von Abderhalden gegeben waren. Wenn wir die Resultate der Analysen des Blutplasmas verschiedener Thiere (nach Abderhalden) und des Menschenblutes (nach den Analysen

von M. Schmidt) vergleichen, können wir sehen, dass der Blutbestand und die Bestandtheile des Blutplasmas verschiedener Thiere ziemlich bemerkbare Verschiedenheiten darbieten; dass das Blut derjenigen Thiere, die nach der Art der Nahrung einander nahe stehen, viel weniger Verschiedenheit in seinem Bestande zeigt als das Blut derjenigen, welche ihrer Nahrung nach sich unterscheiden, worauf auch Abderhalden hinweist. Wenn wir nun die Bestandtheile der Locke'schen Flüssigkeit mit denen des Kaninchenblutplasmas vergleichen, so überzeugen wir uns, dass die von Locke gemachten Abweichungen den absoluten Werth der quantitativen Veränderungen einzelner Bestandtheile des Blutes verschiedener, sehr weit von einander stehenden Thiere weit übertreffen; nichtsdestoweniger ist die Locke'sche Lösung zur Erhaltung der Thätigkeit eines Kaninchenherzens absolut brauchbar. Daraus können wir schliessen, dass diese Flüssigkeit mehr oder weniger genügend die Herzthätigkeit auch anderer Thiere unterhalten kann, von deren Blutplasma sie sich nicht mehr als vom Kaninchenblutplasma unterscheidet; mit anderen Worten: diese Flüssigkeit erscheint gewissermaassen universell.

In der nachfolgenden Tabelle I gebe ich eine Zusammenstellung von Zahlen bezüglich des Gehalts der Hauptbestandtheile des Blutersums des Menschen und einiger Hausthiere (nach C. Schmidt und E. Abderhalden).

Tabelle I¹⁾.

1000 Gewichtstheile des Blutersums enthalten:

	Mensch	Schwein	Ochse	Pferd	Schaf
Wasser	915,15	917,61	913,64	902,05	917,44
Feste Stoffe	84,85	82,39	86,36	97,95	82,56
Eiweiss	74,43	67,74	72,5	84,24	67,50
Zucker	1,0—1,5	1,212	1,05	1,176	1,06
Na ₂ O	4,290	4,251	4,312	4,434	4,303
K ₂ O	0,423	0,27	0,255	0,263	0,256
CaO	(0,123)	0,122	0,119	0,1113	0,117
Chlor	3,659	3,627	3,69	3,726	3,711
Phosphorsäure	0,238	0,197	0,244	0,240	0,232

1) Siehe Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 25 S. 106—107 (1898) und Bunge, Lehrbuch der physiol. Chemie.

Tabelle I (Fortsetzung).

	Ziege	Katze	Hund	Kaninchen
Wasser	907,69	926,93	923,98	925,60
Stoffe	92,31	73,07	76,02	74,40
Eiweiss	78,07	58,60	60,14	53,57
Zucker	1,26	1,52	1,83	1,65
Na ₂ O	4,326	4,439	4,263	4,442
K ₂ O	0,246	0,262	0,226	0,259
CaO	0,121	0,110	0,113	0,116
Chlor	3,691	4,170	4,023	3,883
Phosphorsäure	0,237	0,236	0,242	0,242

Auf Grund dieser Daten aus dem Calcium- und Kaliumgehalt die Quantität der Chlorsalze dieser Metalle berechnend erhalten wir die folgenden Zahlen (auf 1000 Gewichtsteile):

Tabelle II.

	Mensch	Schwein	Ochse	Pferd	Schaf	Ziege	Katze	Hund	Kaninchen	Locke'sche Flüssigkeit
CaCl ₂ . .	0,2457	0,292	0,236	0,221	0,2325	0,24	0,218	0,224	0,23	0,2
KCl . . .	0,45	0,428	0,404	0,417	0,405	0,39	0,415	0,3575	0,41	0,2

Der Unterschied des Gehalts z. B. an Chlorcalcium im Serum verschiedener Thiere beträgt also kaum 0,01 %; die Locke'sche Flüssigkeit aber, die von diesem Salze im Vergleich mit dem Kaninchenserum nur etwa die Hälfte enthält (0,02 anstatt 0,041 %), ist dennoch zur Erhaltung der Thätigkeit des Kaninchenherzens während sehr langer Zeit vollständig brauchbar. Es ist ganz natürlich, vorauszusetzen, dass auch die Herzen anderer Thiere, deren normales Blutserum nach seinem Mineralgehalt sich etwas von der Locke'schen Flüssigkeit unterscheidet, wie das Kaninchenserum, ihre Lebensfähigkeit behalten und mehr oder weniger lange Zeit eine regelmässige Pulsation beim Circuliren dieser Flüssigkeit in den Herzgefässen zeigen können. Dass es wirklich so ist, davon überzeugen uns einerseits die Versuche von Locke selbst, welcher seine Flüssigkeit zuerst am Froschherzen versucht hatte¹⁾, andererseits meine eigenen

1) Vergl. auch die Angaben von Brandenburg (20) über die Brauchbarkeit der Serums von verschiedenen Thieren auf das Froschherz.

Versuche, bei welchen die Thätigkeit der Vogelherzen (11), ferner der Herzen von Hunden, Schweinen, Katzen und Meerschweinchen erzielt wurde. Allerdings gelang es nicht, in allen Versuchen eine gleichdauernde und regelmässige Pulsation zu erhalten, aber jedenfalls contrahirten sich die Herzen obenerwähnter Thiere mehrere Stunden lang ohne Unterbrechung. Aus diesem Grunde wird die Voraussetzung ganz unwahrscheinlich, dass das menschliche Herz eine Ausnahme bilde, und dass es zur Erhaltung seiner Thätigkeit einer Flüssigkeit mit ganz anderem Gehalt bedürfe. Wäre das aber wirklich so, so könnte man, Locke's Methode befolgend, auf Grund der vorhandenen Analysen für das menschliche Herz eine besondere Flüssigkeit anfertigen, die dem Mineralgehalt des menschlichen Blutserums näher stände¹⁾, ja selbst zur früheren Langendorff'schen Methode der künstlichen Circulation mit defibrinirtem Blut seine Zufucht nehmen. Ich wiederhole aber, dass dieses nicht nöthig war, und zunächst musste die Locke'sche Flüssigkeit oder eine Flüssigkeit von stärkerer Concentration (nach Abderhalden: CaCl_2 0,023, KCl 0,041, NaHCO_3 0,02, NaCl 0,9, Dextrose 0,1 %) erprobt werden. Von grosser Wichtigkeit war dabei auch die Frage nach dem Sauerstoffgehalte. Es ist bekannt, dass der Betrag des Sauerstoffs im arteriellen Blute verschiedener Thiere verschieden ist. Das arterielle Blut des Hundes enthält 19—25 Volumina Sauerstoff (bei 0° C. und 760 mm Druck), während das Blut einiger Pflanzenfresser nur 10—15 Volumen auf 100 Theile Blut enthält. Im Zusammenhang damit muss auch der grössere oder geringere Bedarf der Gewebe an Sauerstoff bei verschiedenen Thieren stehen. Beim Durchlassen von Wasser oder einer schwachen Salzlösung mit reinem Sauerstoff, wie es Locke gemacht hat, übertrifft die Menge des in der Flüssigkeit gelösten Sauerstoffs weit mehr den Betrag, welchen man durch Absorption dieses Gases aus der Luft unter gewöhnlichem partiellem Druck erhält, und die Flüssigkeit ist dann, wie es sich erweist, übersättigt [siehe unter Anderem die Resultate von Dserzgowsky (12).] Der Ueberfluss des gelösten Sauerstoffs geht beim Durchfliessen der Flüssigkeit durch die Capillaren der Herzwandungen mit grosser Leichtigkeit in den Stoffwechselprocess mit den lebenden Geweben ein. Bei

1) Z. B. mit folgendem Mineralgehalt: CaCl_2 0,025, KCl 0,045, Na_2HPO_4 0,036, NaHCO_3 0,03 bis 0,04, NaCl zur Erhaltung einer isotonischen Lösung ca. 0,9 und Dextrose 0,1—0,15 %.

der sogar unter solchen Umständen schwachen Löslichkeit des Sauerstoffs kann man natürlich nicht behaupten, dass seine Menge in unserer Salzlösung dem Quantum gleich sein könnte, welches die lebenden Gewebe durch das Blut erhalten. Die Gewebe des Kaninchenherzens jedoch, wie es der Versuch zeigt, können sich im Laufe langer Zeit auch mit diesem Quantum Sauerstoff begnügen. Wenn der Bedarf an Sauerstoff bei den Geweben des menschlichen Körpers auch wirklich sehr gross sein sollte, so ist es doch andererseits bekannt, dass dieser Bedarf in Abhängigkeit von der Arbeit der Organe fortwährend wechselt, und dass die Gewebe verschiedenen Graden ungenügender Athmung sich anpassen können. Daher kann man erwarten, dass man selbst bei ganz geringer Zufuhr von Sauerstoff unter den künstlichen Bedingungen des Versuchs die Thätigkeit des Herzens hervorrufen kann. Was das Herz betrifft, so ist es ausserdem bekannt, dass sein Bedarf an Sauerstoff verhältnissmässig nicht besonders gross ist. Bei der Asphyxie arbeitet das Herz noch ziemlich lange Zeit, wenn das Blut seinen arteriellen Charakter schon ganz verloren hat. Die Herzen vieler Wirbelthiere (z. B. der Fische) sind fast ausschliesslich mit venösem Blute versehen. Die Herzen der Säugethierembryonen werden von gemischtem Blut ernährt. Und dennoch unterscheidet sich die Energie der Pulsation dieser Herzen nur sehr wenig von derjenigen eines solchen, welches mit arteriellem Blut genährt wird.

Weiter stehen wir vor der Frage, ob man das Menschenherz mit den Herzen der Thiere direct vergleichen kann, und ob man alles das, was die Versuche an Kaninchen-, Hunde-, Katzen- und anderen Herzen ergeben haben, ohne Weiteres auf das Menschenherz beziehen kann. Die Organe des menschlichen Körpers sind natürlich in weit höherem Grade differenzirt; sie zeigen eine weit grössere Complicität und Feinheit des Baues und können sich deshalb viel empfindlicher gegen jeden Wechsel der umgebenden Verhältnisse erweisen; man könnte z. B. voraussetzen, dass starkes Abkühlen, welches das Herz von Thieren niederer Organisation ohne Schaden ertragen wird, schon im Stande sein dürfte, ein menschliches Herz zu tödten. Jedoch ist es kaum annehmbar, dass die Gewebe und Organe des menschlichen Körpers etwas ganz Besonderes, Ausschliessliches vorstellen sollten. Alles das, was wir am Herzen einer ganzen Reihe von Thieren, die zu verschiedenen Classen und Typen gehören, beobachten können, muss auch mit Wahrscheinlichkeit auf's menschliche Herz Bezug

haben. Der Unterschied kann hier nur ein quantitativer sein und sich in grösserer oder geringerer Intensität der Erscheinungen, in ihrer längeren oder kürzeren Dauer äussern, nicht aber in wesentlichen Differenzen zum Ausdruck gelangen.

Der Umfang des menschlichen Herzens bietet bei den Versuchen viele und grosse Schwierigkeiten dar. Hiermit sind nicht nur die technischen Schwierigkeiten gemeint, welche die Anfertigung eines besonderen Apparates zur Unterhaltung einer genügend starken Circulation in einem so umfangreichen Organe, wie es das Menschenherz ist, mit sich bringt. Man darf ausserdem nicht vergessen, dass z. B. am Kaninchenherzen gerade die feinsten Theile desselben die grösste Lebensfähigkeit besitzen: die Herzwand im Gebiete der Hohlvenenmündung, die dünnen Theile der Wände, der Vorhöfe und Herzhöhlen, ja überhaupt diejenigen Theile, in welchen in Folge ihrer geringen Dicke ein Stoffwechsel durch Absorption von Sauerstoff direct aus der umgebenden Luft oder Flüssigkeit und durch Diffusion bis zu gewissem Grade möglich ist. In tiefer gelegenen Theilen eines dickeren Gewebes dagegen verläuft der asphyktische Process natürlich viel rascher und erreicht einen höheren Grad.

Es liesse sich noch eine ganze Reihe von Beweisen anführen, welche einerseits gegen, andererseits für die Möglichkeit der Wiederbelebung des menschlichen Herzens sprechen. Jedoch alle diese theoretischen Erwägungen lieferten keine positive Antwort auf die uns interessirende Frage; dagegen gab mir eine lange Reihe von Versuchen am Herzen der Kaninchen und verschiedener anderer Thiere nicht nur Hoffnung, sondern die volle Ueberzeugung, dass man früher oder später auch am menschlichen Herzen die gewünschte Restitution der Thätigkeit erreichen werde.

Die Wiederbelebung des menschlichen Herzens.

Die ersten Versuche hatten aber keinen günstigen Erfolg. Das Herz eines erwachsenen Menschen, gestorben am 19. Juni um 3^h Nachmittags an einer Gastroenteritis nach langwieriger Agonie (während welcher Injectionen von Kampher und anderen Reizmitteln wiederholt angewandt wurden). Die Section erfolgte am 20. Juni, und das Herz, mit Eis belegt, wurde sogleich in's Laboratorium ge-

bracht¹⁾. Nach einem einstündigen Durchfliessen der Locke'schen Flüssigkeit (Concentration nach Abderhalden, d. h. mit Gehalt von CaCl_2 0,021 und KCl 0,042 %) durch die Canüle, die in die Aorta eingebunden war, zeigten sich nicht die geringsten Spuren von Pulsation. Zur Unterhaltung eines beständigen Circulationsstromes wurde in diesem Versuche derselbe Apparat angewandt, den ich gewöhnlich in Versuchen mit Kaninchenherzen benutzte. Aber der Flüssigkeitsstrom, welcher für das Kaninchenherz vollkommen genügte, war zu schwach für solch' ein umfangreiches Organ wie das Herz eines erwachsenen Menschen, so dass am Ende des Versuches das Präparat kaum erwärmt wurde. Diese Erscheinung muss zu den sehr ungünstigen Umständen gerechnet werden. Ausserdem, wie oben erwähnt, war das Präparat aus der Leiche eines Menschen ausgeschnitten worden, der nach langwieriger Agonie gestorben war. Das Herz wurde in's Laboratorium direct im Eise gebracht, welches unterwegs aufthaute, und das Präparat verfiel der unmittelbaren Einwirkung des Wassers. Obwohl dieser erste Versuch zu keinen positiven Resultaten führte, konnte er dennoch keineswegs von entscheidender Bedeutung sein, und jedenfalls raubte er mir nicht die Hoffnung, in der Zukunft erfolgreichere Resultate zu erzielen. Nur Eines unterlag keinem Zweifel: dass nämlich der von mir benutzte Apparat seinen Dimensionen nach für das Herz eines erwachsenen Menschen absolut unbrauchbar war. Aus diesem Grunde musste man entweder einen neuen Apparat construiren oder sich zu weniger umfangreichen Kinderherzen wenden.

Anfang August des vorigen Jahres (1902) bekam ich in Folge der Liebenswürdigkeit des Oberarztes der St. Petersburger Waisen-erziehungsanstalt Dr. M. D. Van-Puteren, dem ich nochmals meinen innigsten Dank ausspreche, die Möglichkeit, das Leichenmaterial des Kinderhospitals an dieser Anstalt zu benutzen. Bei den verhältnissmässig geringen Dimensionen des Kinderherzens konnte ich zur Unterhaltung der künstlichen Circulation den gewöhnlichen Apparat benutzen. Der erste Versuch am Kinderherzen blieb jedoch

1) Für die freundliche Ueberlassung dieses Präparates halte ich für meine Pflicht, meinem Collegen Dr. S. S. Wirsaladse hier meinen besten Dank auszusprechen.

erfolglos, ungeachtet dessen, dass ich das Präparat in ganz frischem Zustande erhalten hatte¹⁾.

Den 1. August. Ein Mädchen, gestorben an Erysipelas um 4^h Morgens am achten Tage nach der Geburt. Dank den besonderen Umständen des Todes, die eine frühzeitige Section gestatteten, wurde das Herz schon um 11^h Morgens ausgeschnitten. Das Präparat wurde sofort in's Laboratorium gebracht. In den grossen Gefässen und in den Herzkammern befinden sich Blutgerinnsel, in den kleineren Herzgefässen ist das Blut noch flüssig; am Herzmuskel selbst constatirt man Merkmale beginnender Leichenstarre: die Ventrikel sind schon rigid, die Herzohren — geschrumpft und ebenfalls etwas starr. Die Circulation mit gewöhnlicher Lockescher Flüssigkeit wurde genau um 12^h Mittags, d. h. acht Stunden nach dem Tode des Kindes, angefangen. Die Pulsation zeigte sich in keinem Theile des Herzens, sogar nach einer halbstündigen Circulation. Das Durchlassen eines reinen Sauerstoffs durch die Herzgefässe unter einem Drucke von ungefähr zwei Atmosphären (nach Magnus) blieb ebenfalls erfolglos.

Obwohl in diesem Versuche das Herz sehr bald nach dem Tode erhalten wurde, so gestattete doch die früh eingetretene Starre des Herzmuskels nicht, auf positive Resultate besonders zu rechnen. In allen meinen vorhergegangenen Versuchen an Säugethierherzen war eine deutlich ausgesprochene Leichenstarre des Herzmuskels ebenfalls stets ein schlechtes Vorzeichen, bei dessen Auftreten es gewöhnlich nicht gelang, die volle Herzthätigkeit wiederherzustellen²⁾.

Nach diesen zwei misslungenen Versuchen erhielt ich am 3. August das Herz eines 3 monatlichen Kindes (M. A . . . w., geboren den 5. Mai, gestorben den 2. August), das am Tage vorher an einer Pneumonia duplex gestorben war. Die am 3. August um 11^h Morgens stattgefundene Section zeigte eine starke Verhärtung des Gewebes der beiden Lungen, eine leichte Starre der Skelettmuskeln.

1) Da die Leichen der Kinder sich sehr rasch zersetzen, so existirt in unseren Hospitalern der Gebrauch, dem zu Folge beim Vorhandensein unzweifelhafter Symptome des Todes und auf Grund einer besonderen Erlaubniss des Oberarztes die Section früher als nach Verlauf von 24 Stunden gestattet wird (jedoch nicht früher als 8 Stunden nach dem Tode).

2) Dennoch gelang es Heubel (14) öfters eine Restitution der Thätigkeit am Froschherzen zu erzielen, sogar nach vollständig eingetretener Leichenstarre (siehe unten).

Das Herz ist ganz weich, das Blut in den Gefäßen desselben ist noch flüssig und enthält nur kleine lockere Gerinnsel. Das Präparat wurde in's Laboratorium eine halbe Stunde nach der Section gebracht, und sofort liess man durch seine Gefäße nach gewöhnlicher Methode die Locke'sche Flüssigkeit von gewöhnlicher Concentration (d. h. CaCl_2 , KCl , NaHCO_3 ca. 0,02, NaCl 0,9 und Dextrose 0,1 %) fließen, die bis 39°C . erwärmt und mit Sauerstoff gesättigt war. Einige Zeit blieb das Herz vollkommen bewegungslos. Da in der Mehrzahl der früheren Versuche an Kaninchenherzen die Pulsation sich gewöhnlich, wenn ihre Restitution überhaupt gelang, nach wenigen Minuten oder sogar Secunden zeigte, so wollte ich schon nach $\frac{1}{4}$ -stündiger Beobachtung den Versuch beenden, da ich voraussetzte, dass auch dieses Mal das Experiment erfolglos bleiben würde, als ich zufällig in's Nebenzimmer gerufen wurde. *Als ich nach ca. fünf Minuten wiederkehrte, bemerkte ich, dass in den Wänden der Vorhöfe sich schwache, langsame und seltene rhythmische Contractionen zeigten; es war, als ob die Vorhöfe zu „athmen“ anfangen. Bald verstärkten sich diese Contractionen; sie wurden häufiger und verbreiteten sich auf den rechten Ventrikel, worauf auch das ganze Herz anfing, regelmässig und regelrecht zu schlagen* (Curve Nr. 11). Die Contractionen wurden nach der gewöhnlichen Art und Weise registriert, und es wurden einige Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur der circulirenden Flüssigkeit gemacht, welche mittelst eines in die Canüle eingeführten Thermometers gemessen wurde. Die Häufigkeit der Contractionen war etwas geringer als beim frisch ausgeschnittenen Kaninchenherzen bei gleicher Temperatur. Bei 39° iger Temperatur der Flüssigkeit gab das Herz gegen 70—80 Contractionen in der Minute (s. Curve Nr. 12), bei 40°C . — von 88—94 und bei 41°C . — von 98—102 Contractionen in der Minute (s. Curven Nr. 13 und 14). Bei 40° war die Pulsation ziemlich regelmässig und normal; bei 41° jedoch zeigten sich sehr bald Störungen des Rhythmus, die sich in Arrhythmie ausdrückten, wie das aus der Curve Nr. 15 ersichtlich ist. Die Unterbrechung des Stromes rief eine Herabsetzung des Niveaus der ganzen Reihe von registrierten Contractionen in Folge der Herzerschlaffung hervor, und bald blieb das Herz ganz stehen; nach Erneuerung des Circulationsstromes zeigten sich sehr bald wieder die Contractionen (s. Curven Nr. 14 und 16). Sie waren im Vergleich mit der Thätigkeit des Kaninchenherzens während der ganzen Zeit nicht sehr stark und

rasch. Der Versuch dauerte etwas über eine Stunde. Am Ende dieses Zeitabschnittes wurden die Contractionen bedeutend schwächer; das Herz scholl stark an, und seine Muskeln sahen ödematös aus, wahrscheinlich in Folge zu starken Druckes der Flüssigkeit. Nach der Beendigung des Versuchs wurde das Herz auf Eis gebracht. Am folgenden Tage gelang es nicht, die Pulsation wieder hervorzurufen.

In diesem Versuche konnte ich also 20 Stunden nach dem Tode mittelst künstlicher Circulation der Locke'schen Salzlösung die regelmässige rhythmische Thätigkeit am Herzen eines in Folge von Krankheit gestorbenen Kindes wiederherstellen, wobei es mir gelang, die Pulsation über eine Stunde zu unterhalten. Abgesehen davon, dass dieser Versuch der erste Fall einer erfolgreichen Anwendung der künstlichen Circulation mit Salzlösungen am Organe des menschlichen Körpers ist, haben wir hier einen Fall der Wiederbelebung des Menschenherzens nach einer beinahe 24stündigen Unterbrechung vor uns, die durch einen natürlichen, nicht durch gewaltsamen Tod hervorgerufen wurde.

Die Wiederbelebung und Restitution der Thätigkeit wird nicht immer mit gleicher Leichtigkeit erzielt. Hier sind sehr viele Bedingungen von grosser Wichtigkeit; so unter anderen auch die Art der Krankheit. Die Beschreibung der nächstfolgenden Versuche gibt uns einiges Material zur Beurtheilung dieser Bedingungen.

Am selben Tage (3. August) erhielt ich noch ein anderes Herz eines 6monatlichen Kindes, welches in Folge von Pneumonia und Catarrhus gastro-intestinalis gestorben war. Das Herz wurde 21 Stunden nach dem Tode ausgeschnitten. In den Skelettmuskeln fing die Leichenstarre zu verschwinden an. Die Herzventrikel sind contrahirt und rigid, in den Vorhöfen und grossen Gefässen befinden sich feste Blutgerinnsel. In Folge solcher Zustände des Muskels wurde das Herz, als für den Versuch wenig brauchbar, bis 2^h 50' Nachmittags in Ruhe gelassen und erst nach Beendigung des Versuchs mit dem vorhergehenden Präparate im Apparat befestigt. Ungefähr 10 Min. nach Anfang des Circulationsstromes der bis auf 40° C. erwärmten Flüssigkeit zeigten sich auch an diesem Herzen deutliche rhythmische Contractionen des rechten Herzohres. Die Wiederbelebung der anderen Herztheile wurde sogar nach 1 stündigem Versuch nicht erzielt. Das Schlagen des rechten Herzohres stellte sich an diesem Herzen 25 Stunden nach dem Tode wieder her.

Beim Versuche vom 8. August, zu welchem ich das Herz eines 3 monatlichen Kindes, das an *Pneumonia gravis* gestorben war, schon 9 Stunden nach dem Tode bekommen hatte, wobei aber das Herz, ungeachtet der schwach ausgesprochenen Leichenstarre der Skelettmuskeln, schon rigid und mit Blutcoagula angefüllt war, zeigten sich nur am Lichtreflexe bemerkbare Contractionen der Vorhöfe erst $\frac{1}{2}$ Stunde nach Anfang der Circulation; sie wurden aber schwach und verschwanden sehr bald gänzlich.

An einem anderen Herzen, welches ich am selben Tage von einem Kinde, das an *Pleuritis exsudativa sinistra* gestorben war, erhalten hatte, gelang die Restitution der Thätigkeit nicht.

Den 10. August um 12^h 15' Mittags wurde das Herz eines Kindes (A. W...oi, geb. den 8. April, gest. den 9. August), das am Tage vorher um 7^h Morgens an *Cholera infantum* gestorben war, ausgeschnitten. Der Circulationsstrom wurde um 1^h Nachmittags, d. h. genau 30 Stunden nach dem Tode, angefangen. Nach einer halben Stunde zeigten sich noch keine Spuren von Pulsation; erst nach Verlauf von ca. 1 Stunde nach Anfang des Versuches traten zunächst schwache, kaum bemerkbare Contractionen des rechten Herzohres ein, die immer stärker und stärker wurden und sich auf die beiden Vorhöfe verbreiteten. Die Circulation dauerte 2 Stunden. Die Contractionen der Ventrikel blieben ganz aus, die Vorhöfe aber pulsirten die ganze Zeit (siehe Nr. 17 und 18).

Im Versuche vom 13. August erhielt ich das Herz eines an *Diphtheritis* und *Septicämia* gestorbenen Kindes. Der Herzmuskel hatte ein ganz frisches Aussehen und war ganz weich; das Blut in den Kammern und Gefäßen des Herzens war flüssig. Dennoch blieb die künstliche Circulation (angefangen 26 Stunden nach dem Tode) vollständig erfolglos, und sogar nach Verlauf von $1\frac{1}{2}$ Stunden zeigten sich keine Spuren von Contractionen weder der Herzohren noch der Wände der Vorhöfe.

Ein anderes Herz eines Kindes (N. F...w, geb. den 2. Mai, gest. den 12. August, um 8^h Morgens), gestorben an *Pneumonia*, *Diphtheritis oculi et Meningitis* zeigte nach Erneuerung der Circulation 28 Stunden nach dem Tode nach Verlauf ca. 1 Stunde eine deutliche Pulsation des rechten Herzohres. Nach 20 Minuten anhaltender Thätigkeit wurde das Herz vom Apparat genommen und auf einige (ca. 4) Stunden im Laboratorium bei gewöhnlicher Temperatur liegen gelassen. Nach Erneuerung der Circulation zeigten sich

die Contractionen des Herzohres sofort und dauerten über eine Stunde.

Den 24. August wurde das Herz aus der Leiche eines Kindes (A. P...oi, geb. den 11. April, gest. den 22. August, um 5^h 30', an Bronchitis, Peritonitis et Meningitis) ausgeschnitten. Die Circulation der Flüssigkeit wurde 18 Stunden nach dem Tode angefangen. Weniger als nach Verlauf einer Viertelstunde zeigte sich die Pulsation der Herzohren und Vorhöfe, und noch nach 10 Minuten fing auch der rechte Ventrikel zu schlagen an, zuerst waren die Schläge sehr langsam und selten, mit dem Rhythmus der Vorhöfe nicht zusammenfallend, später aber wurden sie häufiger. Das Herz contrahirte sich ziemlich lange Zeit (über 2 Stunden), aber seine Thätigkeit war während der ganzen Zeit nicht regelmässig.

Am 28. August (P. S...oi, geb. den 28. Juni, gest. den 28. August, um 2^h 30' Nachts, an Pneumonia duplex et Catarrhus intestinalis). Das Herz, dessen Ventrikel schon rigid waren und in dessen Höhlen und Gefässen Blutgerinnsel sich befanden, wurde im Apparat 10 Stunden nach dem Tode befestigt. Nach einer halben Stunde traten die schwachen Pulsationen des rechten Herzohres, die ungefähr 2 Stunden dauerten, hervor; auf die anderen Theile des Herzens verbreiteten sie sich jedoch nicht, und nach Ablauf der erwähnten Zeit schwächten sie sich deutlich ab.

Alle oben beschriebenen Beobachtungen und Versuche an Kinderherzen stelle ich in der nachfolgenden Tabelle (III) neben einander. (Siehe die Tabelle S. 560.)

Von den zehn untersuchten Herzen ergaben nur drei keine Spuren der Restitution der Thätigkeit unter der Einwirkung der Circulation; wie man aus der Tabelle ersehen kann, lag der Grund dafür jedenfalls nicht im zu langen Zeitraum zwischen dem Tode und dem Anfang des Versuches. So finden wir, dass die Contractionen nicht wiederhergestellt werden konnten gerade an einem der frischen Kinderherzen, die mir überhaupt zu Gebote standen (Versuch Nr. 1); indessen bekamen wir mehr oder weniger starke Contractionen der Herzohren in anderen Versuchen, sogar noch 30 Stunden nach dem Tode. Somit unterliegt es keinem Zweifel, dass die Art der Krankheit, die den Tod bewirkte, auf das Erhalten der Lebensfähigkeit eines Herzens einen grossen Einfluss haben muss, indem sie auch die Zeit des Auftretens der Muskelstarre beeinflusst. Zu der hier berührten Frage, die natürlich viel ausführlicher be-

Tabelle III.

Nr. der Versuche	Monat und Datum	Geschlecht und Alter des Kindes	Krankheit	Wie viel Stunden nach dem Tode der Versuch angefangen wurde	Zustand des Herzmuskels	Resultate des Versuchs
1	1. August	Mädchen, 8 Tage	Erysipelas	8 Stunden	Beginnende Todtenstarre. Flüssiges Blut.	Die Wiederbelebung gelang nicht
2	3. August	Knabe, 5 $\frac{1}{2}$ Mon.	Pneumonia et Catarrh ventriculo intestinal.	24 "	Leicht rigider Zustand des Ventrikels. Gerinnsel in den Herzkammern	Schwache Pulsation des rechten Herzohres
3	3. August	Knabe, 4 Monate	Pneumonia duplex et Cat. intestinalis	20 "	Keine Leichenstarre	Vollständ. Wiederbelebung
4	8. August	Knabe, 3 Monate	Pneumonia gravis	9 "	Rigidität der Ventrikeln. Blutgerinnsel	Sehr schwache Pulsation der Vorhöfe
5	8. August	Knabe, 3 Monate	Pleuritis, Pneumonia duplex	18 "	Etwas rigid und mit flüssigem Blut gefüllt	Wiederbelebung nicht gelungen
6	10. August	Mädchen, 4 Mon.	Cholera infantum	30 "	Etwas erhärtet und mit Blutgerinnsel gefüllt	Pulsation der Herzohren u. des rechten Vorhofes
7	13. August	Knabe, 5 Monate	Diphtheritis oculi et Septicaemia	26 "	Der Herzmuskel ist weich, das Blut flüssig	Wiederbelebung nicht gelungen
8	13. August	Knabe, 3 Monate	Diphtheritis et Meningitis	28 "	Ventrikel rigid und mit Blutgerinnsel gefüllt	Pulsation des rechten Herzohres
9	23. August	Mädchen, 6 Mon.	Peritonitis et Meningitis	10 "	Die Ventrikel sind weich	Pulsation der Vorhöfe und des rechten Ventrikels über 2 Stunden
10	28. August	Knabe, 2 Monate	Pneumonia duplex et Cat. intestin.	10 "	Die Ventrikel etwas rigid und mit Blutgerinnsel gefüllt	Schwache Pulsation des rechten Herzohres

arbeitet werden muss, hoffe ich mit der Zeit zurückkehren zu können.

Noch möchte ich hier, jedoch ganz kurz, eine andere, ebenfalls sehr wichtige Bedingung der Möglichkeit der Wiederbelebung berühren, deren Bedeutung sofort in's Auge fallen muss, nämlich das Auftreten der Muskelstarre des Herzens. Es wurde schon flüchtig erwähnt, dass das Eintreten einer deutlich ausgesprochenen Starre der Ventrikel gewöhnlich ein ungünstiges Vorzeichen ist, und die Restitution der Thätigkeit selbst nur der Vorhöfe gelingt an solchen Herzen höchst selten. Die Misserfolge bei einigen Versuchen an Kinderherzen muss man wenigstens theilweise durch die zu früh und zu stark entwickelte Leichenstarre des Herzens erklären. Dennoch habe ich schon einiges entsprechendes Material gesammelt, um die Voraussetzung aussprechen zu dürfen, dass die Leichenstarre durchaus nicht als ein absolutes Hinderniss für die Restitution der automatischen Thätigkeit eines Warmblüterherzens angesehen werden kann. Und in der That, in einigen der eben beschriebenen Versuche war das Herz vor Anfang der künstlichen Circulation ziemlich rigid, die Ventrikel waren contrahirt, zusammengeschrumpft und trübe, und dennoch konnte ich zuweilen an solchen Herzen nach Verlauf von mehr oder weniger langer Zwischenzeit eine volle Restitution der Thätigkeit aller Herztheile erlangen. Weiter sehen wir, dass das Auswaschen der Herzgefäße mit Locke'scher Flüssigkeit zweifelsohne das Eintreten der Muskelstarre verzögert oder sogar ganz beseitigt. Obwohl einige Physiologen die Meinung aussprachen, dass die Leichenstarre vom totalen und endlichen Untergang des Muskelgewebes und vom unwiderruflichen Verlust aller seiner functionellen Eigenschaften zeugt, so kann man heut zu Tage diese Meinung kaum mehr aufrecht erhalten. Schon vor ziemlich langer Zeit hatte Heubel (14) eine ganze Reihe von Versuchen der Wiederbelebung eines Froschherzens, sogar nach dem Eintreten von verschiedenen Arten der Muskelstarre, beschrieben. Eine vollständige starke Starre erhielt er durch Eintauchen des Herzens in concentrirte Salzlösungen, durch Einwirkung von Giften, durch hohe und niedrige Temperatur, und nach Beseitigung der wirkenden Ursache beobachtete er bei Erneuerung der Blutzufuhr fast in allen Fällen die Restitution einer regelmässigen rhythmischen Pulsation, ebenso auch in Fällen von spontan eingetretener Todtenstarre, an dem ausgeschnittenen Froschherzen. Die zahlreichen und sorgfältig

angestellten Versuche von Heubel bezeugen unzweifelhaft, dass ziemlich stark ausgesprochene Muskelstarre eines Froschherzens nicht nur kein Zeichen des vollständigen Unterganges dieses Organes ist, sondern dass sie durch mehr oder weniger langes Auswaschen ganz beseitigt werden kann, worauf das Herz wieder wie ein normales zu functioniren beginnt. Die Versuche von Mangold ferner beweisen, dass auch die Todtenstarre der Skelettmuskeln von Warmblütern beseitigt werden kann, und dass der Muskel unter dem Einfluss elektrischer Reizung zu Contractionen wieder befähigt wird. Viele von meinen oben beschriebenen Versuchen zeugen davon, dass auch an einem Warmblüterherzen die Todtenstarre, wenigstens leichte Grade derselben, nicht als absolutes Hinderniss für die Restitution der selbstständigen Pulsation angesehen werden kann, wenn nur der Herzmuskel genügend ausgewaschen und von den im Gewebe angesammelten Producten befreit ist. Dasselbe gilt natürlich auch für das menschliche Herz.

Es ist nicht nothwendig, zu beweisen, was für ein ausserordentliches theoretisches Interesse derartige Versuche haben, als ein neues, höchst anschauliches und prägnantes Beispiel der bewundernswürdigen Lebenszähigkeit des Herzens. Die Möglichkeit der Wiederbelebung und Restitution der automatischen selbstständigen Thätigkeit des Herzgewebes der Menschen und der Thiere, die spontan, d. h. an gewöhnlichen Krankheiten, gestorben waren, — und dazu noch ziemlich lange Zeit nach dem Tode, ist jedenfalls eine neue und interessante Thatsache, die als Beweis dafür dienen kann, dass wenigstens in einigen Fällen des natürlichen Todes das beim Tode eintretende Anhalten der Herzthätigkeit resp. das Aufhören seiner Pulsation nicht durch Erschöpfung dieses Organs hervorgerufen wird, sondern in Folge der Anhäufung von Producten des Stoffwechsels in dem Gewebe (welcher vielleicht unter dem Einfluss des pathologischen Processes sich geändert hat). Nach Beseitigung derselben durch Auswaschen der Herzgefäße mit physiologischer (Locke'scher) Lösung lässt sich die Fähigkeit des Herzens zu regelmässiger automatischer Thätigkeit auf lange Zeit wieder herstellen.

Natürlich darf man nicht die directe praktische Bedeutung der oben erwähnten Versuche überschätzen. Es wäre viel zu unvorsichtig und zu übereilt, auf Grund dieser Versuche etwa einige Schlüsse

auf die Möglichkeit der Wiederbelebung der ganzen Leiche, also der Restitution des Lebens von todtten Thieren und gestorbenen Menschen, zu ziehen. In diesem Falle handelt es sich ja nicht um Wiederbelebung des Herzens allein, sondern auch aller übrigen Organe und Gewebe und an erster Stelle um die Restitution der Functionen des Centralnervensystems. Bezüglich des letzteren haben wir nur sehr wenig genaue Beobachtungen in dieser Hinsicht. So hat Langendorff bemerkt, dass er nach einer zeitlichen Unterbrechung des Blutkreislaufs im Gehirn einen sehr raschen Wechsel der Reaction der grauen Gehirnssubstanz hervorrief, die aus einer alkalischen oder neutralen zur sauren wurde; nach Erneuerung der Circulation kehrte die frühere alkalische Reaction wieder. Man kann sich den Zusammenhang dieser alkalischen Reaction mit einem functionsfähigen Zustande des Gehirns denken. Uebrigens hat Herzen (19) einige Wiederbelebungsversuche beschrieben, bei welchen es ihm gelungen war, die bei temporärer Beseitigung des Blutkreislaufs verschwundenen Gehirnfunktionen am Kaninchen durch Erneuerung der Blutcirculation in diesem Organe wiederherzustellen. Auch Brown-Séguard hatte viele Untersuchungen über die Wiederbelebung gemacht. Diese alten Versuche bedürfen jedoch einer neuen Bekräftigung. Jedenfalls zwingen unsere Versuche, die auf eine sehr bedeutende Lebensfähigkeit eines der Organe des Körpers hinweisen, zu weiteren Studien in dieser Richtung in Betreff auch anderer Organe. Und in der That, bezüglich des Herzens, das, wie man bis jetzt glaubte, ein Anhalten der Thätigkeit und eine Unterbrechung der Blutzufuhr nur sehr kurze Zeit, die nach Minuten gezählt wird, aushalten könne, erweist es sich, dass es solch eine Unterbrechung nicht nur viele Stunden, sondern selbst einige Tage überleben kann. Es erscheint desshalb ganz natürlich, wenn man annimmt, dass auch das Zeitmaass für die Lebensfähigkeit anderer Gewebe und Organe dementsprechend geändert werden muss, und dass zum Beispiel für das Nervengewebe, das, wie man bis jetzt glaubte, eine Unterbrechung der Blutcirculation über einige Minuten oder sogar Secunden kaum vertragen könne, diese Zeitdauer unter gewissen Bedingungen, wenn nicht nach Tagen, so doch wenigstens nach Secunden gemessen werden kann. Die Frage über die Wiederbelebung, ich wiederhole es, bedarf dringend einer neuen Bearbeitung. Bevor man jedoch an Versuchen der Wiederbelebung ganzer Leichen denken dürfen wird, muss man sorgfältig

und ausführlich die Bedingungen der Lebensfähigkeit, der Unterbrechung und der Restitution der Thätigkeit aller einzelnen Gewebe und Organe des Körpers durch und durch studirt haben. Für ein solches Studium aber erscheint als ein höchst bequemes und brauchbares Mittel die Methode der künstlichen Circulation bei entsprechenden Veränderungen derselben gemäss den Anforderungen jedes einzelnen Falles.

Ueberhaupt ist der Tod des Organismus bei Weitem nicht ein quasi momentaner Uebergang vom lebenden zum todten Zustande; er ist eine sehr complicirte Erscheinung, und die ihn charakterisirenden Processe sind augenscheinlich nur mehr oder weniger veränderte Lebensprocesse der lebendigen Materie. Nicht nur im ganzen Organismus, sondern auch in einzelnen Theilen desselben geschieht der Todesvorgang oder das Absterben langsam und mit solcher Allmählichkeit, dass man keine scharfe Grenze ziehen kann, wo das Leben endet, und wo der Tod beginnt, und wann die Rückkehr aus einem Zustande in den anderen ganz unmöglich wird.

L i t e r a t u r.

- 1) Kuliabko, Studien über die Wiederbelebung des Herzens. Arch. f. die ges. Physiol. Bd. 90 S. 461—471. (Dasselbe auch russisch im Bulletin de l'Académie des Sciences de St. Pétersbourg t. 16 Nr. 3. 1902.)
- 2) Ernst Mangold, Zur „postmortalen“ Erregbarkeit der quergestreiften Warmblütermuskeln. Centralbl. f. Physiol. Bd. 16 Nr. 4.
- 3) Hedon et Gilis, Sur la reprise des contractions du cœur après arrêt complet de ses battements, sous influence d'une injection de sang dans les artères coronaires. Compt. rend. de la Soc. de Biol. de Paris 1892.
- 4) Régnar et Loye, Compt. rend. de l'Acad. des Scienc. de Paris 1887.
- 5) P. Loye, Recherches expérimentales sur la mort par la décapitation. Thèses de l'Acad. de médecine de Paris 1887.
- 6) Gley, Contribution à l'étude des mouvements du cœur chez l'homme. Expériences faites sur un supplicié. Compt. rend. de la Soc. de Biologie de Paris 1890 p. 517—519.
- 7) Gley, Note sur des phénomènes d'arrêt très prolongé du cœur. Ebenda p. 411.
- 8) Laborde, Des phénomènes extérieurs que l'on observe sur la tête et le tronc des décapités et de leur signification physiologique. Compt. rend. de la Société de Biologie de Paris 1890 p. 99—104.

- 9) Locke, Die Wirkung der Metalle des Blutplasmas und verschiedener Zucker auf das isolirte Säugethierherz. *Centralbl. f. Physiol.* Bd. 14 S. 670—672. 1901.
- 10) Abderhalden, Zur quantitativen vergleichenden Analyse des Blutes. *Zeitschrift f. physiol. Chemie* Bd. 23 S. 65—115.
- 11) Kuliabko, Versuche am isolirten Vogelherzen. *Centralbl. f. Physiol.* Bd. 15 Nr. 20. Dasselbe im *Bulletin de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg* t. 15. 1901.
- 12) Dzerżowski, Zur Frage über oxygenirtes Wasser („Oxygen“-Wasser). „*Russkij Wratsch*“ 1902 Nr. 16 (russisch).
- 13) Jappelli, Alcuni osservazioni sulla morte del cuore nell' asfissia. *Atti della Reale Accademia Medico-Chirurgica di Napoli* 1899 Nr. 3.
- 14) Heubel, Die Wiederbelebung des Herzens nach dem Eintritt vollkommener Herzmuskelstarre. *Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiologie* Bd. 45 S. 461 bis 581. 1889.
- 15) Langendorff, Die chemische Reaction der grauen Substanz. *Neurol. Centralbl.* Bd. 4 S. 555—557. 1885.
- 16) Ch. Richet, „Asphyxie“ in *Dictionnaire de physiologie* t. 1.
- 17) Dastre et Morat, L'influence du sang asphyxique sur la circulation. *Archives de Physiologie* 1884.
- 18) Kuliabko, Neue Versuche über die Wiederbelebung des Herzens. *Centralblatt f. Physiol.* Bd. 16. Dasselbe auch (russisch) im *Bulletin de l'Acad. des Sciences de St. Pétersbourg* t. 17 Nr. 5. 1902, und in *Compt. rend. de l'Acad. des Sciences de Paris* 1903.
- 19) Herzen, A propos des observations de M. Laborde sur la tête d'un supplicié. *Revue Médicale de la Suisse Romaine.* Genève 1885.
- 20) E. Brandenburg, Die Wirkung des lackfarbenen Blutes auf das isolirte Froschherz. *Archiv für d. ges. Physiol.* Bd. 95. 1903.

Erklärung der Curven.

Thierherzen.

- Curve Nr. 1. Kaninchenherz. Restitution der Thätigkeit nach 45 Stunden. Contractionen der Ventrikel (untere Linie) und der Vorhöfe (obere Linie). Auseinandergehen der Phasen. Die oberste Linie — Zeit in Secunden.
- Curve Nr. 2. Dasselbe Herz. Die Curve ist bei schnellerem Gang der Trommel registrirt. Untere Linie — Zeit in Secunden.
- Curve Nr. 3. Dasselbe Herz nach Verlauf ca. einer halben Stunde. Die Pulsation der Vorhöfe und Ventrikel gleicht sich aus und fällt wieder zusammen.
- Curve Nr. 4. Kaninchenherz. Pulsation der Vorhöfe nach Erneuerung der Circulation nach Verlauf von drei Tagen.
- Curve Nr. 5. Kaninchenherz. Pulsation der Venenwand am vierten Tage.

- Curve Nr. 6. Restitution der Thätigkeit des Herzens eines todten Kaninchens am zweiten Tage nach dem Tod. Unregelmässiger Rhythmus.
- Curve Nr. 7. Dasselbe Herz nach 46stündigem Liegen auf dem Eise. Anfang der Pulsation nach Erneuerung des Flüssigkeitsstromes bei einer Temperatur von ungefähr 38° C.
- Curve Nr. 8. Dasselbe Herz 50 Stunden nach dem ersten Versuch und 70 Stunden nach dem Tode des Thieres. Temperatur der Flüssigkeit ca. 41° C.
- Curve Nr. 9. Dasselbe Herz am folgenden Tage, d. h. 87 Stunden nach dem Tode des Thieres. Rechtes Herzohr. (Die Ungleichheit der Curve hängt hauptsächlich von zufälliger Unebenheit des Papiers ab. Die Contractionen des Herzmuskels sind schon ziemlich schwach, und die geringste Verengung in der Reibung des registrirenden Hebels ändert stark den ganzen Charakter der Curve.)
- Curve Nr. 10. Dasselbe Herz am fünften Tage, d. h. ca. 112 Stunden nach dem Tode des Thieres. Contractionen des rechten Herzohres, die mittelst eines sehr leichten Strohhebelchens registriert worden sind.

Kinderherzen.

- Curve Nr. 11. Das Herz eines an Pneumonia duplex gestorbenen Kindes 20 Stunden nach dem Tode. Regelmässige Pulsation. Am rechten Ende der Curve deutliche Spuren von Dikrotismus.
- Curve Nr. 12. Dasselbe Herz. Pulsation bei 39° C.
- Curve Nr. 12^{bis}. Dasselbe Herz. Regelmässige Pulsation.
- Curve Nr. 13. Regelmässige Pulsation bei 40° C. Dasselbe Herz.
- Curve Nr. 14. Das Herz desselben Kindes bei ca. 40°. Pulsation mit schwach ausgesprochenen Alterniren. In der rechten Hälfte der Curve äussert sich eine Unregelmässigkeit des Rhythmus, eine Arrhythmie, wahrscheinlich, in Folge der Uebererwärmung. Unterbrechung der Circulation rief ein Herabsinken der ganzen Reihe der Miogramme und Verminderung ihrer Amplituden hervor.
- Curve Nr. 15. Dasselbe Herz bei 41° C. Unregelmässiger Rhythmus.
- Curve Nr. 16. Das Herz eines anderen Kindes. Erneuerung der Pulsation unter dem Einfluss der Restitution des Flüssigkeitsstromes nach vorhergegangener voller Unterbrechung der Herzthätigkeit.
- Curve Nr. 17. Das Herz eines Kindes 30 Stunden nach dem Tode. Die Wand des rechten Vorhofes. Unregelmässige und schwache Contractionen.
- Curve Nr. 18. Dasselbe Herz etwas später. Rechter Vorhof. Viel regelmässiger, obgleich immer schwache Contractionen.
-