Ueber eine Grundwirkung von Giften auf die quergestreifte Muskelsubstanz.

Von

A. J. Kunkel,

Würzburg.

Die im Nachstehenden mitgetheilten Versuche sind schon im Jahre 1881 begonnen. Aus äusseren Gründen konnte ich ihnen einen vorläufigen Abschluss erst im letzten Winter geben. Es lag diesen Experimenten der folgende Plan zu Grunde. Durch Injektion von der Aorta her wird der Muskulatur der hinteren Extremitäten eines Frosches in passender Lösung die Substanz zugeführt, deren Wirkung studirt werden sollte. Um über die Art und den Umfang der eingetretenen Veränderungen vergleichbare Resultate zu gewinnen, wurde immer durch Zuklemmen des Gefässes der eine Schenkel von der Injektion vollständig ausgeschlossen oder beide Schenkel nach einander mit verschiedenen Flüssigkeiten behandelt. Folgende Einzelheiten gehören demnach zur

Versuchsanordnung. Verwendet wurde nur *Rana temporaria*. Die Thiere sind Ende November frisch gefangen und in der gewöhnlichen Weise im mässig geheizten Zimmer aufbewahrt. Frühere an *Rana esculenta* angestellte, orientirende Versuche sind zu Gunsten möglicher Gleichartigkeit des Untersuchungsmaterials hier weggelassen. Der gleiche Grund ist es auch, wesshalb ich die Versuche so unfertig abbreche: die jetzt gefangenen Frösche sind wegen des Laichgeschäftes zu Muskelversuchen nicht zu gebrauchen.

Durch einen Scheerenschlag wird der Frosch decapitirt: in den frei geöffneten Wirbelkanal wird sofort mit stumpfer Nadel eingegangen und das Mark vollständig zerstört, um von allen willkürlichen Bewegungen des Thieres vollständig unabhängig zu sein. In bekannter Weise wird dann nach ausgiebiger Eröffnung der Leibeshöhle in die absteigende Aorta, etwas oberhalb der Theilung

in die A. iliacae eine Glaskanüle eingesetzt und durch Kautschukschlauch diese Canüle mit der Bürette in Verbindung gebracht, die die Durchspülungsflüssigkeit enthält. Quetschhähne reguliren den Zutritt der Flüssigkeit. Der Druck, unter dem ich die Lösungen in die Schenkel eintreten liess, liegt zwischen 10 bis 20 cm Wasserhöhe. — Durch Zuklemmen der einen A. iliaca wird zunächst nur der eine Schenkel durchgespült. Darnach wird der von einer anders beschickten Bürette zuführende Kautschukschlauch auf die zuvor mit dünnschnabliger Pipette umgefüllte Kanüle geschoben, die Klemmen an den Aa. iliacae gewechselt und jetzt der zweite Schenkel mit der gewählten Flüssigkeit durchströmt.

Mit den so auf beiden Seiten verschieden behandelten Muskeln nahm ich vor: Wägungen, Längsmessungen, Untersuchung der Form der Zuckungscurve, Untersuchung des elektromotorischen Verhaltens. — In dieser Abhandlung werde ich zunächst nur die beiden ersten Punkte besprechen.

Waren die beiden Schenkel in beschriebener Weise mit verschiedenen Flüssigkeiten durchströmt, so wurden von beiden rasch und mit möglichster Genauigkeit die muscoli sartorius und gastrocnemius abpräparirt und zwischen zusammengeschliffenen Uhrgläsern, die in bekannter Weise durch federnde Spangen luftdicht geschlossen werden, aufbewahrt und sofort gewogen.

Das allgemeine Resultat dieser Versuche war, dass durch verschiedene Muskelgifte, wenn sie in kleinen Mengen dem Muskel zugeführt werden, das absolute Gewicht sehr weitgehend und immer in gleichem Sinne verändert wird, so dass den bestimmten Funktionsänderungen immer eine, oft sehr umfangliche und stets eindeutige Veränderung des absoluten Gewichtes entspricht.

Diese Zunahme oder Abnahme des absoluten Gewichtes bedeutet bei den geringfügigen Unterschieden in der Dichte der thierischen Flüssigkeiten und Gewebe eine adäquate Aenderung in dem Volumen der Muskeln. Es wurde demgemäss sofort zu eruiiren versucht, in welcher Dimension die Haupt-Volumenänderung der Muskeln erfolgt. Der Versuch wurde so angestellt, dass der präparirte Frosch in gut fixirter Lage senkrecht mit dem Brettchen aufgestellt, an dem einen Unterschenkel die Sehne des m. gastrocnemius in geringem Umfange freigelegt und durch ein Drähtchen in feste Verbindung mit einem langen, um eine Querachse dreh-

baren Fühlhebel gebracht wurde. So wurde immer der Längsdurchmesser des Muskels gemessen. Zuerst wurde immer die Länge des normalen Muskels bestimmt und dann an der in situ gelassenen Aufstellung durch Oeffnen der Klemme der Flüssigkeitsstrom in den Muskel hineingelassen. Das Resultat dieser Versuche war, dass die Länge des Muskels bei Zu- und Abnahme des Volumen constant bleibt: Abgesehen ist hierbei natürlich von allenfalls eintretender Starre oder den anderen, als Erregungsvorgänge aufgefassten Gestaltsänderungen. Das Resultat dieser Versuche heisst also: Die beschriebenen Volumenänderungen des Muskels vollziehen sich immer nur in der Querachse, der Muskel wird dicker, dünner, bleibt aber immer gleich lang.

Wägungen. Vor Allem war festzustellen, dass die Muskel der beiden Schenkel unserer Versuchsthiere im Gewichte so gleichartig sind, dass Unterschiede, die ausserhalb einer bestimmten Grenze fallen, auf die eingeführten Versuchsbedingungen als Ursache zurückgeführt werden können. Es wurden darum bei einer Reihe von Versuchsthiere die erwähnten Muskel beiderseits präparirt und unter den beschriebenen Cautelen gewogen.

Die Musculi sartorius und gastrocnemius wurden gewählt wegen ihrer für rasche und glatte Präparation günstigen Lage und Beschaffenheit. Die Präparation muss möglichst sorgfältig sein, um an durchaus gleichgelegenen Stellen der Sehnen, Ansatzpunkte durchzutrennen und so die unvermeidlichen Versuchsfehler auf geringe Werthe herunter zu drücken. Solche Versuche, wie sie in einer ad hoc angestellten Reihe gewonnen wurden, sind (ohne Auslassung!) zusammengestellt in der Tabelle 1. Zum Verständniss dieser und der folgenden Tabellen dienen die folgenden kurzen Bemerkungen.

Die Uebereinstimmung zwischen den beiderseitigen Mm. gastrocnemius geht procentisch viel weiter als zwischen den sartoriis. Es hängt dies selbstverständlich mit dem grösseren Volumen, sodann aber auch mit der glatten Abgrenzung von benachbarten Organtheilen zusammen. Am sartorius, besonders an seinem Beckenansatz ist bei schneller Präparation auch für die geschickte und geübte Hand leicht ein kleiner Lapsus mit der Scheere möglich (die Gewichtsunterschiede liegen hier in den Milligrammen). Ich habe desshalb in den späteren Versuchen immer den M. gastrocnemius allein genommen, und taxire an ihm allein den Erfolg des gemach-

ten Eingriffes. Ich wollte nur an den Versuchen, wie sie entstanden sind, nachträglich nichts ändern. Dies vorausgeschickt glaube ich aus Tabelle 1 folgern zu dürfen, dass die (bestehenden und) durch Versuchsfehler eingeführten Unterschiede zwischen den Gewichten der Muskel beider Seiten bis zu 2% des ganzen Wertes betragen.

Bei den Injektionsversuchen verfuhr ich immer so, dass ich den einen Schenkel mit Kochsalzlösung von 0,6% zuvor ausspülte und darnach in den andern die „vergiftende“ Mischung einfließen liess. Der Grund, warum der Controllschenkel nicht normal bluthaltig blieb, liegt darin. Ich setzte die „vergiftende“ Substanz immer in kleiner Menge der 0,6%igen Kochsalzlösung zu, um sie in einem möglichst indifferenten Mittel in den Schenkel hineinzubringen. Der Zusatz dieser Substanzen zu der Kochsalzlösung durfte natürlich die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Injektionsflüssigkeit nicht um ein merkliches abändern. — Nachdem kaum a priori anzunehmen war, dass eine so subtile Reaktion wie das absolute Gewicht von dem Durchleiten einer fremden Lösung (i. e. 0,6%ige Kochsalzlösung) unabhängig ist, habe ich in einer besonderen Versuchsreihe den Einfluss der Ausspülung mit dem „physiologischen Wasser“ auf das absolute Gewicht des Muskels geprüft. Die Resultate solcher Versuche sind niedergelegt in der Tabelle 2. Es bestätigen diese Versuche den Ruf der Chlornatriumlösung von 0,6% als „physiologisches Wasser“. Indess deuten die Versuche doch an, dass unsere Kochsalzlösung beim Durchströmen der Muskel eine geringe Vermehrung des absoluten Gewichtes bewirkt: die ausnahmslose Gewichtszunahme des *M. gastrocnemius*, den ich aus oben erörterten Gründen allein gelten lasse, spricht mit grosser Wahrscheinlichkeit dafür. Ich halte darum aus Analogiegründen, nach den Resultaten die ich mit Salzlösungen von anderem Gehalt erhalten habe, für nahezu sicher, dass das eigentliche „physiologische Wasser“ einen etwas höheren Kochsalzgehalt besitzen muss, als 0,6%, vielleicht zwischen 0,6 und 0,65%. An der Hand der Wägungsmethode ist diese Constante zu gewinnen: nur fragt es sich, ob dieser gesuchte Kochsalzgehalt wirklich eine „Constante“ für alle Muskeln ist, ob nicht die letzteren selbst unter verschiedenen Bedingungen verschieden sich verhalten werden. — Wegen dieses Einflusses der physiologischen Kochsalzlösung auf das absolute Gewicht habe ich immer den

Controllschenkel zuerst mit dem gleichen Volumen der indifferenten Flüssigkeit durchspült, das ich darnach für den zu vergiftenden Schenkel verwendete.

Auf einen Versuchsfehler, der leicht das Resultat unbeachtet trübt, sei noch aufmerksam gemacht, nämlich auf die Schwierigkeit, die eine art. iliaca bei der abwechselnden Durchspülung der beiden Schenkel sicher zu schliessen. Ich hatte diesen Fehler frühzeitig bei Veratrin-Versuchen beobachtet. Veratrin verändert ja die Zuckungsform so auffällig, dass man sofort die gegen den Versuchsplan geschehene Vergiftung erkennt. Ich überzeugte mich darum in besonderen Versuchen, ob unterhalb der Theilungsstelle der Frosch-Aorta in die beiden Iliacae noch Verbindungen im arteriellen Gefässgebiet von rechts nach links bestehen. Injektionen mit gefärbten Injektionsmassen ergaben die vollständige Trennung der beiden arteriellen Verzweigungen. Als ich dann besonders sorgfältig gearbeitete Klemm-Pincetten in ausgespannter Stellung anlegte, zeigte auch die physiologische Reaktion den vollständigen Abschluss des einen Schenkels von der Injektionsflüssigkeit.

a) Destillirtes Wasser: Der Erfolg des Einleitens von destillirtem Wasser in die Muskelgefässe ist, dass die Muskeln schon äusserlich erkennbar stark quellen: ein solcher Schenkel sieht gedunsen aus. Dem entsprechend findet starke Gewichtszunahme statt. In Tabelle 3 sind zwei Beispiele angeführt. Es wurde gelegentlich von Physiologen der Zustand, in den mit Wasser ausgespritzte Muskel gerathen, als ödematös bezeichnet. Es ist dies aber eine unrichtige Anwendung des pathologischen Begriffes „Oedem“. — Das Wasser ist nämlich, wie man sich an jedem mikroskopischen Präparat solcher Muskeln überzeugen kann, in die Muskel-Elemente selbst aufgenommen, die beträchtlich verbreitert erscheinen. In Gewebs-Interstitien (Lymphräumen) sitzt das Wasser nicht. Der Querschnitt eines solchen Wassermuskels ist trocken, trockner fast als der Querschnitt eines normalen Muskels. — Nur kurz sei erwähnt, dass Muskel, die bis zu 20% ihres Gewichtes durch die Wasser-Injektion zugenommen haben, auf den elektrischen Reiz noch empfindlich reagiren. Die Form der Zuckungscurve ist wesentlich verändert: alle Stadien verlängert, die Höhe der Zuckung wesentlich vermindert. — Darüber später Ausführlicheres.

Kochsalzlösungen von verschiedenem Gehalt. Die

V Versuchsergebnisse sind an Beispielen in der Tabelle 4 dargestellt. Die Resultate der Zahlenangaben sind unmittelbar verständlich. Ganz entsprechend dem, was man sich so a priori dachte, gibt die Durchleitung einer Kochsalzlösung von geringerem Gehalte als 0,6% eine Vermehrung des absoluten Gewichtes, während bei einem Gehalte von über 0,6% das absolute Gewicht sich vermindert. Die verwendeten Lösungen enthielten 0,3 und 2 Kochsalz auf 100 Lösung. — Andere Concentrationen habe ich einstweilen nicht untersucht.

Kaliumsalze. Zur Injektion wurde 0,6%ige Kochsalzlösung verwendet, der eine bestimmte Menge von Kalium-Salpeterlösung zugesetzt war. Bei dieser Form der Salpeteranwendung sieht man Erfolge, die sich mit den weiter unten angeführten Ergebnissen der Digitalin- und Veratrinversuche zusammenstellen lassen. Der allgemeine Verlauf dieser (Art von) Kaliumvergiftung (und wie es scheint vieler Muskelvergiftungen) ist der, dass sehr kleine Mengen von Kaliumsalz, in unschädlichem Menstruum dem Muskel zugeführt, dessen absolutes Gewicht vermindern. Diese Verminderung geht bis zu einer bestimmten, von der Art und Menge des injicirten Giftes abhängigen Grenze. Bei weiterer Zufuhr nimmt das absolute Gewicht wieder zu und übertrifft das Anfangsgewicht schliesslich um ein Bedeutendes. Parallel diesen Gewichtsänderungen gehen Funktionsänderungen folgender Art. Mit der Gewichtsverminderung erhöht sich Reizbarkeit und Zuckungsgrösse (ob auch die Leistungsfähigkeit habe ich nicht untersucht: doch ist dies nach früheren Versuchen höchst wahrscheinlich). Bei weiter gehender Vergiftung (Gewichtserhöhung?) nimmt die Steigerung der Funktionen wieder ab bis zum schliesslichen Tode des Muskels. — Eigens bemerke ich, dass ich mit dieser Darstellung nur im Allgemeinen den parallelen Verlauf der besprochenen Aenderungen bezeichnen will. Das genaue Neben-Einandergehen habe ich nicht durch besondere Versuche studirt: es erschien mir einstweilen die Fixirung ausgezeichneter Punkte in dem Ablaufe der fraglichen Erscheinungen genügend für die erste Orientirung.

Zu den Versuchen, die in der Tabelle 5 zusammengestellt sind, habe ich als Injektionsflüssigkeit ein Gemisch von 100 cm³ Kochsalzlösung mit 10 cm³ einer Kalisalpeterlösung von 1,05 % verwendet. Die Salpeterlösung nahm ich gerade von diesem Gehalt, um sie der 0,6 % igen Kochsalzlösung chemisch gleichwerthig

zu machen. Im Einzelversuch wurde immer so verfahren, dass zuerst der rechte Schenkel mit Kochsalzlösung, darnach der linke mit dem Salpetergemisch durchgespült wurde. Von beiden Solutionen flossen je gleiche Volumina durch beide Schenkel. Die einzelnen Injektionsmengen sind in Klammern den Versuchen beigeschrieben. Ich glaube durch diese Anordnung einen principiellen Einwand von vornherein abzuschneiden, den man sonst gegen die Versuche erheben könnte. — In den Versuchen 1 bis 3 sind kleine, in den Versuchen 4 und 5 grosse Ka-Mengen zur Injektion genommen. — Unmittelbar anschliessend an die Versuchsreihe 1 bis 5 habe ich die Versuche 6 und 7 angestellt, deren allgemeines Resultat vorausbestimmt wurde d. h. ich habe nach Feststellung der Reaktionsweise des absoluten Gewichtes auf die Menge des injicirten Kaliums, in zwei Versuchen nach einander einmal eine geringe, sodann eine grössere Menge der Probeflüssigkeit einfliessen lassen mit der Forderung, im ersten Falle eine Verminderung, im zweiten eine Vermehrung des absoluten Gewichtes gegenüber dem mit Kochsalz behandelten Schenkel zu finden. — Ich habe gerade diese beiden Versuche 6 und 7 der Tabelle 5 beigelegt, um daran die Berechtigung meiner Schlussfolgerung zu beweisen. Die Differenzen in den Muskelgewichten zwischen rechts und links in Tabelle 5 sind ja absolut und procentisch nicht gross. Beim Digitalin und Veratrin finden wir unverhältnissmässig grössere und zweifelfreie Unterschiede. Dennoch halte ich auch die dem Umfange nach geringere Ka-Wirkung, so wie sie oben definirt ist, für durchaus durch die Versuche festgestellt. Denn die gefundenen Differenzen sind durchaus regelmässig und immer eindeutig, so dass der Erfolg eines bestimmten experimentellen Eingriffes vorausbestimmbar ist: das sichert aber die Richtigkeit der auf einen Versuch gestützten Schlussfolgerung.

Im Verlaufe der Injektion der oben beschriebenen Ka-Mischung zeigt sich, dass die ersten Cubiccentimeter ohne jede äusserlich erkennbare Aenderung ertragen werden. Dann beginnen (beim vierten, fünften cm^3 in meinen Versuchen) leichte fibrilläre Zuckungen, die immer mehr zunehmen und bei fortgesetztem Einströmen in einen eigenthümlichen Zustand dauernder Contraktion des Beines übergehen, der dasselbe in Streckstellung festhält. Sind die Muskeln in dieses dritte (letzte) Stadium der Ka-Wirkung gekommen, so sterben sie dann bald ab. — Bei den Versuchen 1, 2, 3 und 6

der Tabelle 5 ist die Injektion zu einer Zeit abgebrochen, wo noch keinerlei Veränderung äusserlich sichtbar war. Diese Muskeln sind reizbarer als normale: die Reizbarkeit erhält sich durch Stunden, wie bei normalen: auch die Zuckungshöhe ist grösser. In dem 2. Stadium der Ka-Vergiftung, wo fibrilläre Zuckungen schon sich eingestellt haben, nimmt die Reizbarkeit nur langsam ab. Die Zuckungscurve ist weniger hoch und verläuft viel gedehnter in allen Stadien der Zuckung als beim normalen Muskel.

Diesen eigenthümlichen Zustand dauernden Zusammengezogen-seins bringen reine Kaliumsalzlösungen momentan hervor. (Ich nahm Lösungen von 1,05, 0,525 und 2,1 KNO_3 zu 100, entsprechend 0,6, 0,3 und 1,2 Kochsalz.) Sofort mit dem Eindringen der reinen Ka-Lösung verfallen die Muskeln in Starre, das Bein wird wie tetanisch gestreckt. Die Starre lässt schon nach Sekunden etwas nach: in wenigen Minuten sind die Muskel todt.

Der Muskel stirbt also fast so rasch, als wenn er gebrüht wäre. Merkwürdig ist, dass sofort mit dem Eindringen der Ka-Lösung der Flüssigkeitsstrom stockt: es ist als wenn die Klemme an der Bürette geschlossen würde, so fest steht momentan die Wassersäule in der Bürette. Den Versuch stellte ich so an, dass die in die Aorta eingesetzte Kanüle mit der Kochsalzlösung gefüllt und dann der Schlauch aufgesteckt wurde, der zur Ka-Bürette führt. Die ersten Antheile fliessen in ruhigem Strome ein: mit einem Schlage ändert sich das Bild; der Schenkel streckt sich, der Flüssigkeitsstrom stockt. — Diese Streckung ist kein Tetanus im physiologischen Sinne des Wortes, sondern eine andere Art des zusammengezogenen Zustandes, über die ich später ausführlichere Mittheilungen machen werde.

Die momentan durch reine Ka-Lösungen getödteten Muskel zeigen keine Gewichtsveränderung.

Digitalis. Ich untersuchte dieses Muskelgift wegen seiner ausgiebigen praktischen Verwendung. Zur Injektion benutzte ich Lösungen des Merck'schen Digitalins in der physiologischen Kochsalzlösung, und Infuse von Digitalis-Blättern mit derselben Lösung. Die letzteren waren immer in derselben Stärke so bereitet, dass 0,2 gr der getrockneten officinellen Blätter mit 100 cm^3 der heissen Kochsalzlösung infundirt wurden: das verdunstete Wasser wurde dem erkalteten Infus wieder zugesetzt. Die Lösung des Digitalins war in der Stärke von 0,01 gr auf 100 cm^3 Lösung bereitet. Zwei

Versuchsreihen finden sich in Tabelle 6. Das schlagende Ergebniss der Versuche ist, dass durch kleine Mengen von Digitalin das absolute Gewicht des Muskels um ein Bedeutendes abnimmt bis zu einem bestimmten, von der Giftmenge und der Individualität abhängigen Minimum. Setzt man die Injektion fort, so erfolgt wieder Zunahme des Gewichtes. Im ersten Stadium ist die Erregbarkeit gesteigert, die Zuckungscurve höher¹⁾. Der zeitliche Ablauf der Zuckung scheint mir nach den bisher gemachten Versuchen von dem des normalen Muskels wenig abzuweichen: nur die Wiederausdehnung ist um ein Geringes verzögert. Die funktionellen Veränderungen des zweiten Stadiums der Digitalis-Wirkung habe ich bisher nicht studirt.

Veratrin. Die verwendete Lösung wurde so hergestellt: 0,1 gr Veratrin (Merck) wurde mit einem Tropfen Salzsäure in 10 Wasser gelöst. Davon wurden 10 Tropfen zu 100 cm³ der physiologischen Kochsalzlösung zugesetzt. Es entspricht das einem Gehalte von etwa 5 mgr Veratrin auf 100 cm³ Lösung. Gegen diese Lösung waren die Muskel noch so empfindlich, dass Bruchtheile eines Cubikcentimeters die volle Veratrinwirkung hervorbrachten. Die Beeinflussung des absoluten Gewichtes war wieder die, dass sehr kleine Mengen eine Verminderung des absoluten Gewichtes, grössere dagegen wieder eine Vermehrung gegenüber dem normalen Schenkel hervorbrachten. Einige Versuche sind zusammengestellt in Tabelle 7. Dass Veratrin-Muskel reizbarer und leistungsfähiger sind als normale, ist ja durch frühere Versuche sicher erwiesen. Für das erste Stadium meiner Versuche habe ich es besonders im Einzelversuch festgestellt.

Coffein. Ich wandte das Na-Doppelsalz der Salicylsäure an: das Präparat war von Merck. So weit ich bis jetzt die Versuche übersehen kann, sind die Resultate den schon besprochenen analog. Indess war der Kaffein-Gehalt der von mir benutzten Lösungen zu hoch, so dass schon geringe Mengen die eigenthümliche Kaffein-Starre der Muskeln hervorbrachten. Ich halte darum meine Versuchsergebnisse nicht für so einwurfsfrei, dass ich sie jetzt schon als gültigen Beweis veröffentlichen möchte.

1) Ich habe diese von früheren Autoren schon gemachte Beobachtung (wie ähnliche später noch erwähnte) mit meinen Muskeln immer besonders wiederholt.

Längsmessungen an den Muskeln sind ausgeführt mit dem Instrument, das Rossbach und von Anrep zu ihren Versuchen benutzt haben (dieses Archiv Band 21). Die Versuchsanordnung ist im Allgemeinen oben schon angegeben. Es wurde wie immer in die Aorta die Kanüle eingesetzt und das ganze Präparat auf einem Brettchen aus weichem Holz mit vielen grossen Stecknadeln befestigt. Es ist nothwendig, diese Befestigung sehr ins Einzelne zu treiben: dann ist sie die beste und einzig ausreichende für diesen Versuch. Der Versuchsschenkel wird durch eine dünne, lange Nadel, die das untere Ende des Femur durchbohrt, auf dem Brettchen befestigt. Jede Quetschung und gezwungene Lagerung der Extremität ist zu vermeiden, um jede Behinderung der Injektion und Stauung auszuschliessen. Es ist darum immer nach beendigter Injektion durch die physiologische Reaktion (und durch Wägung) bestimmt worden, dass die Veränderungen, die an den Muskeln als Folgen des experimentellen Eingriffes verlangt wurden, auch wirklich eingetreten waren. Gemessen wurde immer die Länge des *m. gastrocnemius*. Es wurde dessen Sehne durch einen kleinen Hautschnitt in der Fersengegend freigelegt, durchschnitten und eine kurze Strecke aufwärts frei präparirt, so weit, dass Längen-Änderungen des Muskels ohne jede Behinderung das Sehnen-Ende und den damit verbundenen Apparat bewegen können. Man beachte bei dieser Präparation, dass man nicht grosse Gefässe verletze. Vorkommenden Falls müssen solche unterbunden werden. Durch ein kurzes Drähtchen wird die durchstochene Sehne mit dem Hebel-Apparat in Verbindung gebracht. (Man hüte sich, Faden zu nehmen, da solcher durch Benetzung ausserordentlich starke Verkürzung erfährt). Ist an dem Präparat auch die Kanüle und der aufgeschobene Kautschukschlauch gut befestigt, so wird das Brettchen in senkrechter Stellung am Statif durch Korkzange gut befestigt und zunächst mit dem Hebelapparat die Länge des normalen Muskels gemessen. Dann wird an der immer in situ gelassenen Versuchsaufstellung die Klemme geöffnet und die Injektionsflüssigkeit in den Muskel hineingeschickt. Das Verhältniss der Längen der Hebelarme an meinem Messapparat war 1:6 und später 1:9. Die Versuche, von denen ich in der Tabelle 8 Zahlen-Angaben zusammenstelle, sind mit der letzteren Einstellung ausgeführt.

Die Versuche verlangen einige Uebung. Die von mir in Ta-

belle 8 mitgetheilten haben allen den Anforderungen, die man an beweisende Versuche stellen muss, entsprochen.

Die Gewichtsänderungen, die die Muskeln durch die Injektionen erfahren, sind durch die Wägung unter der stets gemachten Annahme, Gleichheit beider Seiten, zu eruiren. Durch einfache geometrische Ueberlegungen ist darnach leicht zu berechnen, wie die einzelnen Dimensionen des ganzen Muskels oder einer Muskelfaser bei Vergrösserung des Volumens sich ändern müssen unter der von vorneherein wahrscheinlichsten Voraussetzung, dass die Gestalt des Muskels sich immer ähnlich bleibt. Die stillschweigend gemachte Annahme, dass der Gewichtsänderung eine adäquate Volumen-Aenderung entspricht, trifft wohl nicht ganz genau zu, nähert sich aber der Wahrheit so sehr, dass wir den Fehler für unsere jetzigen Betrachtungen vollständig vernachlässigen dürfen. Unter der obigen Voraussetzung rechnet sich für einen Gastrocnemius von 0,5 gr Gewicht bei einer Volumenzunahme von beispielsweise 10 % eine namhafte Verlängerung heraus, hier in concreto von etwas über 0,5 mm. Verhalten sich bei dem Hebelapparat die Entfernungen des Muskelangriffpunktes und der Scala vom Drehpunkte wie 1:10, so müsste der verlangte Ausschlag an der Scala gegen 6 mm betragen. — Dies sei zur Erklärung dafür gesagt, dass die postulirten Längen-Aenderungen so bedeutend sind, dass es sehr subtiler Beobachtungsmethoden gar nicht bedarf. Ich habe darum immer mit freiem Auge das Spiel des Zeigers vor der Scala verfolgt.

Ganz ruhig bleibt der Zeiger des Apparates beim Versuche nicht: es geschehen immer langsame Längsänderungen an dem Muskel. Nur sind diese Bewegungen weder nach dem Vorzeichen, noch nach der Grösse, noch endlich nach dem zeitlichen Verlaufe des Ausschlages das, was nach der schliesslich constatirten Volumen-Aenderung zu erwarten war.

Das Gewöhnliche sind geringe Zunahmen der Länge: ob das als elastische Nachwirkung oder als spezifische Aeusserung des veränderten Muskelgefüges zu betrachten ist, lasse ich hier dahin gestellt. Das Gewicht, mit dem ich den Muskel belastete, betrug 3 bis 5 gr. Einigemale habe ich auch ganz geringe Verkürzungen gesehen. — Die Verlängerungen waren aber durchaus die Regel, besonders waren sie auch bei denjenigen Muskeln vorhanden, deren Volumen sich verringerte. Gerade bei der starken Gewichts-Zu-

nahme, die destillirtes Wasser bei den Muskeln bewirkt, sah ich geringe Verkürzungen. Dem absoluten Maasse nach betrugen die beobachteten Längen-Aenderungen bis zu 1 Theilstrich an der Scala meines Instrumentes, also in maximo 1 bis 2 Zehntel Millimeter. Endlich treten diese Veränderungen durchaus nicht synchron mit den Gewichts-Aenderungen ein. War der Versuch vorbereitet und wurde durch Oeffnen des Quetschhahns die Durchspülung begonnen, so war in kurzer Zeit, höchstens 2—3 Minuten, die geringe Flüssigkeitsmenge, die in den Muskel einströmen sollte, aus der Bürette abgeflossen. In dieser Zeit hatte sich die Volumen-Aenderung vollzogen: das ergab die darnach angestellte Wägung. Damit gleichzeitig hätte also auch die Längenänderung geschehen sein müssen. Das trat aber nicht ein. Die geringe Bewegung des Hebels, die überhaupt während des ganzen Versuchs constatirt wurde, geschah durchaus stetig, ob injicirt wurde oder nicht. Während der Injektion geschah die geforderte Längen-Aenderung nie.

Es wird darum auch der oben aufgestellte allgemeine Satz nicht alterirt durch die Versuchs-Ergebnisse, die v. Anrep und Rossbach im 21. Bande dieses Archivs über „Elasticitäts- und Längen-Aenderungen der Muskeln vergifteter Thiere“ veröffentlicht haben. Die hochinteressanten Resultate stehen wohl mit den hier besprochenen Erscheinungen in einem Zusammenhang, den erst spätere Arbeiten voll aufklären werden. Es sei drum hier nur erwähnt, dass die von R. und A. beobachteten Längs-Aenderungen sich in relativ sehr langer Zeit vollzogen, vielen Minuten bis über 1 Stunde: und dass auch R. und A. bei den Giften, die nach den obigen Darlegungen eine Gewichtsverminderung involviren, geringe Verlängerungen beobachtet haben. — Nach dem ganzen Verlauf der in diesem Abschnitte beschriebenen Versuche ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass das Sarcolemm an den „Quellungserscheinungen“ (wie ich alle die beobachteten Volumen-Aenderungen ohne jede Vor- ausnahme über das Wesen des Vorganges nennen möchte) nicht Theil nimmt; sonst würde die Erklärung des Ausbleibens der Längen-Aenderungen grössere Schwierigkeiten bereiten. Da nun der Inhalt des Sarkolemm-Schlauches nur in der Querachse sich verändert, so erscheint es mir durchaus wahrscheinlich, dass Volumen-Abnahme der Inhaltes mit Verlängerung, Volumen-Zunahme mit Verkürzung der ganzen Faser einhergehen kann. Meine Ver-

suche sind zu wenig zahlreich, um diese Folgerung zu beweisen: aber die wahrscheinlichste Annahme auf Grund aller in der Literatur vorhandenen Angaben ist es, dem Sarcolemm diese indifferente, rein passive Rolle bei den Gestalts-Aenderungen des Muskels zuzuschreiben.

Die Versuche über Längsmessungen sind von mir durchgeführt: bei Injektion von destillirtem Wasser, starker Kochsalzlösung (2%), Kaliumsalz und Digitalin. Die beiden ersteren Eingriffe (Wasser und starke Salslösung) bedingen schon nach geringer Injektion das Auftreten fibrillärer Zuckungen, mit denen natürlich sehr starke Ausschläge an der Messwaage verbunden sind. Beweiskräftige Versuche, bei denen durch nachträgliche Wägung die Volumen-Aenderung constatirt ist, wurden darum so frühzeitig abgebrochen, dass solche Zuckungen nicht zu Stande kommen. — Uebrigens kehrte auch nach solchen Zuckungen, wenn der Injektionsstrom gesperrt oder sehr verlangsamt wurde, der Zeiger des Hebels auf seinen Stand an der Scala genau zurück. Die Wägungen einiger solcher Muskel sind in Tabelle 8 zusammengestellt. — In den späteren Stadien der Vergiftung habe ich noch keine solchen Längsmessungen ausgeführt. — Nur kurz sei noch bemerkt, dass man unter dem Mikroskop die Veränderungen im Querdurchmesser der Muskelfasern auf den ersten Blick deutlich erkennen kann. Die einen sind breiter, die andern schmaler als normale Fasern. Messende Versuche habe ich auch hier noch nicht anstellen können.

Allgemeine Betrachtungen.

Die experimentellen Ergebnisse obiger Arbeit sind nach verschiedener Richtung von allgemeinem Interesse. Sie zeigen, wie weitgehend der Wassergehalt eines Muskels bei Erhaltung, selbst Steigerung der Funktionen sich ändern kann. Manche Erfahrungen des täglichen Lebens und der Pathologie scheinen mir dadurch verständlicher. Ich erinnere an die eigenthümliche Lebensweise, die beim sogenannten Trainiren muskelstarker Menschen eingeschlagen wird, an die grossartigen Erfolge der von Oertel uns erschlossenen pathologischen und therapeutischen Anschauungen. Sehr starke Menschen haben nicht übermässig dicke, aber wahrscheinlich wasserarme Muskeln: ich erinnere hier an den terminus: Straffe Faser. Anderes Hierhergehöriges wird Jeder selbst zusammenfinden.

Weiterhin legen die Versuchsergebnisse den Gedanken nahe, dass die Substanzen, die wir als Muskelgifte, vielleicht als Gifte überhaupt kennen, Einen Theil ihrer specifischen Wirkung durch Beeinflussung der Gefässwand äussern, dass es sich dabei um solche Veränderungen an den Gefässen handelt, die den Flüssigkeitsstrom aus den Gefässen in die Gewebe und vice versa begünstigen. Nennen wir einmal diese Flüssigkeitsbewegung schlechthin Wasserstrom, so handelt es sich darnach bei dieser Wirkung der specifisch reagirenden Substanzen um Austritt von mehr oder weniger Wasser aus dem Blut in die Gewebe und umgekehrt. Nach der Anschauung wäre diese Wirkung bei verschiedenen Giften nur eine quantitativ verschiedene, qualitativ handelte es sich um dasselbe: Beeinflussung der Diffusion durch die Gefässwand. Die Anschauung hat sicher etwas sehr ansprechendes. Ich glaube selbst nicht, dass sie für alle Muskelgifte gilt, und dass sie das Ganze der Giftwirkung ausmacht. So nehme ich beispielweise, den bisherigen Erfahrungen zufolge, das Kaffein nach einem bestimmten Antheil seiner Wirkung aus. Aber dass ein grosser Theil der als Herz- resp. Muskelgifte bezeichneten Substanzen in dieser Grundwirkung zusammenstimmt, ist eine Annahme, die sicher weiterer Prüfung werth ist. Nebst den schon gemachten Angaben spricht dafür die Beeinflussung der Stromesgeschwindigkeit in den Muskelgefässen. Ich habe bei meinen Versuchen unzweifelhaft die Beobachtung gemacht, dass diejenigen Substanzen, die in kleinsten Mengen injicirt das Muskelgewicht vermindern und damit die Leistungsfähigkeit erhöhen, den Strom in den Gefässen beschleunigen. Lässt man beispielsweise zuerst 1 cm³ der physiologischen Kochsalzlösung, darnach die Digitalinlösung einströmen, so bemerkt man gleich, dass 1 cm³ der letzteren weniger Zeit braucht. Ich habe bisher nur beiläufig durch Schätzen und Zählen mit der Uhr darauf geachtet. Die Versuche müssen mit besonderen Vorrichtungen an grösseren Thieren durchgeführt werden. — Die eigenthümliche momentane Behinderung des Flüssigkeitsstromes, wenn concentrirte Ka-Lösungen in den Muskel eindringen, habe ich oben schon erwähnt. Einen weiteren Beweis dafür, dass es sich wesentlich nur um Wasser-Austritt handeln kann, sehe ich darin, dass die Muskeln bei so starken Gewichtsänderungen noch funktionsfähig bleiben, ja sogar erhöhte Reizbarkeit und Zuckungsgrösse aufweisen. In den Tabellen 6 und 7 zeigen die ersten Versuche eine Minderung

des absoluten Gewichtes der Muskel um 6 bis 7% und diese Muskel waren reizbarer als die der intakten Seite, wie ich besonders feststellte. Bei wesentlicher Störung im Muskelgefüge wäre die Funktionsfähigkeit erloschen. — Unterschiede, wie ich sie oben aufgezeichnet habe, existiren übrigens im Wassergehalte (fettarmer) Muskel (bis zu 15%). Man vergleiche: Nasse im Handbuch der Physiologie, ed. Hermann I. 1. p. 284 und Lehmann, physiologische Chemie III. p. 94. Eine Frage, die sich von selbst aufdrängt, ist die nach dem Trockenrückstand der Muskeln. Was ich bisher darüber aus meinen Versuchen weiss, spricht dafür, dass das Trockengewicht der Muskeln beider Seiten gleich ist. Der eine Schenkel wurde vergiftet, die Muskeln rechts und links präparirt und gewogen, dann bei 112 bis 115° C. bis zur Gewichts-Constanz getrocknet. Die wenigen Versuche, die ich habe, ergeben bei grossem Gewichtsunterschiede der frischen Muskeln fast völlige Gleichheit in der Trockensubstanz. Die Versuchsthiere waren aber zu klein, die gefundenen Gewichte von zu geringem absoluten Werthe, als dass ich diese Versuche mit guten Aussichten hätte fortsetzen können. Es muss darum dieser Ausfall an grösseren Versuchsthieren nachgeholt werden.

Ein experimentum crucis für meine Hypothese wäre es natürlich, wenn es gelänge, die specifischen Vergiftungserscheinungen gewisser Substanzen, so des Digitalins, des Veratrins künstlich nachzuahmen, beispielsweise durch richtig abgestufte Lösungen von Ka- und Na-Salzen. Ich habe auch nach dieser Richtung hin schon tastende Versuche gemacht, die mich wenigstens ermuthigen, fortzufahren. Einstweilen ist dies nur ein Tasten, weil für eine solche Unternehmung erst das Optimum der Giftwirkung, die Form der Zuckungcurve für verschiedene Stadien der Vergiftung etc. festgestellt sein muss.

Für die Prüfung von Muskelgiften kann die Methode des Wägens einigen Werth gewinnen. Praktisch ist diese Frage von grossem Interesse, weil sich jetzt die Bestrebungen, nach Ersatzmitteln für die Digitalis zu suchen, immer mehr erweitern. Nach der praktischen Seite habe ich vorderhand den Versuchen noch gar keine Ausdehnung gegeben. — Hier ist noch vielerlei festzustellen: welche Giftmenge das Optimum der Wirkung hervorbringt, ob dieses Optimum für verschiedene Gifte gleich oder verschieden ist. Schon die in den Tabellen niedergelegten Resultate der Ka-

und der Digitalis-Wirkung sprechen für die letztere Annahme. — Versuche die in dieser Hinsicht sehr bemerkenswerthe Aufschlüsse geben, sind die neuerlichst von J. Mays über die Herzgifte veröffentlichten (Centralblatt f. d. med. W. 1885. Nr. 6).

Hierher gehört auch die Frage, ob die Wirkung kleiner Mengen starker Kochsalzlösung mit der Wirkung kleiner Digitalindosen beispielsweise vergleichbar sei. — Auch hier kann ich einstweilen die bejahende Antwort noch nicht vollgiltig erweisen.

Endlich scheinen mir die obigen Experimente von Interesse für die Auffassung des Baues und des contrahirten Zustandes der quergestreiften Muskelfasern. — Ein Muskel verliert 5 bis 7% seines Gewichtes, behält dabei seine vorige Länge und ist im Stande, jetzt höhere Zuckungen auszuführen als vorher. Umgekehrt nimmt ein Muskel über die Norm noch 5 bis 10% Wasser auf und macht jetzt niedrigere Zuckungen als im normalen Zustande. Mir scheinen diese Thatsachen ein Stück eines Wahrscheinlichkeitsbeweises dafür zu sein, dass die Muskelzusammenziehung selbst als eine eigenartige „Quellungserscheinung“ aufzufassen ist, in dem Sinne, wie das die Untersuchungen von Engelmann schon vor mehreren Jahren nahe gelegt haben. Würde man eine solche Hypothese genauer ausführen, so könnte man den Vorgang der Contraktion so definiren, dass Wassertheilchen, die bei der Ruhestellung in der Längsrichtung des Muskels angeordnet sind, zum Zwecke der Contraktion in eine quere Richtung verschoben werden.

Es ist nach einer solchen Hypothese leicht darzuthun, warum ein Muskel, der schon über das normale Volumen Wasser aufgenommen hat (durch Wasserinjektion gequollen ist), sich nicht mehr so stark wie ein normaler Muskel contrahiren kann. Die Volumen-Zunahme durch Injektion ist ja nur eine Zunahme des transversalen Durchmessers: in diese Richtung soll aber auch die Wassereinlagerung erfolgen, die die Contraktion ausmacht. Wie man sich im Einzelnen dabei den Vorgang der Contraktion vorstellt, ist nicht nothwendig zu erörtern. — Anders müssen sich die Muskeln verhalten, deren Volumen sich durch eine spezifische Wirkung vermindert hat. Hier hat die ganze Volumen-Abnahme im Querdurchmesser stattgefunden: in dieser Ausdehnung ist jetzt gleichsam Platz geworden: dahin kann mehr Wasser bewegt und untergebracht werden als im normalen Muskel: daher die Vergrößerung

der Zuckung. — Der Einwand, dass bei den ohne Kontraktion verlaufenden „Quellungs“-Aenderungen wesentlich etwas Anderes geschieht, als bei den postulirten Wasserverschiebungen, die die Kontraktion ausmachen — eben wegen des verschiedenen Effektes — entkräftet die letzte Ausführung nicht, weil ja die ganze Gestaltsänderung, die der Muskel im Ruhezustand erfahren hat, auf die Leichtigkeit und Ausgiebigkeit der neuen molekularen Verschiebungen bei der Kontraktion von grossem Einflusse sein muss.

Für die sogenannten Reizbewegungen der Pflanzen, beispielsweise der *Mimosa pudica* ist es erwiesen, dass deren nähere Ursache Wasserverschiebungen sind. Aus bestimmten, günstig angeordneten Zellgruppen tritt Wasser aus in passend gelegene Intercellularräume: das dadurch bedingte Abschwellen, Zusammenfallen von Stützapparaten hat die Verschiebung ganzer Organe, Blattstiele, Blätter zur Folge. — Da die Natur Alles mit den einfachsten Hilfsmitteln erreicht, so ist schon durch die Analogie der Versuch berechtigt, diese Erklärungsart auch auf die aktive Beweglichkeit thierischer Theile zu übertragen. Dass bei den pflanzlichen Gebilden Abschwellen, Zusammenfallen gewisser Bildungen! bei den thierischen Bewegungsapparaten aktive Kontraktion die Motilität ausmacht, erscheint mir nicht als Gegengrund für den Analogisirungsversuch. Das Wesentliche ist ja, dass das Protoplasma der fraglichen Pflanzenzellen die Fähigkeit besitzt, rasch grosse Wassermengen nach bestimmten Richtungen fortzuschieben.

Der mikroskopische Bau der quergestreiften Muskelfaser spricht nicht gegen eine solche Hypothese der Wasserverschiebung, eher zu Gunsten derselben. Für die dem „Willen“ untergeordnete Muskelfaser ist möglichste Raschheit und Sicherheit der Bewegung nothwendige Bedingung dafür, dass das Zusammenspiel der vielen zu einer geordneten Aktion beitragenden Elementarorgane nach Zeit und Umfang der Veränderung möglichst fein abgestuft sei und harmonisch zusammenwirke. Wenn das durch Wassertranspirationen gemacht werden sollte, so mussten die letzten Theilchen, von und zu denen diese Bewegung geschieht, sehr nahe zusammenliegen, um bei der Einfachheit des Mittels nicht die subtile Reaktion zu gefährden. Handelte es sich bei der Kontraktion um einfache Gerinnungserscheinungen, wozu dann der subtile Bau, dass in Einer Muskelfaser tausendfältig dieselbe Anordnung gewisser, optisch unterscheidbarer Elemente wiederkehrt? Diese

Elemente, als die wir die Fleischprismen annehmen dürfen, sind gerade so gebaut, wie es eine solche Wassertranslations-Hypothese verlangt: sie sind dichter in der zur Faserachse senkrechten Richtung, weniger dicht parallel der Hauptachse des Muskelschlauchs. In der ersteren Richtung muss ein Auseinanderschieben möglich sein, dahin findet dann die Einlagerung von Theilchen statt, die aus der Umgebung (der isotropen Substanz?) verschoben werden. Dieselben Elemente müssen auch und zwar im entgegengesetzten Sinne, wie eben für die Contraktion geschildert, von der Wirkung des Digitalins, des Veratrins etc. beeinflusst werden. — Hoffentlich erregt die schematische Bezeichnung: Translation von Wasser aus der Längs- in die Querachse, keinen Anstoss und kein Missverständniss. Wie man sich den Vorgang etwa im Einzelnen vorstellen kann, glaube ich ja gerade deutlich genug bezeichnet zu haben.

Dass ich diesen kurzen, wesentlich eigenen Untersuchungen gewidmeten Bericht nicht mit Literatur beschwert habe, werden mir hoffentlich die Leser in richtiger Weise deuten.

Tabellen.

Die in die Columnen eingetragenen Zahlen bedeuten das absolute Gewicht der in den Einzelversuchen präparirten Muskeln in Grammen angegeben und zwar die obere Zahl immer das Gewicht des m. gastrocnemius, die untere das des zugehörigen Sartorius, wenn nicht anders ausdrücklich bemerkt ist.

Tabelle 1.

Normale bluthaltige Muskeln.

Rechts.	Links.	Rechts.	Links.
1) 0,337	0,337	3) 0,329	0,330
0,086	0,079	0,062	0,059
<hr/> 0,423	<hr/> 0,416	<hr/> 0,391	<hr/> 0,389
2) 0,3165	0,321	4) 0,311	0,314
0,0735	0,0685	0,058	0,061
<hr/> 0,3900	<hr/> 0,3895	<hr/> 0,369	<hr/> 0,375

Rechts.	Links.
5) 0,390	0,388
0,071	0,077
<hr/> 0,461	<hr/> 0,465
6) 0,347	0,355
0,073	0,072
<hr/> 0,420	<hr/> 0,427

Tabelle 2.

Ein Schenkel normal bluthaltig; der andere Kochsalz von 0,6⁰/₀.

Kochsalz.	Normal.
1) 0,396	0,391
0,102	0,098
<hr/> 0,498	<hr/> 0,489
2) 0,316	0,310
0,063	0,068
<hr/> 0,379	<hr/> 0,378
3) 0,208	0,207
0,040	0,044
<hr/> 0,248	<hr/> 0,251
4) 0,238	0,230
0,041	0,038
<hr/> 0,279	<hr/> 0,268

Tabelle 3.

Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Destill. Wasser.
1) 0,546	0,619
0,093	0,113
<hr/> 0,639	<hr/> 0,732
2) 0,654	0,839
0,108	0,142
<hr/> 0,762	<hr/> 0,981

Tabelle 4.

Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Kochsalz 0,3 ⁰ / ₀
1) 0,466	0,538
0,084	0,107
<hr/> 0,550	<hr/> 0,645
2) 0,387	0,484
0,085	0,101
<hr/> 0,472	<hr/> 0,585

Kochsalz 0,6⁰/₀ Kochsalz 2⁰/₀
G+S. 0,285 0,219

Weiteres Beispiel Tab. 8.

Tabelle 5.

Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	10 Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀
	1 Salpeter 1 ⁰ / ₀
1) G. 0,713	0,703 (1 cm ³)
2) 0,504	0,489
0,101	0,097
<hr/> 0,605	<hr/> 0,586 (2 cm ³)
3) G+S. 0,669	0,640 (3 cm ³)
4) G+S. 0,663	0,654 (10 cm ³)
5) G+S. 0,569	0,585 (12 cm ³)
6) G+S. 0,725	0,687 (3 cm ³)
7) G+S. 0,747	0,766 (12 cm ³)

Tabelle 6.

0,6 ⁰ / ₀ Kochsalz	0,6 ⁰ / ₀ Kochsalz + 0,0001 Digitalin
1) G+S. 1,036	0,960 (1 cm ³)
2) G+S. 0,821	0,784 (1 cm ³)
3) 0,606	0,582 (3 cm ³)
4) 0,680	0,669 (4 cm ³)
5) 1,014	1,005
0,229	0,215 (5 cm ³)
<hr/> 1,243	<hr/> 1,220
6) G+S. 0,700	0,724 (7 cm ³)

0,6 ⁰ / ₀ Kochsalz	0,6 ⁰ / ₀ Kochsalz + Folia Digitalis	Tabelle 7.	
		Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀ + 0,00005 Veratrin.
1) 0,610	0,595 (weni-	1) 0,301	0,284
0,126	0,118 ger als	0,063	0,057 (0,8 cm ³)
0,736	0,713 1 cm ³)	0,364	0,341
2) 0,401	0,395 (weni-	2) 0,354	0,344
0,090	0,079 ger als	0,085	0,083 (1 cm ³)
0,491	0,474 1 cm ³)	0,439	0,427
3) 0,605	0,573 (weni-	3) 0,405	0,402
0,138	0,137 ger als	0,085	0,073 (1 cm ³)
0,743	0,710 1 cm ³)	0,490	0,475
4) 0,473	0,461	4) 0,368	0,410
0,088	0,077 (1 cm ³)	0,088	0,090 (6 cm ³)
0,561	0,538	0,456	0,500

		Tabelle 8.	
5) 0,297	0,261	1) Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Destill. Wasser
0,074	0,066 (3 cm ³)	G. 1,031	1,135
0,371	327	2) Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Destill. Wasser
6) 0,465	0,498	G. 0,954	1,054
0,087	0,101 (6 cm ³)	3) Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Kochsalz 2 ⁰ / ₀
0,552	599	0,783	0,684
7) 0,318	0,333	4) Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀	Kochsalz 0,6 ⁰ / ₀ + Digatilin
0,062	0,070 (10 cm ³)		
0,380	0,403	0,582	0,55.