

XXXII.

Aus dem Allgemeinen Krankenhause St. Georg, Hamburg.

Beobachtungen am isolirten überlebenden menschlichen Herzen.

Von

Dr. Th. Deneke und Dr. H. Adam,

Director.

wissenschaftl. Assistent.

(Mit 3 Figuren im Text.)

Die Sicherheit und Bequemlichkeit, mit welcher seit der Einführung der Langendorff'schen Methode die Wiederbelebung des Warmblütherzens gelingt, legte den Wunsch nahe, diese Methode auch am menschlichen Herzen zu versuchen, und die Gültigkeit der beim Thierversuch gefundenen physiologischen und pharmakologischen Thatsachen für den Menschen nachzuprüfen.

Schon ältere Forscher hatten mit unvollkommener Methodik Ergebnisse erzielt, die sehr erfolgversprechend waren. In erster Linie sind Hédon und Gilis¹⁾ zu erwähnen, die 1892 an einem Hingerichteten, dessen Leichnam ihnen $\frac{3}{4}$ Stunden nach der Enthauptung überliefert wurde, folgendes Experiment anstellten: Sie versuchten nach Eröffnung des Thorax und des Herzbeutels, in welchem das Herz weich und ohne jede spontane Bewegung lag, zunächst durch mechanische und faradische Reizung Contractionen hervorzurufen, hatten jedoch keinen Erfolg. Dann unterbanden sie den Aortenbogen dicht hinter der Abgangsstelle der grossen Arterienstämme, ebenso linkerseits die Art. carotis und Art. subclavia, befestigten hierauf eine grosse Canüle in das centrale Ende der durchschnittenen Art. anonyma und spritzten mittels einer gegen das Herz gerichteten Spritze defibrinirtes arterialisirtes Hundeblut ein. Durch den Druck der Einspritzung wird die Aorta stark ausgedehnt; das Blut gelangt jedoch nicht in den linken Ventrikel, da die halbmondförmigen Klappen das Aortenostium verschlossen halten, es tritt dagegen in die Coronararterien ein, wo man es circuliren sieht. Durch die Coronarvenen kommt das Blut in den rechten Vorhof zurück und vertheilt sich in den grossen Venenstämmen; ein Theil fliesst an der Durchschneidungsstelle der Halsgefässe ab. Sobald das Blut in die

1) Comptes rendus hebdomadaires des Sciences et Mémoires de la Société de Biologie. Paris 1892. p. 760.

Coronargefäße eingetreten war (etwa 1 Stunde nach der Enthauptung), begannen Contractionen des rechten Herzens. Vorhof und Ventrikel arbeiteten nicht coordinirt: der Vorhof machte 148, der Ventrikel 44 Schläge in der Minute. Die Ventrikelcontractionen waren nicht etwa unvollständig, sondern es waren richtige Systolen des ganzen Ventrikels, welche die Herzhöhle sehr erheblich verkleinerten und sicherlich im Stande gewesen wären, Blut in die Pulmonalarterie zu treiben. Die Contractionen schienen an der Herzspitze zu beginnen und sich sehr rasch nach der Basis fortzusetzen. Das linke Herz blieb unbeweglich. Das Phänomen dauerte 23 Minuten, also bis 1 Stunde 20 Minuten nach der Hinrichtung, und zwar so lange, als Blut eingespritzt werden konnte. Es waren 420 ccm Blut verbraucht worden.

Nach dem Aufhören der Einspritzung zeigte der rechte Ventrikel einige Minuten lang fibrilläre Zuckungen. Durch mechanische und elektrische Reizung gelang es noch Contraction der Musculatur zu erregen, die aber auf die nächste Umgebung der Applicationsstelle beschränkt blieben.

Hédon und Gilis wiederholten das Experiment mit besserem Erfolge bei einem frisch verbluteten Hunde; hier wurden durch eine ähnliche Einspritzung minutenlange coordinirte Bewegungen sämtlicher Abschnitte des Herzens erzielt.

Das Neue an den Experimenten der beiden französischen Forscher war zunächst die beim Menschen noch nicht versuchte Anwendung des von Newell Martin¹⁾ wohl zuerst betonten und am Säugethierherzen fruchtbar gemachten Principis, die Herzthätigkeit lediglich durch Zuführung von Nährflüssigkeit mittels des Coronarkreislaufs ohne Füllung der Herzhöhlen wieder zu beleben. Hédon und Gilis erwähnen übrigens den Namen N. Martin's in ihrer kurzen, in Vorstehendem fast wörtlich wiedergegebenen Mittheilung nicht; sie haben also ihr Verfahren möglicher Weise nach eigenen Ueberlegungen selbstständig gefunden, wie später Langendorff sein Verfahren selbstständig fand. Jedenfalls waren Hédon und Gilis die ersten, die das Martin'sche Verfahren am menschlichen Herzen angewendet haben. Das Ergebniss ihres Experiments bot ferner in so fern Neues, als es gelang, die Thätigkeit des menschlichen rechten Ventrikels neu anzuregen und verhältnissmässig lange zu unterhalten. Dass gleichzeitig der rechte Vorhof arbeitete, ist deshalb von geringerer Bedeutung, weil dieser Herztheil, das ultimum moriens des Körpers, auch ohne künstliche Zuführung von Nährmaterial wenigstens bei Hingerichteten noch lange spontan fort zu arbeiten pflegt. So fand Henle²⁾, der 1852 einer Hinrichtung in Mannheim beiwohnte, eine Viertelstunde nach der Enthauptung den rechten Vorhof noch in voller rhythmischer Thätigkeit, während die rechte Kammer gleichzeitige, aber schwache Kräuselungen der Oberfläche bemerken liess, und die linke Herzhälfte still stand; nach mehrmaligen

1) Stud. from the Biolog. Laborator. John Hopkins Univ. II. p. 119. 1881.

2) Henle, Versuche und Beobachtungen an einem Enthaupteten. Zeitschr. f. rationelle Medicin. Neue Folge. Bd. 2. S. 299. 1852.

Vagusreizungen, die stets einen plötzlichen Stillstand der rechten Vorammer erzeugten, kehrten die Herzschläge jedesmal regelmässig und kräftig wieder, erloschen dann etwa 25 Minuten nach der Enthauptung, um zunächst nach Sympathicusreizung und später noch mehrfach spontan bis 35 Minuten nach dem Tode wiederzukehren. Henle erwähnt, dass die letzten stürmischen Contractionen, gewaltsamer und schneller als zuvor, eingetreten seien, als die Untersucher bereits mit den Organen der Bauchhöhle beschäftigt waren. Dies berechtigt zu der Vermuthung, dass durch das Hantiren mit den Organen der Bauchhöhle ein Rückfluss venösen Blutes nach dem Herzen und eine vermehrte Blutfülle der Vorhofmusculatur entstanden war, die eine Contraction ermöglichten.

Weitere Daten über das spontane Fortarbeiten einzelner Herzabschnitte verdanken wir Regnard und Loye¹⁾, die bei einem 1887 in Amiens hingerichteten 38jährigen Manne bis 25 Minuten nach der Enthauptung sehr deutliche rhythmische Schläge der Ventrikel und der Vorhöfe beobachteten; die Bewegungen der Vorhöfe allein dauerten noch weitere 40 Minuten, also bis 65 Minuten nach der Enthauptung fort. Bemerkenswerth ist die von Loye²⁾ später noch bei Experimenten am Hunde bestätigte Beobachtung, dass die Starre des linken Ventrikels bereits 1 Stunde nach dem Tode eintrat, während die Starre der Skelettmusculatur erst 3 Stunden nach dem Tode an den unteren Extremitäten begann, nach weiteren 3 Stunden aber die oberen Extremitäten noch nicht ergriffen hatte. Dies erklärt die Schwierigkeiten, denen andere Forscher bei Wiederbelebungsversuchen des menschlichen Herzens begegneten, da kein Mittel bekannt ist, den Rigor mortis unter Erhaltung der Functionsfähigkeit des Muskels aufzuheben.

Die Versuche, das menschliche Herz mittels der Langendorff'schen Methode wieder zu beleben, gehören der neuesten Zeit an; sie sind in erster Linie das Verdienst des russischen Physiologen Kuliabko und erregten besonders deshalb grosses Aufsehen, weil sie theilweise noch lange Stunden nach dem Tode von Erfolg begleitet waren. Nach vielfältigen, an getödteten und gestorbenen Thieren vorgenommenen Versuchsreihen wandte sich Kuliabko³⁾ 1902 der Wiederbelebung des menschlichen Herzens zu und berichtete in demselben und im folgenden Jahre über seine Resultate. Er arbeitete an den Herzen von 11 Erwachsenen und Kindern, die an verschiedenen Krankheiten gestorben waren; die Herzen wurden verschieden lange Zeit nach dem Tode mittels körperwarmer Ringer-Locke'scher Lösung (CaCl_2 0,023 pCt., KCl 0,041 pCt., NaHCO_3 0,02 pCt., NaCl 0,9 pCt., Dextrose 0,1 pCt.), die mit Sauerstoff gesättigt war, durchspült. 5 Versuche waren erfolglos, in weiteren 5 Versuchen gelang es, schwache Pulsationen einzelner Herzabschnitte, besonders des rechten

1) Regnard et Loye, Recherches faites à Amiens sur les restes d'un supplicié. Comptes rendus de l'Académie des Sciences. 1887. S. 1871.

2) Loye, Recherches expérimentales sur la mort par la décapitation. Pariser Thèse. Châteauroux 1887.

3) Kuliabko, Neue Versuche über die Wiederbelebung des Herzens. Wiederbelebung des menschlichen Herzens. Centralbl. f. Physiol. Bd. 16. 1902. S. 331.

Herzohrs, hervorzurufen. In einem Falle trat ein sehr viel weiter gehender Erfolg ein. Es handelte sich um ein 3 monatiges, an doppelseitiger Pneumonie verstorbenes Kind, dessen aus der Leiche ohne besondere Vorsicht ausgeschnittenes Herz etwa 20 Stunden nach dem Tode in das Laboratorium gebracht und im Langendorff'schen Apparate befestigt wurde. Etwa $\frac{1}{4}$ Stunde blieb die Durchspülung mittels 39° warmer Ringer-Locke'scher Lösung erfolglos, dann begannen langsame Zusammenziehungen der Vorhöfe, dann auch der Ventrikel; das ganze Herz schlug kräftig und regelmässig über 1 Stunde, und es gelang Kuliabko¹⁾, die Herzschläge auf einer Curve (Pflüger's Archiv. Bd. 97. Tafel VIII, Fig. 11—16) graphisch zu fixiren.

Als Facit seiner an thierischen und menschlichen Herzen gemachten Erfahrungen betont Kuliabko, dass die nach dem Tode verflossene Zeit unwesentlich sei für den Erfolg oder Misserfolg der Wiederbelebungsversuche. Dagegen sei die Starre ein wichtiges, wenn auch, seiner Ansicht nach, kein absolutes Hinderniss der Wiederbelebung, während das Vorhandensein von Blutgerinnseln in den Gefässen den Erfolg keineswegs ausschliesse. Kuliabko warnt mit Recht davor, die praktische Bedeutung seiner Versuche zu überschätzen, hebt aber die theoretische Wichtigkeit der Feststellung hervor, dass auch nach natürlichem Tode eine solche ungeheure Lebenszähigkeit einzelner Organe bestehe. Der Tod müsse daher als ein allmählicher Uebergang aufgefasst und die Wiederbelebung auch anderer Organe systematisch versucht werden. In praktischer Hinsicht sei zu prüfen, ob nicht bei einzelnen Krankheitsformen ein Stillstand des Herzens oder gewissermaassen ein Scheintod desselben vorkomme, der nicht durch Erschöpfung desselben, sondern durch Anhäufung gewisser Stoffwechselproducte bedingt werde, nach deren Entfernung das Herz seine Thätigkeit wieder beginnen könne.

Weiterhin hat H. E. Hering, der um die Klarstellung der wichtigsten Fragen der Herzautomatie hochverdiente Forscher, über die gelungene Wiederbelebung eines menschlichen Herzens auf dem im April d. J. abgehaltenen Congress für innere Medicin in Wiesbaden²⁾ berichtet; der Versuch war etwas später angestellt als unser nachstehend wiedergegebener, über den schon am 21. Februar cr. im Hamburger ärztlichen Verein der eine von uns [Deneke³⁾] genauere Mittheilungen gemacht hatte. Die nähere Veröffentlichung des von Hering gemachten Versuches steht noch aus; sie dürfte zu interessanten Vergleichen mit dem unseren Veranlassung geben, der an dem vollständig lebensfrischen Organ eines gesunden, durch Hinrichtung getödteten Menschen angestellt wurde, während Hering das Herz des an einer chronischen Krankheit (Dementia paralytica) verstorbenen Patienten erst 11 Stunden nach dem Tode zur experimentellen Benützung erhielt.

1) Kuliabko, Weitere Studien über die Wiederbelebung des Herzens. Wiederbelebung des menschlichen Herzens. Pflüger's Archiv. Bd. 97. S. 539. 1903.

2) Verhandlungen des 22. Congresses für innere Medicin, Wiesbaden 1905. S. 206

3) Münchener med. Wochenschr. 1905. No. 9. S. 433. Deutsche med. Wochenschr. 1905. No. 25. S. 1011.

Unser eigener Versuch wurde mit dem Herzen der am 2. Februar 1905 in Hamburg enthaupteten „Engelmacherin“ Wiese vorgenommen. Die erforderlichen Vorbereitungen in formeller und technischer Hinsicht waren ziemlich schwieriger Art und bedurften längerer Zeit, die schwerlich zur Verfügung gestanden hätte, wenn die Wiese nicht nach ihrer Verurtheilung zunächst Revision beim Reichsgericht eingelegt und nach deren Zurückweisung ein Begnadigungsgesuch an den Senat gerichtet hätte. Nach der Ablehnung der Begnadigung erfolgte die Hinrichtung innerhalb weniger Tage.

In Rücksicht auf das ablehnende Verhalten der Oberstaatsanwaltschaft Plauen i. V., das im Juli d. Js. die wissenschaftliche Ausnutzung einer Hinrichtung durch das Leipziger anatomische Institut vereitelte, mag hier mit Dank hervorgehoben werden, dass wir bei sämtlichen beteiligten Behörden in Hamburg das bereitwilligste und verständnissvollste Entgegenkommen gefunden haben, wie dies auch dem damaligen Director des Allgemeinen Krankenhauses, Curschmann, gelegentlich der Hinrichtung des Raubmörders Winkler 1886 zu Theil wurde. Weder die Oberstaatsanwaltschaft noch die Gefängnisdirection, noch die Polizeibehörde erhoben die geringsten Bedenken gegen unser Vorhaben. Das Verfügungsrecht über die Leiche konnte uns natürlich nur unter der Bedingung ertheilt werden, dass die Angehörigen der Wiese nicht ihrerseits den Anspruch erhoben, die Leiche auf ihre Kosten beerdigen zu lassen, was bis zum letzten Augenblicke zweifelhaft war. Als dieser Anspruch nicht erhoben wurde, ging die Leiche nach vollzogener Hinrichtung in den Gewahrsam der Polizeibehörde über, und diese ermöglichte uns die sofortige theilweise Obduction nach vorheriger Abrede, indem sie die Leiche in einen entsprechend vorbereiteten, etwa 50 Schritt von dem Blutgerüst entfernt liegenden Raum bringen liess. Die Hinrichtung fand im Hofe des Untersuchungsgefängnisses am Holstenthore statt, und die Gefängnisdirection hatte uns in entgegenkommender Weise zwei im Unter-Erdgeschoss neben einer Hofthür belegene Zellen zur Verfügung gestellt, von denen die eine als Laboratorium, die andere als Obductionsraum von uns eingerichtet wurde. Gas und Wasser waren vorhanden; der elektrische Strom für die Zeitschreibung wurde durch eine mitgebrachte elektrische Batterie geliefert. Zur Beleuchtung während der ersten Stunden des trüben Wintertages dienten theilweise mitgebrachte Petroleumlampen, da die Gasleitung in erster Linie zur Heizung des Wasserbades benützt werden musste. Von einem in der Nähe der Zellen gelegenen Punkte des Gefängnis corridors konnte man den Zeitpunkt genau beobachten, an welchem das Fallbeil niederfiel.

Durch den Universitätsmechaniker Herrn Heinrich Westien in Rostock war uns bereits vor Jahresfrist ein grosser Langendorff'scher Apparat, der speciell für Versuche an den Herzen grösserer Thiere und des Menschen bestimmt war, geliefert worden. Wir hatten den unter gütiger persönlicher Aufsicht des Herrn Professor Langendorff hergestellten Apparat bereits bei einer grösseren Anzahl von Experimenten, wenn auch fast ausschliesslich an Katzenherzen, erprobt. Die beiden Recipienten fassten je 1500 ccm. Es war beabsichtigt, zur Durch-

spülung des Herzens verdünntes Blut zu verwenden, um eine möglichst langdauernde Beobachtungszeit zu erhalten. In der nachher bestätigten Voraussicht, dass die Defibrinierung und sonstige Vorbereitung des Blutes längere Zeit in Anspruch nehmen werde als die Präparation des Herzens, wurde ein Recipient für den Anfang mit Ringer-Locke'scher Lösung (NaHCO_3 0,1, CaCl_2 0,2, KCl 0,2, NaCl 8,0, Dextrose 1,0, Aqua dest. ad 1000,0) gefüllt. Zur Herstellung des nötigen Druckes diente eine Sauerstoffbombe unter Zwischenschaltung eines Quecksilberventils in der von Gottlieb und Magnus¹⁾ näher beschriebenen Anordnung. Ausser dem allgemein üblichen, den Druck in dem Recipienten messenden Manometer wurde ein zweites Manometer angebracht, um den in der Durchströmungsflüssigkeit unmittelbar vor ihrem Eintritt in das Herz herrschenden Druck zu messen, dessen Beobachtung, wie uns frühere Versuche gelehrt hatten, von recht erheblicher Bedeutung ist. Die Verbindung dieses zweiten Manometers mit dem Langendorff'schen T-förmigen Auslaufrohr wurde durch eine Bohrung des konischen Metallpropfens hergestellt, in welchem das die Temperatur der Nährflüssigkeit messende Thermometer befestigt ist. Das auf diese Bohrung aufgesetzte, kurze, mit Hahnverschluss versehene Metallrohr störte das Hantiren mit dem Thermometer und dem konischen Verschlussstück in keiner Weise. Durch einen kurzen Kautschuckschlauch, der einen Seitenansatz zur Entfernung der Luft trug, wurde das Quecksilber-Manometer an das Metallrohr angeschlossen, sobald der Versuch begonnen hatte.

Einige Schwierigkeit machte die Herstellung geeigneter Ansatzcanülen, die auf der einen Seite in die Aorta sich fest einbinden liessen, auf der anderen Seite so in den Apparat passten, dass sie dem Gewichte des Herzens und dem Drucke der Durchströmungsflüssigkeit sicher Stand hielten. Wir liessen zu dem Zwecke Canülen herstellen, die im unteren Theile ungefähr dem Caliber der Aorta entsprachen, dann aber sich plötzlich auf etwa Bleistiftsdicke verengten und am engen Theile mehrere leichte Anschwellungen und Verjüngungen besaßen. So gelang es, die Canülen sowohl in der Aorta als in dem comprimirbaren Kautschuckring²⁾ des Langendorff'schen Apparates sicher zu befestigen.

Die Delinquentin Wiese war eine mittelgut genährte, klein gebaute Frau, die im Leben keinerlei Krankheitserscheinungen geboten hatte und deren Organe bei der später vorgenommenen Obduktion seitens des Prosectors des Hafenkrankenhauses, Dr. Reuter, gesund befunden wurden bis auf die Nieren, die die ersten Anzeichen einer im Beginn befindlichen chronischen interstitiellen Nephritis erkennen liessen³⁾. Am 2. Februar 1905 fand die Hinrichtung 8 Uhr 2 Minuten Vormittags mittels Guillotine statt. Der Kopf fiel in einen unten geschlossenen Sack, der auch die grossen in der ersten Minute aus den Halsarterien

1) Digitalis und Herzarbeit, Zeitschrift f. experiment. Pharmakologie. Bd. 51. S. 39. 1903/4.

2) Näher beschrieben in Pflüger's Archiv, Bd. 66, S. 360 ff.

3) Der Vollständigkeit halber mag noch erwähnt werden, dass die inneren Genitalien fehlten; sie waren vor längerer Zeit operativ entfernt.

herausspritzenden Blutmengen auffing. Dann wurde der Körper in den unter dem Schaffot befindlichen, mit Stroh ausgelegten Raum heruntergelassen, dort nach Aufhören des Spritzens der Arterien in einen Sarg gelegt und zur Herausnahme des Herzens in die dazu bestimmte Gefängniszelle gebracht, wo er 8 Uhr 12 Minuten eintraf.

Inzwischen hatte der unter dem Schaffot aufgestellte Diener aus dem erwähnten Sacke bei Herausnahme des Kopfes ca. $1\frac{1}{2}$ l Blut aufgefangen und mit der Defibrinirung desselben beginnen können. Eine Abkühlung des Blutes war nicht zu vermeiden. Das Blut wurde sofort in die zweite, als Laboratorium eingerichtete Zelle gebracht, vollständig defibrinirt und nach Verdünnung mit dem gleichen Volumen Ringer'scher Lösung theilweise in den zweiten Recipienten eingefüllt.

Die Leiche wurde in dem anderen Raume schnell nothdürftig entkleidet, der Thorax mit dem üblichen Sectionsschnitte geöffnet und das Herz freigelegt. Es zeigten sich noch schwache Contractionen der einzelnen Herzabschnitte; die Zuckungen der Vorhöfe waren regelmässig und deutlich, während der rechte Ventrikel sehr schwache Bewegungen zeigte und die des linken Ventrikels kaum erkennbar waren. Es wurde in situ eine passende Glascanüle von der beschriebenen Art in die Aorta eingebunden, mit 35° C. warmer physiologischer Kochsalzlösung gefüllt und nun (etwa 8 Uhr 15 Min.) das Herz herausgenommen, wobei die mit dem linken Zeigefinger verschlossen gehaltene Canüle als Handhabe diente. Sofort wurde in der von Langendorff stets geübten Weise der Coronarkreislauf mit lauwarmer physiologischer Kochsalzlösung von der Canüle aus mittels Spritzflasche gründlich durchgespült, bis die Spülflüssigkeit nahezu farblos abfloss. Dabei erloschen die Herzbewegungen völlig.

Um 8 Uhr 23 Minuten wurde das Herz in den Langendorff'schen Apparat eingebracht und zunächst mittels Ringer-Locke'scher Lösung durchspült, um Abkühlung und Starre der Musculatur zu verhüten; sofort zeigten sich Contractionen der Vorhöfe. Der Druck war absichtlich niedrig (70 mm im ersten Manometer) eingestellt, ebenso die Temperatur (35° im Wasserbade), da uns bei dem Versuche natürlich alles darauf ankam, ein Flimmern des Herzens mit seinen mannigfachen Unzuträglichkeiten zu vermeiden. Unsere zahlreichen Thierversuche hatten uns gelehrt, dass das sicherste Mittel zur Erreichung dieses Zweckes darin besteht, mit niedrigem Drucke und mit niedriger Temperatur der Spülflüssigkeit zu beginnen und beides nur allmählich zu erhöhen.

Nach Steigerung des Durchflusses auf einen gleichmässig rieselnden Flüssigkeitsfaden begannen auch die Ventrikel, zuerst der rechte, dann der linke, gleichmässige, langsame, nicht sehr kräftige Contractionen. Um 8 Uhr 28 Min. musste wegen Mangels an Spülflüssigkeit, von der während der Befestigung des Herzens im Apparate eine grössere Menge weggeflossen war, eine Pause im Durchfluss gemacht werden. Während derselben erloschen die Contractionen allmählich.

8 Uhr 32 Min. war ein Quantum des verdünnten Blutes eingefüllt, unter Druck gesetzt und soweit erwärmt, dass dessen Einleitung in den Coronarkreislauf beginnen konnte. Sofort nach Eintritt des Blutes be-

gannen überaus kräftige Contractionen der Vorhöfe und der beiden Ventrikel, die die Herzspitze um ca. 1 cm hoben. Von Anfang an war die Thätigkeit der einzelnen Herzabschnitte völlig coordinirt; beide Vorhöfe contrahirten sich in einer schnellen Zuckung unmittelbar vor der ruhigen, gegen Schluss der Systole an Kraft zunehmenden Contraction der Ventrikel; ein doppelter oder dreifacher Rhythmus der Vorhöfe wurde nicht beobachtet, auch nicht bei der anfänglichen niedrigen Frequenz der Pulsationen. Die durch die Blutspeisung veranlassten Contractionen unterschieden sich sehr vorthellhaft von den müden und zögernden mittels Ringer-Locke'scher Lösung hervorgebrachten Herzbewegungen.

8 Uhr 33 Min. musste der Blutzufuss wegen der allzu stürmischen Thätigkeit des Herzens für eine halbe Minute eingestellt werden.

8 Uhr 33½ Min. erfolgte Wiederherstellung geringen Zuflusses.

8 Uhr 36 Min. bis 8 Uhr 39 Min. wurde eine erneute Abstellung des Zuflusses zwecks Einfüllung grösserer, inzwischen fertiggestellter Mengen der Blutverdünnung nöthig.

8 Uhr 39 Min. Sofort nach Erneuerung des Zuflusses zeigten sich wieder frische, regelmässige Contractionen.

8 Uhr 40 Min. wurde die regelmässige Messung der durchgeflossenen Blutmengen von 5 zu 5 Minuten begonnen.

8 Uhr 45 Min. wurde eine Pulmonalvene erweitert und ein auf einem kurzen, fingerdicken Glasrohr befestigter Kautschuckballon (Gummifinger) durch den linken Vorhof in den linken Ventrikel eingeschoben. Das Glasrohr wird mit einem Bleirohre in Verbindung gebracht, an das eine Marey'sche Schreibkapsel angeschlossen ist. Nach Herstellung einer geeigneten Luftfüllung des Systems (mittels Spritze) beginnt der Schreibhebel

8 Uhr 48 Min. die Contractionen des linken Ventrikels auf dem Kymographion zu verzeichnen. Die Curve ist, soweit nicht der Wechsel der Trommeln kurze Unterbrechungen nöthig machte, während der ganzen Dauer des Versuchs vollständig aufgeschrieben worden.

Wir geben den Gang des Versuchs in nachstehender Tabelle wieder, die die gefundenen Werthe und die erforderlichen Erläuterungen enthält.

Wie die Tabelle des Näheren erkennen lässt, wurden im Verlaufe der Beobachtung des Herzens folgende Versuche gemacht, deren Ergebnisse wir durch Curvenstücke veranschaulichen.

1. Beeinflussung der Herzthätigkeit durch Steigerung des Zuflussdruckes. (Siehe die Curvenstücke auf Fig. 1.) Es wurde von 9 Uhr 0 Min. bis 9 Uhr 6 Min. 50 Sek. der Zuflussdruck gesteigert von 70 auf 100 mm, er hielt sich dann mehrere Minuten zwischen 95 und 100; der Druck im zweiten Manometer, steigt durch diese Drucksteigerung von 50 auf 90 mm, um dann zwischen 80 und 90 mm zu schwanken. Die Folge ist eine Vermehrung des Durchflusses von 50 ccm auf 80—85 ccm und eine geringe Zunahme der Frequenz der Herzthätigkeit von 61 (im Durchschnitt regelmässiger Perioden) auf 68 bis 69. Die Temperatur der Durchspülungsflüssigkeit stieg von 8 Uhr bis 8 Uhr 10 Min. nur um 0,3°. Gegen Ende dieses Theiles des Versuchs zwischen 9 Uhr 5½ Min. und 9 Uhr 13½ Min. zeigen sich mehrfach Unregelmässigkeiten der Curve, auf sehr schnelle und kleine Contractionen folgen

Zeit	Durchfluss- mengen ccm	Druck		Temperatur		Minuten	Herzthätigkeit			Bemerkungen
		Manom. I mm Hg	Manom. II mm Hg	Wasserbad	Blut beim Einströmen		Frequenz p. Min.	Höhe der Curve mm	Beschaffenheit	
8 Uhr 40 Min.	140 ¹⁾	70	50	35	32,2	40	ca. 28	—	Regelmäss. coordinirte Thätigkeit d. Vorhöfe u. Kammern	—
		—	—	—	—	41	do.	—	—	—
		—	—	—	—	42	do.	—	—	—
		—	—	—	—	43	do.	—	—	—
		—	—	—	—	44	do.	—	—	—
8 U. 45 Min.	75	—	—	—	—	45	?	—	—	Erweiterung einer Pulmonalvene und Einführung eines Ballons in den linken Ventrikel
		—	—	—	—	46	?	—	—	—
		—	—	—	—	47	—	—	—	—
		—	—	—	—	48	64 ²⁾	9,0 ²⁾	—	—
		—	—	—	—	49	68	9,0	—	—
8 U. 50 Min.	50	—	50	—	—	50	68	9,0	Teilw. unregelm. Regelm. gleich	Beginn der Schreibung
		—	—	—	—	51	64	8,5	—	—
		—	—	—	—	52	64	8,75	Teilw. regelm. gl. do.	Zufusschraube etwas mehr geöffnet
		—	—	—	—	53	64	8,5	Fast regelm. gl.	—
		—	—	—	—	54	64	8,0	Völlig regelm. gl.	—
8 U. 55 Min.	50	—	50	37	30,5	55	64	7,5	Teilw. regelm. gl.	—
		—	—	—	—	56	64	7,0	Völlig regelm. gl.	—
		—	—	—	—	57	62	7,0	do.	—
		—	—	—	—	58	63	7,0	do.	—
		—	—	—	—	59	62	7,0	do.	—
9 Uhr	85	—	—	36,2	30,7	60	61	7,0	Fast regelm. gl.	Steigerung des Zuflusses
		70	—	—	—	1	62	7,0	Völlig regelm. gl.	—
		—	60	—	—	2	64	7,0	do.	9 Uhr 1 Min. 25 Sec. } Trommel-
		—	—	—	—	3	—	—	—	bis
		—	—	—	—	4	64	8,0	Völlig regelm. gl.	9 Uhr 3 Min. 35 Sec. } wechsel
9 U. 5 Min.	80	—	—	—	—	5	63	7,75	do.	—
		—	—	—	—	6	63	7,75	Teilw. unregelm.	Einzelne sehr kräftige und viele sehr kleine Contractionen
		100	90	—	—	7	65	6,0	Fast regelm. gl.	6 Min. 50 Sec. Druck wird gesteigert
		—	—	—	—	8	69	7,5	Teilw. unregelm.	—
		95	80	—	—	9	64	6,75	do.	Einzelne grosse Ausschläge
9 U. 10 Min.	82,5	—	—	37,0	31,0	10	66	6,75	Fast regelm. gl.	—
		—	—	—	—	11	68	7,0	do.	Einzelne grössere Ausschläge
		—	85	—	—	12	68	7,25	do.	—
		100	—	—	—	13	68	8,2	Völlig regelm. gl.	—
		—	—	—	—	14	67	7,75[6-2]	do.	13 Min. 26 Sec. Einschalten des 2. Recipienten, der versehentlich nicht unter Druck gesetzt war. Sinken der Curve. ³⁾
9 U. 15 Min.		—	—	—	32,1	15	[62]	[5,75]	do.	—

1) Die erste grosse Zahl ist wohl dadurch zu erklären, dass bei dem vorhergehenden Stillstande eine Stauung der Speiseflüssigkeit im Herzen eingetreten war, die nun beseitigt wurde.

2) Die Zahl der Contractionen und die Höhe der Curve ist stets in solchen Perioden bestimmt, in denen die Herzthätigkeit gleichmässig und regelmässig war. Falls die Herzaction nicht mindestens eine Viertelminute regelmässig und gleichmässig war, sind Frequenzzahlen für die betr. Minute nicht berechnet worden; in solchen Fällen ist statt dessen ein Fragezeichen gesetzt. Vorübergehende Unregelmässigkeiten und Ungleichheiten, Extrasystolen u. s. w., sind unter „Beschaffenheit“ und in den Bemerkungen erwähnt.

3) Die durch dies Versehen beeinflussten Zahlen sind in Klammern gesetzt.

Zeit	Durch- fluss- mengen ccm	Druck		Tempe- ratur		Minuten	Herzthätigkeit			Bemerkungen
		Maonm. I mm Hg	Manom. II	Wasserbad	Blut beim Einströmen		Frequenz p. Min.	Höhe der Curve mm	Beschaffenheit	
9 U. 15Min.	75	—	—	35,4	—	15	[54]	[5,0]	Völlig regelm. gl.	—
		110	—	—	—	16	[60]	[4,0] ³⁾	$\frac{1}{4}$ regelm., dann unregelm.	16 Min. 15 Sec. Der Recipient wird unter Druck gesetzt
		—	—	—	—	17	?	6,0—7,0	Unregelmässig	—
		—	100	—	—	18	67	6,0	$\frac{3}{4}$ regelm. gl.	—
		—	—	37,6	35,0	19	66	6,0	do.	—
9 U. 20Min.	45	—	—	—	—	20	62	6,0	Völlig regelm. gl.	9 Uhr 20 Min. 30 Sec. } Trommel- bis } wechsel
		—	—	—	—	21	—	—	—	—
		—	—	—	—	22	—	—	—	—
		—	100	—	35,0	23	63	5,6	Völlig regelm. gl.	9 Uhr 23 Min. }
		—	—	—	—	24	60	5,1	do.	—
9 U. 25Min.	40	—	—	—	—	25	59	5,1	do.	—
		—	—	—	—	26	57	5,1	do.	—
		—	—	—	—	27	54	5,1	do.	—
		—	—	—	—	28	54	5,1	do.	—
		—	—	—	—	29	60	5,0	do.	—
9 U. 30Min.	50	110	105	—	35,5	30	64	5,5	do.	31 Min. Recipient gewechselt
		—	—	—	—	31	69	5,5	do.	—
		—	—	40,0	—	32	71	5,5	do.	—
		—	—	—	—	33	76	5,2	do.	34 Min. Zum Wasserbade wird heisses Wasser hinzugesetzt
		—	—	—	36,5	34	73	5,5	do.	—
9 U. 35Min.	65	—	—	—	—	35	66	5,5	do.	—
		—	—	—	—	36	69	6,0	do.	—
		—	—	—	37,0	37	73	5,8	do.	—
		—	—	—	—	38	71	5,8	do.	—
		—	—	—	37,3	39	71	5,8	do.	—
9 U. 40Min.	80	—	—	—	—	40	73	5,8	Regelm. gl.	9 Uhr 40 Min. 35 Sec. bis 9 Uhr 42 Min. 5 Sec. Trommelwechsel
		115	100	—	38,0	41	—	—	—	—
		—	—	—	—	42	78	5,4	Regelm. gl.	—
		—	—	—	—	43	78	5,25	do.	—
		—	—	42,5	—	44	76	5,1	do.	—
9 U. 45Min.	70 (s. Bem.)	—	—	—	38,0	45	74	5,0	do.	—
		—	100	42,6	—	46	68	5,0	do.	47 Min. Zur Beschleunig. d. Erwärmung wird d. Metallpfropf. d. Kanüle einen Augenblick gelüftet; ca. 10 ccm Blut fliessen in das Messgefäss
		—	—	—	—	47	68	5,0	do.	50 Min. Nochmalig. Lüften des Pfropfens. Das durchgefloss. Blut, ca. 30 ccm, wurde beseit.
		—	—	—	—	48	69	4,9	do.	—
		115	100	42	38,0	49	77	4,8	do.	—
9 U. 50Min.	50	—	—	—	—	50	83	4,7	do.	Temp. sinkt schnell. Wasserbad theilweise entleert
		—	—	—	38,6	51	80	4,5	Theilw. unregelm. ungl.	Wasserbad wird aufgefüllt. Kurze Lockerung eines Hahnes. Etwas Blut tritt in d. Wasserbad
		—	—	—	38,0	52	70	4,25	Fast regelm. gl.	—
		—	—	—	37,0	53	66	4,0	Regelm. gleich	—
		—	—	—	—	54	70	4,2	Fast regelm. gl.	—
9 U. 55Min.	50	—	—	—	36,5	55	68	4,0	do.	—
		110	90	—	—	56	62	3,6	Völlig regelm. gl.	—
		—	—	45,0	36,5	57	60	3,3	do.	—
		—	—	—	—	58	58	3,3	do.	—
		—	—	—	—	59	56	3,0	do.	9 Uhr 59 Min. 40 Sec. Trommelwechsel.
		—	—	—	—	60				

Zeit	Durchfluss- mengen ccm	Druck		Temperatur		Minuten	Herzthätigkeit			Bemerkungen
		Manom. I mm Hg	Manom. II mm Hg	Wasserbad	Blut beim Einstromen		Frequenz p. Min.	Höhe der Curve mm	Beschaffenheit	
10 Uhr		—	—	—	—	0	—	—	—	—
		—	—	—	—	1	—	—	—	—
		—	—	—	—	2	—	—	Flimmern	10 Uhr 1 Min. 30 Sec. Das Herz geräth in Flimmern bei rhythm. Fortarbeit d. Vorhöfe
	30	—	—	—	—	3	—	—	—	10 Uhr 2 Min. Zufluss abgestellt. Druck in 2 Manomet. sinkt langsam
		—	—	—	—	4	—	—	—	—
		—	—	—	—	5	—	—	—	Das Flimmern nimmt langsam ab.
10 U. 5 M.		—	—	—	—	6	—	—	—	—
	11½	—	—	—	—	7	—	—	—	—
	Zufluss	—	—	—	—	8	—	—	—	Flimmern noch eben sichtbar.
	ge-	—	—	—	—	9	—	—	—	Contractionen der Vorhöfe in-
	sperrt	—	—	—	—	10	—	—	—	zwischen erloschen
10 U. 10 M.		—	—	—	—	11	—	—	—	Herz steht still. Vorsichtiges
		—	80	—	—	12	—	—	—	Anstellen des Zuflusses
	20	—	—	—	—	13	—	—	—	Bald beginnt wiederum Wogen.
		—	—	—	—	14	—	—	—	Neues Abstellen
10 U. 15 M.		—	—	—	—	15	—	—	—	—
		—	—	—	—	16	—	—	—	—
		—	—	—	—	17	—	—	—	—
		—	—	—	—	18	—	—	—	—
		—	—	—	—	19	—	—	—	—
10 U. 20 M.		—	—	—	—	20	—	—	—	—
	Zufluss	—	—	—	—	21	—	—	—	—
	ge-	—	—	—	—	22	—	—	—	—
	sperrt	—	—	—	—	23	—	—	—	—
		—	—	—	—	24	—	—	—	—
10 U. 25 M.		—	—	—	—	25	—	—	—	—
		—	—	—	—	26	—	—	—	Herz steht still, nicht in Starre
		—	—	—	—	27	—	—	—	—
	20	115	60	39	37,5	28	—	—	—	28 Min. Umschaltung auf Blut +
		—	—	—	—	29	—	—	—	5 mg Digitoxin. Langsamer
		—	—	—	—	30	—	—	—	Beginn des Zuflusses
10 U. 30 M.		—	95	—	—	31	—	—	—	30 Min. 30 Sec. Zufluss vermehrt
		—	—	—	—	32	12	2,2	Fast regelm. gl.	Contractionen beginnen wieder
	75	—	85	—	37,1	33	20	2,2	do.	—
		115	—	39	—	34	22	2,2	Theilw. unregelm.	—
		—	—	—	—	35	35	2,1	Regelm. gl.	—
10 U. 35 M.		—	—	—	—	36	40	2,4	do.	36 Min. Umstellung auf digitoxin-
		—	—	—	—	37	42	2,7	Zur Hälfte regelm.	freies Blut. Die Vorhöfe und
		—	—	—	—				gl., andere Hälfte unregelm.	d. Kammern arbeiten durch-
	70	—	—	—	—	38	[45]	[2—4,5]	Unregelmässige	aus coordinirt zusammen
		—	—	—	—	39	52	3,5	Gruppenbildung	—
		—	—	—	—				1/2 unregelmässig.	—
		—	—	—	—				2. Hälfte regelm.	—
		—	—	—	—				gleich	—
10 U. 40 M.		—	100	—	35,6	40	58	3,4	Regelm. gleich	—

Zeit	Durch- fluss- mengen ccm	Druck		Tempe- ratur		Minuten	Herzthätigkeit			Bemerkungen
		Manom. I mm Hg	Manom. II mm Hg	Wasserbad	Blut beim Einströmen		Frequenz p. Min.	Höhe der Curve mm	Beschaffenheit	
10 U. 40 M.	45	—	—	—	—	40	58	3,2	1/2 regelm. gleich	—
		—	—	—	—	41	60	2,8	Fast regelm. gl.	—
		—	—	—	—	42	64	2,6	Regelm. gleich	—
		—	—	—	—	43	67	2,0	do.	—
		—	—	—	—	44	66	1,5	do.	—
10 U. 45 M.	35	—	—	—	—	45	58	1,5	do.	46 Min. 4 Sec. Kalter Metallarm (durchflossen v. Eiswasser) am l. Vorhof angelegt
		—	—	—	—	46	57	1,1	do.	47 Min. 37 Sec. Umschaltung auf heiss, 50°
		—	—	—	—	47	57	1,0	do.	
		—	—	—	—	48	57	0,8	Regelm. gl., bis 48 Min. 47 S., von da an unregelm.	
		—	—	—	—	49			Unregelm. ungl.	Vorsetzen der Glasplatte
10 U. 50 M.	30	—	—	—	—	50	[25]	0,5—1,5	do.	—
		—	—	39	32	51	[22]	0,5—1,5	do.	—
		—	—	—	—	52	[22]	0,5—1,5	do.	—
		—	—	—	—	53	20	1—1,5	Fast regelm. gl.	—
		—	—	—	—	54	[ca. 20]	1,0	do.	53 Min. 15 Sec. Trommelwechsel bis 55 Min. 25 Sec.
10 U. 55 M.	30	115	100	39	34	55	[ca. 12]	1,0	Unregelm., fast gl.	—
		—	—	—	—	56	12	1,0	Unregelm. gleich	56 Min. 56 Sec. Erneutes Um- stellen auf Digitoxin-Blut.
		—	—	—	—	57	[2]	1,0	Gleich, 57 M. 6 Sec.	Stockender Abfluss
		—	—	—	—	58	0	—	beginnt Still- stand d. Herzens,	—
		—	—	—	—	59	0	—	der bis 11 U. OM. 7 Sec. andauert	—
11 Uhr	25	—	—	39,6	36	1	16	0,8	Zuerst unregelm., dann regelm. gl.	—
		—	—	—	—	2	19	0,8	Regelm. gleich	—
		—	—	—	—	3	19	0,6	do.	—
		—	—	—	—	4	[11]	0,5	1/2 Min. regelm. gl. (9 Schläge)	3 Min. 40 Sek. Stillstand des Herzens in Systole
		115	95	39,6	36,6	5	0	0	—	—
11 U. 5 M.	30	—	—	—	—	6	—	—	Stillstand	—
		—	—	—	—	7	—	—	—	—
		—	—	—	—	8	—	—	—	—
		—	—	—	—	9	—	—	—	—
		—	—	—	—	10	—	—	—	—
11 U. 10 M.	70 (s. Bem.)	—	—	—	—	11	—	—	Stillstand	—
		—	—	—	—	12	—	—	—	Ueberfliessenlassen von ca. 2 Ess- löffel Blut, um das Digitoxin schneller in d. Herz zu bringen
		—	—	—	—	13	—	—	—	—
		115	90	—	—	14	—	—	—	—
		—	—	—	—	15	—	—	—	—
11 U. 15 M.	30	—	—	—	—	16	—	—	Stillstand	—
		—	—	—	—	17	—	—	—	—
		—	—	—	—	18	—	—	—	—
		110	95	39,2	37,6	19	—	—	—	—
		bis 115	bis 100	—	—	20	—	—	—	—
11 U. 20 M.	—	—	—	—	—	21	—	—	—	—
11 U. 22 M.	—	—	—	—	—	22	—	—	—	Das Herz bleibt in systol. Starre stehen; der Versuch wird ab- gebrochen

einzelne riesige Ausschläge bis 27 mm. Auch die Contractionsstärke¹⁾ steigt deutlich in Folge der Druckerhöhung. Während der der Drucksteigerung vorangehenden sog. Normalperiode tritt eine langsame Abnahme der Contractionsstärke hervor, in so fern als die Höhe der Curve von 9 mm im Verlaufe von 10 Minuten auf 7 mm herabging. Sie stieg dann unter der Einwirkung der Druckerhöhung und des vermehrten Zuflusses wieder auf 7,5, nach weiterer Erhöhung sogar auf 8 und 8,2 mm, wenn auch unter Schwankungen, während bei Fortdauer des ursprünglichen Druckes zweifellos eine weitere Abnahme unter 7,0 mm zu erwarten gewesen wäre. Diese Abnahme trat schliesslich, nachdem die Wirkung der Druckerhöhung sich erschöpft hatte, trotz Fortdauer des hohen Druckes ein, wie ja meistens beim Langendorff'schen Präparat die Contractionsstärke und die Durchflussmengen bei gleich bleibendem Druck langsam abzunehmen pflegen.

2. Einfluss der Temperaturerhöhung auf die Herzthätigkeit. (Siehe die Curvenstücke Fig. 2.) Zunächst wurde, um die etwaige Nachwirkung der bei Umschaltung der Recipienten vorgekommenen Druckschwankung (siehe Anmerkung 3 zur Tabelle) vorübergehen zu lassen, eine längere Normalperiode — etwa von 9 Uhr 20 Min. bis 9 Uhr 30 Min. — eingefügt; die Herzthätigkeit während derselben war durchaus regelmässig, die Frequenz schwankte zwischen 54 und 60. Die Contractionsstärke war ebenfalls durchaus regelmässig, da die Curvenhöhe nur zwischen 5,1 und 6,0 mm schwankte. Nun wurde die Temperatur der Speisungsflüssigkeit langsam erhöht. Um ein Flimmern des Herzens zu verhüten, gingen wir möglichst vorsichtig vor; dass die Temperatursteigerung trotzdem etwas sprungweise erfolgte, war bei den immerhin doch mangelhaften Behelfen unseres improvisirten Laboratoriums unvermeidlich. Von 9 Uhr 30 Min., wo die Temperatur der Speisungsflüssigkeit 35,5° betrug, wurde sie bis 9 Uhr 51 Min. 30 Sek. auf 38,6° gesteigert. Sehr deutlich war die Einwirkung auf die Durchflussmenge, die ohne Druckerhöhung von 50 auf 80 ccm in 5 Minuten stieg, ebenso die Einwirkung auf die Frequenz der Herzthätigkeit, die vor dem Einsetzen der Temperaturerhöhung 60—64 betragen hatte und auf der Höhe derselben sich (9 Uhr 50 bis 51 Min.) auf 83 bei völlig erhaltener Regelmässigkeit hob. Es ist sehr auffallend, aber vielleicht nur zufällig, dass diese Frequenz ungefähr den Pulszahlen entspricht, die am lebenden Menschen mit entsprechend erhöhter Temperatur gewöhnlich beobachtet werden. Eine Einwirkung der Temperaturerhöhung auf die Contractionsgrösse ist nicht nachweisbar gewesen; höchstens für den Beginn der Steigerung lässt sich eine kleine Erhöhung der Ausschläge von 5 auf 6 mm erkennen, die im weiteren Verlauf auf 5 mm zurückgehen und im Augenblicke der höchsten Beschleunigung (9 Uhr 50 Min. 51 Sek.) nur 4,7 mm betragen.

1) Nach Gottlieb und Magnus, l. c. S. 41, 59 ist es gestattet, aus Veränderungen der Höhe der mittels Ventrikelballon und Marey'schem Tambour gewonnenen „combinirten Druck- und Volumcurven“ auf entsprechende Veränderungen der Herzarbeit zu schliessen.

Schon in seiner zweiten Publication von 1897 (Pflüger's Archiv. Bd. 66. S. 355) weist Langendorff darauf hin, dass das Optimum der Contractionsstärke des Säugethierherzens bei einer unter der normalen Blutwärme liegenden Temperatur der Speisungsflüssigkeit beobachtet werde, und dass bei sehr niedrigen und sehr hohen Temperaturen die Pulse klein werden. Jedenfalls kann unsere Beobachtung zur Entscheidung der Frage, ob die Kraft der einzelnen Contractionen des menschlichen Herzens bei gewissen Fiebergraden eine Steigerung erfährt oder nicht, wenig beitragen, da der Einfluss der allmähig zunehmenden Ermüdung unseres Herzens, das bald darauf in's Flimmern gerieth, nicht genau bewerthet werden kann. Dass die Gesamtarbeit des Herzens im Fieber steigt, geht auch aus unserem Versuche hervor, da bei erhöhter Temperatur sehr viel zahlreichere Contractionen von annähernd gleicher Stärke geleistet werden, als bei niedriger Temperatur. Wir bemerken noch, dass unser Versuch zwar nur über die Temperatur der Speisungsflüssigkeit bestimmte Daten giebt, dass aber auch die Temperatur des das Herz umgebenden Luftraumes gleichzeitig unter dem Einflusse des denselben auf 3 Seiten umgebenden Wasserbades gestiegen sein muss, da die Wassertemperatur des letzteren von 37,6 auf 42,6 erhöht wurde.

3. Im Anschluss an die beschriebenen Versuche der Temperaturerhöhung traten sofort kleine Unregelmässigkeiten der Herzaction auf, die bald vorübergingen. Obwohl nun die Temperatur der Speisungsflüssigkeit schnell hinunterging und die Action zunächst wieder regelmässig wurde, trat doch unvermittelt um 10 Uhr 1 Min. 30 Sek. Flimmern des Herzens ein. Es ist an sich von Interesse und für künftige Versuche wichtig, dass das menschliche Herz anscheinend leicht in Flimmern verfällt, auch wenn man die Frage völlig ausser Betracht lässt, ob das Flimmern im lebenden Organismus bei bestimmten krankhaften Zuständen des Herzens (z. B. bei Embolie und Thrombose der Kranzarterien, bei Adams-Stokes'schem Symptomencomplex, bei anatomisch ungenügend erklärten Fällen von Herztod) vorkommt oder nicht. Dass die Vorhöfe ihre rhythmische Thätigkeit einige Zeit während des Flimmerns der Ventrikel fortsetzen, ist eine Beobachtung, die wir auch an thierischen Herzen nicht selten gemacht haben; in der Literatur hat sie u. W. bisher keine Erwähnung gefunden. Im weiteren Verlaufe des Flimmerns erloschen die Contractionen der Vorhöfe gänzlich.

Das von Langendorff angegebene Mittel zur Beseitigung des Wogens, die Abstellung des Zuflusses, wurde auch von uns angewandt und führte zu einem allmähigen Abnehmen und Verschwinden des Flimmerns. Nach 10 Minuten wurde vorsichtig der Zufluss wieder eingestellt, das Wogen begann jedoch aufs Neue. Erst 26 Minuten nach Beginn hatte sich das Herz so weit beruhigt, dass nun wieder Blut eingeleitet werden konnte, worauf die geregelte Thätigkeit des Herzens sich allmähig wieder herstellte, wenn sie auch zunächst weit weniger energisch blieb als vor dem Flimmern.

4. Einwirkung von Digitoxin auf die Herzthätigkeit. Um der Wiederkehr des Flimmerns vorzubeugen, daneben aber auch, um die

Fig. 1. Einfluss der Steigerung des Zuflussdruckes auf die Thätigkeit des isolirten überlebenden menschlichen Herzens.

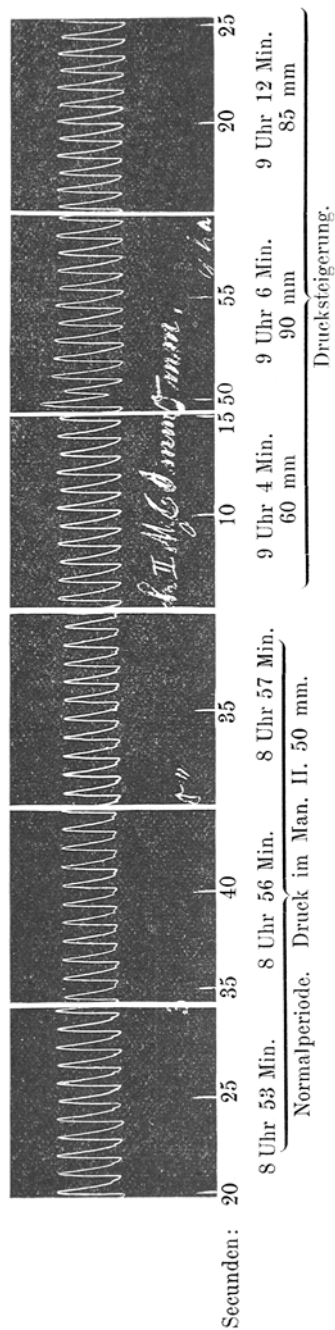


Fig. 2. Einfluss der Temperaturerhöhung auf die Tätigkeit des isolierten überlebenden menschlichen Herzens.

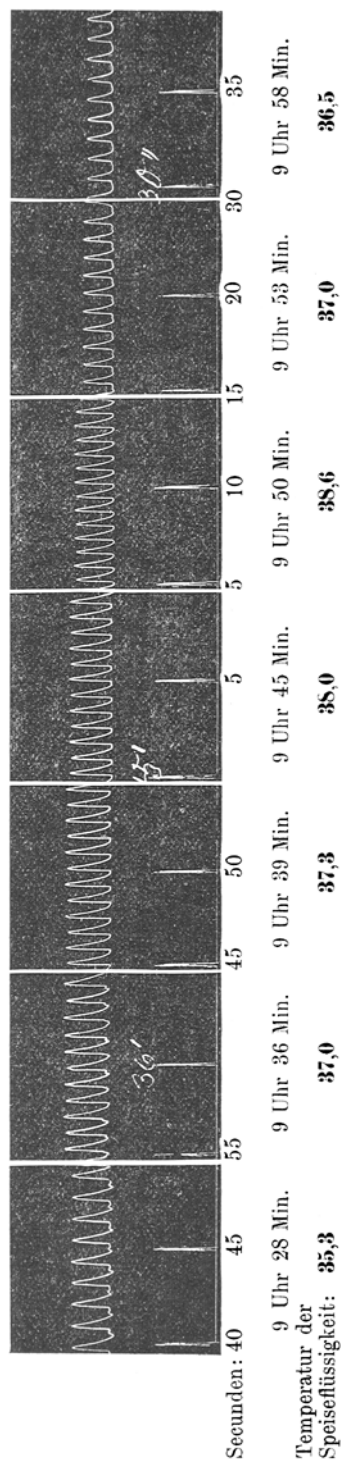
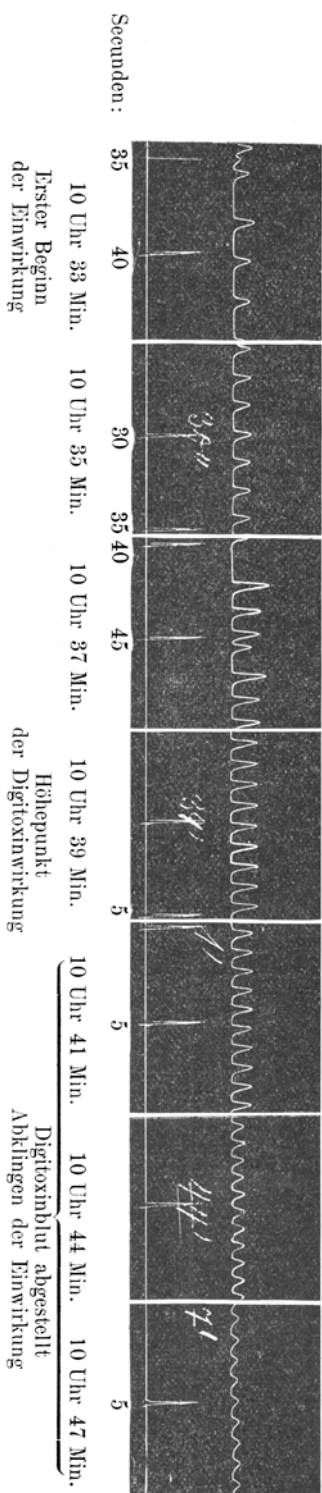


Fig. 3. Einwirkung von Digtoxin auf die Thätigkeit des isolirten überlebenden menschlichen Herzens.



Bemerkung zu den Figuren: Die mitgetheilten Curven sind durch photographische Reproduction von Stücken der Originalcurven gewonnen. Die Vergrößerung erfolgte bei allen Stücken genau in dem gleichen Verhältniss. Jeder eine Periode der Herzthätigkeit darstellende Abschnitt der Curven bezieht sich auf einen Zeitraum von 10 Sekunden.

pharmakologische Einwirkung des Medicaments auf die Herzthätigkeit zu erproben, wurde nunmehr Blut zur Zuleitung verwandt, in welchem 5 mg Digitoxin Merck durch Zusatz einer entsprechenden Menge frisch bereiteter Petit'scher Lösung enthalten waren. Die Menge der Blutverdünnung, in welcher diese Dosis gelöst war, betrug etwa $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ Liter. Da sich in dem Röhrensystem zwischen dem Recipienten und dem Herzen etwa 50 ccm digitoxinfreien Blutes befanden, die nach der Umschaltung zunächst noch das Herz passirten, so ist der Beginn des Digitoxineintrittes keinesfalls vor 10 Uhr 32 Minuten anzunehmen. Ebenso hat, als 10 Uhr 36 Minuten das Digitoxinblut abgestellt und Normalblut eingeleitet wurde, das in dem Röhrensystem befindliche Digitoxinblut in der oben angegebenen Menge zunächst das Herz noch passirt, so dass das Herz nach Maassgabe der beobachteten Durchflusgeschwindigkeiten etwa bis 10 Uhr 39 Minuten noch Digitoxinblut erhalten hat. Die zur Einwirkung gelangte Digitoxinmenge lässt sich somit auf ungefähr 1 mg schätzen, da etwas über 100 ccm der digitoxinhaltigen Speiseflüssigkeit das Herz passirt haben.

Trotz der nach Sachlage unvermeidlichen, recht erheblichen Ungenauigkeit, die unserem Digitoxinversuch in quantitativer Richtung anhaftet, ist das qualitative Ergebniss sehr bemerkenswerth. Auch nach Wiederherstellung normaler, ja gesteigerter Zuflussmengen blieb die Herzarbeit nach dem Flimmern zunächst eine sehr bescheidene — 19 nicht regelmässige Contractionen von einer nur 2 mm betragenden Höhe. Dann aber setzt die Digitoxinwirkung ein; die Frequenz erhebt sich alsbald auf 40 Contractionen, die Stärke der Contractionen bessert sich augenfällig und erreicht, wenn man eine von 36 Min. 30 Sek. bis 38 Min. 30 Sek. dauernde Periode unregelmässiger, aber kräftiger Herzthätigkeit ausser Betracht lässt, in der Folge sogar die Höhe von 3,5 mm bei 64 Contractionen. Die regulirende und die Contractionsstärke erhöhende Wirkung des Digitoxins, die Gottlieb und Magnus am isolirten Säugethierherzen so exact festgestellt haben, zeigt sich dann in ausgesprochener Weise in der an die Digitoxingabe sich anschliessenden Periode. Die völlig regelmässige Herzaction überdauert die Zeit der Digitoxinverabreichung um ca. 10 Minuten; während dieser Zeit geht die Contractionsstärke allerdings allmählig zurück, von 3,5 auf 1 mm. Ob die bald darauf beginnende und etwa $\frac{1}{2}$ Stunde nach Eintritt des Digitoxins vollständig ausgebildete systolische Starre ebenfalls durch das Mittel veranlasst oder doch beschleunigt ist, muss dahin gestellt bleiben. Nach Analogie der an Katzenherzen gemachten Beobachtungen erscheint die angewandte Dosis bei Berücksichtigung des Herzgewichtes¹⁾ zu klein, doch steht natürlich nichts der Vermuthung entgegen, dass die Empfindlichkeit des menschlichen Myocards gegen dies Gift erheblich grösser ist als die des thierischen. Auch das sehr schnelle Herabgehen der durch den Coronarkreislauf durchfliessenden Blutmenge trotz gleich bleibenden Druckes kann mit grosser Wahrscheinlichkeit als Digitoxinwirkung aufgefasst

1) Das Herz wog nach Formalinhärtung 145 g.

werden¹⁾; sie trat bereits von 10 Uhr 40 Sek. an eklatant in die Erscheinung, während die Herzthätigkeit sich noch auf ihrer grössten, nach dem Flimmern erreichten Höhe befand.

Die gerade bei pharmakologischen Experimenten in besonderem Maasse vorhandene Gefahr, einer Autosuggestion im Sinne des erwarteten Erfolges zum Opfer zu fallen, zwingt dazu, noch die Frage zu erörtern, ob die nach dem Flimmern beobachtete Kräftigung des Herzens und die Regulirung seiner Thätigkeit nicht auch spontan, d. h. ohne Mitwirkung des Digitoxins, hätte eintreten können. Völlig von der Hand zu weisen ist diese Möglichkeit nicht, die weit überwiegende Wahrscheinlichkeit spricht aber für eine Digitoxineinwirkung. Dass ein Herz, das bald nach der Herausnahme aus dem Thierkörper in Flimmern verfällt, sich nach einfacher Abstellung des Zuflusses ohne Anwendung von Chemikalien beruhigt und nachher noch lange regelmässig arbeitet, ist zwar nicht gerade häufig, aber doch in manchen Fällen sicher auch von uns beobachtet. Etwas Anderes ist es mit dem spät, eine oder mehrere Stunden nach der Herausnahme aus dem Thierkörper an einem ermüdeten Herzen eintretenden Wogen. Hier ist es uns bei unseren sehr zahlreichen an Katzenherzen angestellten Versuchen nie gelungen, nur durch das Langendorff'sche Mittel, das Abstellen des Zuflusses, des Flimmerns in so weit Herr zu werden, dass ganze Reihen völlig regelmässiger Contractionen folgten. Diese Wirkung trat nur ein unter Beihilfe von Medikamenten, von denen Kalium oder Adrenalin die wirksamsten sind, ein. Wenn daher bei unserem schon über 2 Stunden arbeitenden menschlichen Herzen eine so ausgezeichnete Regulirung nach Digitoxin eintrat, so muss zum Mindesten diese Wirkung mit so grosser Wahrscheinlichkeit, wie sie ein einzelner Versuch nur bieten kann, auf das Medicament als Ursache bezogen werden.

5. Zu spät, um noch zu Ende geführt zu werden, wurde ein Versuch unternommen, die von dem Einen²⁾ von uns bearbeitete Frage, an welcher Stelle der Vorhöfe thermische Reize auf die Frequenz der Herzaction einwirken, auch am menschlichen Herzen zu prüfen. Adam hat in einer unter Leitung Langendorff's ausgeführten Versuchsreihe nachgewiesen, dass der Ursprungsort der automatischen Herzbewegung, zunächst der Vorhöfe, indirect in der Regel auch der Ventrikel, im rechten Vorhofe an einem zwischen der Einmündung der Hohlvenen belegenen Punkte gesucht werden muss. Hier angebrachte Wärmereize wirken sofort stark beschleunigend, Kältereize verlangsamen auf den Rhythmus der Herzthätigkeit. Dieselben Reize, auf andere Stellen der Vorhöfe applicirt, zeigen nicht die geringste Einwirkung. An dem Herzen der Wiese konnte nur die negative Seite dieser Beobachtungen in so fern controlirt werden, als ein am linken Vorhof 10 Uhr 46 Min. 4 Sek. applicirter Kältereiz eben so wenig die vollständig regelmässige

1) Gottlieb und Magnus a. a. O. S. 42; Loeb, Ueber die Beeinflussung des Coronarkreislaufs durch einige Gifte. Arch. f. exper. Path. u. Pharm. Bd. 51. S. 72. 1904.

2) Adam, Ueber den Ursprung der Automatie der Herzbewegung. Münchener med. Wochenschr. 1905. S. 1749.

Herzthätigkeit beeinflusste wie ein 10 Uhr 47 Min. 37 Sek. an derselben Stelle angebrachter Wärmereiz. Bald darauf wurde die Herzthätigkeit so schwach und unregelmässig, dass von einer Prüfung des rechten Vorhofs, die eine Aenderung der Schreibvorrichtung und damit eine längere Abkühlung des Herzens nöthig gemacht hätte, zunächst unterlassen wurde; da das Herz sich nicht erholte, unterblieb die Vollendung des Experiments.

Die Ergebnisse unserer Beobachtungen sind, übersichtlich zusammengestellt, folgende:

1. Es gelingt, in einem Langendorff'schen Apparate von geeigneten Dimensionen das Herz des durch Enthauptung getödteten Menschen wieder zu beleben und mehrere Stunden in geregelter Thätigkeit zu erhalten;

2. Als Nährflüssigkeit ist die Ringer-Locke'sche Flüssigkeit brauchbar, ein noch geeigneteres Nährmedium aber ist defibrinirtes und verdünntes menschliches Blut, namentlich für längere Beobachtung.

3. Steigerung des Zuflussdruckes und die damit gegebene Vermehrung des Durchflusses bewirkt eine erhöhte Frequenz und eine Zunahme der Contractionsstärke der einzelnen Herzschläge, insgesamt also eine erhebliche Vermehrung der Herzarbeit.

4. Erhöhung der Temperatur der Nährflüssigkeit bewirkt auch ohne gleichzeitige Druckerhöhung eine Vermehrung des Durchflusses und eine Erhöhung der Schlagzahl; eine gleichzeitige Zunahme der Contractionsstärke der einzelnen Schläge war nicht nachweisbar.

5. Auch am menschlichen Herzen wurde echtes Flimmern beobachtet, das 2 Stunden nach Beginn des Versuchs ohne bestimmt nachweisbare Ursache eintrat und durch das Langendorff'sche Mittel, die Abstellung des Zuflusses, erst nach längerer Zeit (26 Minuten) beseitigt wurde.

6. Digitoxin wirkt auf das isolirte menschliche Herz qualitativ ebenso ein wie auf das des Säugethieres. Auch das ermüdete und durch Flimmern geschwächte Myocard wird durch das Mittel zu regelmässigen und kräftigen Contractionen wieder angeregt.

7. Wärme- und Kältereize, auf den linken Vorhof applicirt, beeinflussen die Frequenz der Herzaction nicht.

Das Gesamtergebniss unseres Versuchs lässt sich dahin zusammenfassen, dass sich in allen angeführten Punkten, so weit auf Grund eines einzelnen Versuchs zu urtheilen gestattet ist, eine vollkommene Uebereinstimmung des menschlichen Herzens mit dem der übrigen Säugethiere gezeigt hat.
