

Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin.

Bd. XIII. (Neue Folge Bd. III.) Hft. 4 u. 5.

XVI.

Ueber die Erstödtung der Gliedmaassen durch Einspritzung von Chloroform in die Schlagadern.

Von Prof. A. Kussmaul in Heidelberg.

Unter den zahlreichen Stoffen, welche vor dem Eintritte der natürlichen Todtenstarre in die Schlagadern lebender Thiere oder amputirter Gliedmaassen eingespritzt, die Muskeln rasch, ja augenblicklich in eine für Auge und Getast ohne feinere Hülfsmittel sofort erkennbare Starre zu versetzen im Stande sind, nimmt das Chloroform eine hervorragende Stelle ein *). In auffallend kleinen Mengen vermag es grosse Muskelmassen ausgezeichnet starr zu machen und diese Chloroformstarre (um der Kürze wegen ein nach der Analogie von Wärmestarre gebildetes Wort zu benutzen), bietet des Merkwürdigen und nach verschiedenen Richtungen hin

*) Vgl. meinen Aufsatz in der Prager Vierteljahrsschrift: „Ueber die Todtenstarre und die ihr nahe verwandten Zustände von Muskelstarre, mit besonderer Rücksicht auf die Staatsarzneikunde.“ 1856. Bd. 50. S. 67.

lehrreiche Aufschlüsse Verheissenden so viel, dass es mir äusserst lohnend schien, sie zum Gegenstande einer eigenen und genauen Untersuchung zu machen. Ich erlaube mir nun in nachfolgender Abhandlung die Ergebnisse meiner Studien in der Art mitzutheilen, dass ich hier vorzugsweise eine sorgfältige Schilderung von den eigenthümlichen Erscheinungen entwerfe, unter welchen die Chloroformstarre und die damit eingeleitete Er tödtung der Gliedmaassen an lebenden und todten Thieren verläuft. Die Frage, worin das Wesen der Chloroformstarre zu suchen sei, will ich dagegen diesmal nur in Kürze, und zwar gleich zu Anfang, berühren und mich darauf beschränken, die Hauptergebnisse einer Anzahl von Versuchen, welche zur Lösung derselben angestellt wurden, summarisch anzuführen; eine eingehendere Erörterung auch dieses Theils der Aufgabe würde die gewöhnlichen Grenzen eines Zeitungsaufsatzes weit überschreiten. Es möge mir ein ander Mal gestattet sein, mich hierüber, sowie über das Wesen einiger anderer Arten von Muskelstarre des Weiteren zu verbreiten und damit das Versprechen, welches ich vor 2 Jahren gab und heute nur zur einen Hälfte löse, ganz zu erfüllen.

Wenige Tropfen Chloroforms genügen, das ganze Hinterbein eines lebenden Kaninchens von der Schenkelschlagader aus gestreckt und in hohem Grade starr zu machen. Etwa ein Gramm reicht hin, beide Hinterbeine eines Kaninchens von der Aorta abdominalis oder einen ganzen Frosch vom Herzen aus in bedeutende Starre zu versetzen. In dieser Beziehung sind unter den von mir untersuchten Stoffen nur die ätherischen Oele (Senföl, Anisöl, Fenchelöl u. s. w.) von gleicher oder grösserer Kraft, während man vom Aether der 3—6fachen Menge bedarf, um ähnliche Erfolge zu erzielen. Auch verdünnte Kalilauge, Essigsäure und Salzsäure, Weingeist und Kalkwasser bringen das Muskelfleisch in starreartige Zustände, es bedarf jedoch, um solche in ausgeprägter Gestalt hervorzurufen, des Sechs- bis Zwölffachen des Gewichts, und noch schwächer wirken concentrirte Lösungen von Salpeter und kohlensaurem Kali.

Der Erste, welcher meines Wissens die auffallenden Wir-

kungen des eingespritzten Chloroforms gesehen hat, war Coze (Compt. rend. de l'Acad. 1849. XXVIII. p. 534). Ich erlaube mir, seine Worte anzuführen:

„En poussant le chloroforme par l'artère crurale d'un lapin, dans le sens de la circulation, il y a immédiatement une contraction musculaire tellement prononcée dans le membre inférieur, que les chairs semblent avoir acquis la dureté du bois: par suite de l'exagération de la contraction, les muscles extenseurs l'emportant sur les fléchisseurs, la jambe de l'animal devient roide, droite, les articulations sont fortement ouvertes, l'angle formé par l'union de la jambe à la cuisse, non-seulement s'efface complètement, mais même s'incurve dans le sens opposé; les orteils sont fortement écartés les uns des autres et s'ouvrent en éventail. Tous ces phénomènes se produisent instantanément et sans que le reste du corps manifeste la moindre tension, ni la moindre sensation dououreuse *). On peut, sur un animal vivant, déterminer ainsi l'état tétanique persistant des quatre membres en injectant successivement les troncs artériels qui s'y rendent. Quelques gouttes de chloroforme suffisent, chez un lapin, pour tétaniser la cuisse et la jambe.“

In der That ist das Schauspiel äusserst überraschend, wenn man am Kaninchen im Leben oder gleich nach dem Tode Chloroform in die Schlagadern einspritzt. Wählt man z. B. die Bauch-aorta und spritzt hier mehrere Gramme ein, so erheben sich blitz-schnell die Hinterbeine des auf dem Rücken liegenden Thieres, nähern sich einander, kreuzen sich sogar, beugen sich in der Weiche, strecken sich im Knie und den Fussgelenken, selbst die Zehen strecken sich, werden von einander abgezogen, und in dieser

*) Diese Behauptung ist nicht erwiesen. Floureens erzählt von Aeusserungen lebhaften Schmerzes beim Einspritzen von Chloroform in die Art. crur. dextra eines Hundes (Compt. rend. T. XXIX. p. 39). Ich habe Kaninchen in dem Augeblick, wo das Chloroform in die Schenkelschlagader eindrang, so oft kläglich schreien hören, dass ich vermuthe, das Chloroform rufe entweder durch Veränderung sensitiver Nervenröhren im Beine Schmerz oder durch plötzliches Einströmen ins Herz Angstgefühl hervor. Auf letzteren Gedanken komme ich, weil man das Chloroform zuweilen im Augenblicke des Einspritzens schon in Gasform die Vena cruralis durchheilen sieht.

Haltung verharren dann die vollkommen erstarrten und nur mit grossem Kraftaufwande biegabaren Hinterbeine. Ebenso können bei einem Frosche durch Einspritzung vom Herzen aus in einem Nu alle Beine in Streckung gerathen und, um mit Coze zu sprechen, bretthart in dieser Stellung verharren. Die kräftigste Bewegung, die mächtigste Aeusserung des Lebens erstirbt plötzlich in der vollkommensten Erstarrung und man wird unwillkührlich an jene Sagen gemahnt, die den Lebenden inmitten der regsten Handlung in Bäume oder Felsen verwandeln lassen.

Je kräftiger und contractiler die Muskeln sind, je weniger Zeit seit dem letzten Atemzuge verstrich, desto rascher und sicherer erfolgen Streckung und Erstarrung, desto weniger Flüssigkeit bedarf es zur Erzielung dieser Erfolge, desto intensiver wird die Starre. Je schwächer dagegen die Muskeln sind, je mehr Zeit seit dem letzten Atemzuge verfloss, je geringer die Contractilität geworden und je deutlicher schon die natürliche Todtentstarre sich angekündigt hat, desto schwächer fällt die krampfhaften Streckung, desto geringer die Intensität der nachfolgenden Starre aus, ja es treten bei grosser Schwäche oder nahezu erloschener Contractilität der Muskeln gar keine Zuckungen mehr ein, das Glied erstarrt einfach in der Haltung, die es gerade einnimmt und man bedarf zugleich viel mehr Injectionsmasse zur Erzielung einer intensiven Starre. Ist die natürliche Todtentstarre gelöst, so vermag Chloroform, auch in grosser Menge (12—14 Gramm) eingespritzt, nichts Merkliches mehr zu leisten *).

Ich habe unabhängig von Coze, dessen Arbeiten ich früher nicht kannte, diese von ihm bereits gewonnene und somit doppelt sicher gestellte Erfahrung gemacht. Sie lässt sich kurz in den Satz zusammenfassen: das Chloroform zeigt um so weniger

*) Ich muss gegenüber dem Zweifel, welchen G. Meissner in seinem Jahresber. über d. Leistungen d. Physiol. im Jahre 1856 durch ein Fragezeichen ausgedrückt hat, auf meiner a. a. O. gemachten Behauptung bestehen, dass andere Stoffe, z. B. verdünnte Salzsäure (10 pCt), Kalilauge, Essigsäure, das Vermögen besitzen, in reichlichen Mengen (zu 12—20 Gramm) nach dem Aufhören der natürlichen Todtentstarre eingespritzt, das Hinterbein des Kaninchens abermals, wenn auch unbeträchtlich, in seiner Biegsamkeit zu beschränken und das Fleisch für den tastenden Finger etwas härter zu machen.

ausgesprochen seine starrmachende Kraft, je mehr man sich von dem Augenblicke des erfolgten Todes an in der Zeit der Einspritzung entfernt. („Il m'a semblé que plus on s'éloignait pour faire l'injection, du moment de la mort, moins on obtenait d'intensité dans le durcissement des muscles.“ Coze, l. c. p. 836). — Der geringere oder mangelnde Erfolg bei der Einspritzung in späteren Zeiträumen beruht nicht, wie man vielleicht vermuthen könnte, auf inzwischen eingetretener Blutge- rinnung innerhalb der Gefässe, wodurch dem Chloroform der Weg zum Muskelgewebe versperrt würde. Die Thiere, an denen ich jene Beobachtungen sicher stellte, starben meistens den Verblutungstod, und ich überzeugte mich wiederholt von dem flüssigen Zustande des noch übrigen Blutes vor und nach der Einspritzung im Herzen oder den Gefässen der Gliedmaassen. Füge ich hinzu, dass die Gliedmaassen sehr junger *) oder durch Wundverjauchung zu Grunde gegangener älterer Thiere durch Chloroform nicht in dem hohen Grade starr gemacht werden können, wie die Gliedmaassen in voller Kraft gestorbener Thiere, so ist es wohl nicht voreilig gehandelt, wenn ich das wichtige Gesetz ausspreche: die starrmachende Kraft des Chloroforms (dasselbe gilt für den Aether), steht in geradem Verhältniss zur contractilen des Muskels. Wir sehen für die Chloroformstarre ein ähnliches Gesetz wiederkehren, wie es für die natürliche Todtentstarre gefunden ist, deren Stärke in geradem Verhältnisse steht zu der Stärke (also zur Grösse der contractilen Kraft), welche die Muskeln vor dem Tode besasssen. Dadurch aber wird es schon nahezu gewiss, dass die Chloroformstarre, wie die Todtentstarre von der contractilen Substanz ausgehe, eine Behauptung, die durch eine Reihe anderer Beweisgründe als ganz sicher gestellt betrachtet werden kann. Ich erlaube mir dieselben in summarischer Kürze hier zusammenzustellen und behalte mir, wie gesagt, die ausführlichere Entwicklung derselben für ein ander Mal vor.

*) Es gelang mir zwar, sogar 1 Tag alte Kaninchen, die ich mit Blausäure getötet, vom Herzen aus durch Einspritzung grösserer Mengen Chloroforms gleich nach erfolgtem Tode am ganzen Körper starr zu machen, aber das Fleisch wurde nicht so hart, und die Beine wurden nicht so steif, wie bei älteren Thieren.

Spritzt man grosse Mengen lauen destillirten Wassers von der Aorta aus durch die Beine eines verbluteten Kaninchens, so dass das Wasser durch die Vena cava wieder ablaufen kann und das Blut innerhalb der Gefässe möglichst ausgespült wird, so lässt sich noch immer durch etwas eingespritztes Chloroform eine ungemein intensive Erstarrung erzielen. Hat man das Hinterbein eines lebenden Kaninchens von der Art. crur. aus chloroformstarr gemacht, so dauert die Blutströmung in dem starren Beine ununterbrochen fort. Die Chloroformstarre kann somit nicht in einer Eiweissgerinnung innerhalb der Gefässröhren begründet sein.

Der aus fein zerhacktem, im Mörser zerstossenem, möglichst von Fett und Zellgewebe befreitem, frischem Kaninchenfleische durch Auspressen (ohne Wasserzusatz) reichlich zu gewinnende, sehr eiweissreiche Saft zeigt zwar bei Zusatz von Chloroform Gerinnungsbildung, allein es lässt sich nachweisen, dass in einer Gerinnung der in diesem Safte gelösten Eiweisskörper der wesentliche Grund der Chloroformstarre nicht zu suchen ist, wenn auch diesem Vorgange ein gewisser Anteil an dem Zustandekommen der Muskelerhärtung zugestanden werden muss. Erstlich bedarf es grosser Mengen Chloroforms, um in diesem Safte massenhafte Ausscheidungen von festem Eiweiss zu bewirken, während man mit unverhältnismässig geringen Mengen eingespritzten Chloroforms grosse Muskelmassen starr machen kann. Zweitens zeigen die Eiweissniederschläge wenig Cohärenz. Wie soll aber die grosse Härte und Steifigkeit chloroformstarrer Beine durch Gerinnung des Muskelsaftes zu Stande kommen, wenn nicht die ganze, das Fleischgewebe tränkende Eiweissmasse cohärent erstarrt? Drittens erreicht die Erhärtung, welche durch Einspritzung von Chloroform in andere Organe, deren Gewebssaft gleichfalls sehr eiweissreich ist, z. B. Leber, Nieren, Gehirn, erzielt wird, niemals den Härtegrad der Muskelchloroformstarre, und man muss dort viel grössere Mengen einspritzen als hier, wenn die Erhärtung überhaupt deutlich ausfallen soll. Vierthens ist der Saft, den man aus fein zerhacktem, zerstossenem und (ohne Wasserzusatz) ausgepresstem, durch reichliche Massen ein-

gespritzten Chloroforms im allerhöchsten Grade starr gemachtem Muskelfleische erhält, immer noch ausserordentlich eiweissreich und gerinnt bei Chloroformzusatz. Endlich gerinnt der Saft, der auf gleiche Weise aus faulem Kaninchenfleische gewonnen wird, gerade wie der aus frischem Fleische gewonnene, obwohl Chloroform-einspritzungen in faule Gliedmaassen auch bei Anwendung grosser Mengen dieses Stoffes keine für den tastenden Finger bemerkbare Erhärtung veranlassen.

Ist der wesentliche Grund der Chloroform-Muskelstarre weder in Gerinnung des Blutes der Haargefässer, noch in Gerinnung des Gewebssafes zu suchen, so kann er wohl nur in einer Erhärtung der contractilen Substanz selbst liegen. Dieser per exclusionem geführte Schluss wird durch einige unmittelbar beweisende Versuche gerechtfertigt.

Bringt man frisches Muskelfibrin (ich benutzte welches vom Ochsen, das viermal gewaschen war) in Chloroform, Aether oder Weingeist, so erhärtet es, wie durch Pressen zwischen den Fingern deutlich erkannt wird. Ist der eiweissreiche Saft des chloroform-starren Fleisches bis zur Erschöpfung ausgepresst, so besitzt der zurückbleibende Fleischkuchen eine ganz auffallende Härte und hat seine Klebrigkeiit in hohem Grade eingebüsst. Die Muskelfasern zeigen unter dem Mikroskop noch Quer- und Längsstreifen, aber nirgends mehr die Zickzackbiegungen frischer, schlaffer Fasern, an ihren Enden fehlen die wulstigen Umstülpungen und sie sind quer oder zackig abgesetzt, was dafür spricht, dass die Muskelröhren gleichmässig hart geworden sind. — Schliesslich erinnere ich an eine Beobachtung, die ich früher (a. a. O. S. 79) machte und seither durch einen neuen Versuch bestätigte, dass nämlich nach gelöster Todtentstarre das Fleisch des Kaninchens wenig mehr von dem Liebig'schen Muskelfibrin ausgiebt. Dieser Eiweisskörper stammt zweifelsohne aus der contractilen Substanz, mag er freilich auch nicht als solcher in dem lebenden Fleisch enthalten sein, denn die zu seiner Gewinnung erforderlichen mechanischen und chemischen Eingriffe müssen nicht unbedeutende Veränderungen am Fleische bewirken. Die geringen Mengen, die man nach gelöster Todtentstarre davon erhält, beweisen jedenfalls, dass die contractile Sub-

stanz während der natürlichen Todtenstarre bedeutende chemische Veränderungen erleidet, und diese Thatsache gewährt vielleicht einen Anhaltspunkt bei der Beantwortung der Frage, warum das Chloroform nur vor dem Eintritt und nicht nach der Lösung der Todtenstarre das Fleisch starr macht. Während das durch die Fäulniss hinsichtlich seiner Gerinnbarkeit wenig veränderte flüssige Eiweiss des Muskelsaftes seine Fähigkeit nicht verliert, bei Einwirkung des Chloroforms zu gerinnen, büsst, wie es scheint, die bedeutender umgewandelte contractile Substanz die Fähigkeit durch Chloroform zu erhärten ein. Essigsäure, verdünnte Salzsäure, Kalilauge, wirken auch am faulenden Fleische noch etwas starrmachend, theils weil, wie ich fand, die Eiweissgerinnungen, die sie im Muskelsafte bewirken, cohärenter und massenhafter sind, als die durch das Chloroform zu Stande kommenden, theils vielleicht deshalb, weil die contractile Substanz selbst jetzt noch in ihrem sehr veränderten Zustande durch diese Stoffe etwas erhärtet wird. Uebrigens ist nicht ausser Acht zu lassen, dass mittelst feinerer Messmethoden möglicherweise am faulen Fleisch auch nach Chloroform einspritzung eine sehr geringe Erhärtung, die durch das Tastgefühl nicht mehr erkennbar ist, nachgewiesen werden könnte.

Herr Dr. Wundt hat durch Benutzung feiner Messmethoden das schöne Gesetz ermittelt, dass die Elasticität des Muskelfleisches von dem Augenblicke an, wo die Blutströmung erlischt, bis zur Verwesung in einer continuirlich fortschreitenden Veränderung begriffen ist, wie er demnächst in einer grösseren Arbeit über Muskelbewegung darlegen wird. Dass der Muskel auch zugleich eine continuirlich fortschreitende, cum ultimo suspirio beginnende und mit der gänzlichen Auflösung endende, chemische Umwandlung erleide, dürfen wir, wie ich glaube, mit grosser Wahrscheinlichkeit ebenfalls behaupten. Es sprechen dafür die Ergebnisse der Untersuchungen G. Liebig's über Muskelathmung nach dem Tode (Ueber die Respiration der Muskeln. Müller's Archiv. 1850.), die von Valentin über die Wechselwirkung der Muskeln und der sie umgebenden Atmosphäre (Vierordt's Arch. für physiol. Heilk. 1855. S. 491), das verschiedene Verhalten des Muskelfibrins vor und nach dem Ablauf der Todtenstarre und end-

lich scheint mir die Erfahrung, dass die starrmachende Kraft des Chloroforms um so weniger sich geltend machen kann, je mehr man sich von dem Augenblicke des erfolgten Todes an in der Zeit der Einspritzung entfernt, insofern sie nur unter der obigen Voraussetzung ihren Schlüssel findet, gerade in dieser Hinsicht von grösster Bedeutung zu sein.

Muskeln, in welche Chloroform oder Aether eindrang, verlieren ihre röthliche Farbe, wie dies auch vom Weingeist längst bekannt ist. Aether macht sie blasser und gallertartig mattglänzend, Weingeist und noch mehr Chloroform färben sie, in grossen Mengen eingespritzt, gelblich, ihre Faserung tritt deutlicher hervor, sie werden in hohem Grade zerreisslich, mürbe und gewinnen eine grosse Aehnlichkeit mit gekochtem Fleische. Werden 3—4 Gramm Chloroform in das Hinterbein eines Kaninchens eingespritzt, so können dadurch die meisten Muskeln die gelbe Umwandlung erleiden. Werden 1—3 Gramm verwendet, so zeigen nur die Muskeln des Oberschenkels stellenweise kleinere und grössere, gelbe, harte, höckerige Stellen. Werden nur etliche Tropfen eingespritzt, so kann das ganze Bein in hohem Grade starr erscheinen, ohne dass sein Fleisch für's unbewaffnete Auge sichtbare gröbere Veränderungen erfahren hätte. Es gilt hier Aehnliches, wie bei der Wärmestarre, wo nur die höheren Grade sich dem Auge in der Farbe des Fleisches verrathen. — Gelbe Fleischbündel konnte ich durch den elektrischen Reiz nicht mehr zur Contraction bringen, wohl aber häufig noch solche, die dem blossen Auge unverändert erschienen, auch wenn sie sehr starr waren, jedoch fand sich hier immer das Contractionsvermögen entsprechend dem Grade der Erstarrung geschwächt. — Mikroskopisch besassen die primitiven Muskelbündel des durch Aether und Chloroform erstarrten, namentlich aber des gelben Fleisches eine viel grössere Durchsichtigkeit und die Querstreifen, sowie die Kerne des Sarcolemma traten ausnehmend deutlich hervor, zuweilen auch die Längsstreifen. Dagegen sah ich die Zickzackbiegungen und gröberen Faltungen der Bündel, wie sie das frische mit Wasser oder Blutwasser benetzte Fleisch gewöhnlich zeigt, nur selten. Dieselbe gelbliche Färbung, wie das Muskelfleisch, erleiden auch nicht muskulöse Organe, z. B.

Leber, Nieren und Gehirn, wenn hinreichende Mengen von Chloroform in die Aorta thoracica ascendens eingespritzt werden.

Der elektrische Strom verschwindet nach einigen Versuchen am Multiplicator mit Froschmuskeln, die durch Einspritzung von Chloroform oder Aether starr gemacht worden waren, nur bei den höheren Graden der Starre. Bei den niederen dagegen sind entweder schwächere Ströme in positiver oder stärkere Ströme in negativer Richtung vorhanden.

Die grosse Zerreisslichkeit der künstlich erstarrten Muskeln, die mittelst der Finger schon leicht zu constatiren ist, wurde durch folgenden Versuch am Kaninchen genauer nachgewiesen.

In die Iliaca dextra eines Kaninchens wurden gleich nach dem Tode 4 Gramm Chloroform eingespritzt, worauf bedeutende Stärre des Beins eintrat. Ich präparierte sogleich an beiden Beinen die Wadenmuskeln bis auf ihre Ansatzpunkte frei und durchsägte die Knochen des Ober- und Unterschenkels in der Mitte. Die unteren Hälften der Oberschenkel- und die oberen der Unterschenkelknochen dienten mir als Querstäbe, an denen ich die Wadenmuskeln über je zwei in geeigneter Entfernung von einander befestigten Haken gleichzeitig frei aufhängte.

An die Achillessehnen wurden die zur Aufnahme der Gewichte bestimmten gleich schweren Wagschalen befestigt und dann von Minute zu Minute beiderseits dieselbe Belastung zugelegt. Die starren Wadenmuskeln der rechten Seite zerriissen bei einer Belastung von $13\frac{1}{2}$ Pfd. (das Gewicht der Wagschale eingerechnet), während die schlaffen Muskeln der linken Seite bei einer Belastung von $17\frac{1}{2}$ Pfd. noch unversehrt blieben.

Die Dehnbarkeit von Muskeln, die durch Chloroform in Erstarrung gerathen, nimmt bedeutend ab, die Elasticität somit bedeutend zu.

Einem Frosche wurde die rechte Art. cruralis unterbunden und dann der ganze Körper vom Herzen aus durch Einspritzung von Chloroform in Starre versetzt, mit Ausnahme des rechten Beins, wohin kein Chloroform gedrungen war. Der schlaffe Wadenmuskel des rechten Beins (No. I) maass, eine Viertelstunde nach der Einspritzung herausgeschnitten, 25,5 Mm. in der Länge, der starre des linken (No. II) 19,4 Mm.; dieser hatte sich somit um etwa ein Fünftheil verkürzt. Da er jedoch noch immer in zunehmender Starre und Verkürzung begriffen war, wie denn diese Vorgänge nach der Einspritzung niemals augenblicklich ihren allerhöchsten Punkt erreichen, sondern, was zumal am Frosche deutlich, allmälig zu ihm ansteigen, so ist damit das volle Maass der Verkürzung, welches er schliesslich erfuhr, nicht bezeichnet. Um diese und die nachfolgenden Messungen vornehmen zu können, sind die beiden Beine rasch im untersten Theile der Oberschenkel amputirt, die Wadenmuskeln bis auf die oberen Ansatzstellen frei präparirt und

die Achillessehnen ganz unten abgeschnitten worden. H. Wundt war so gütig, die Dehnbarkeit der beiden Muskeln gleich nach ihrer Ausschneidung und Längenmessung mittelst eines ausserordentlich feinen und genauen Apparates zu vergleichen. Ich theile die gewonnenen Ergebnisse in folgender kleinen Tabelle übersichtlich mit *).

	Belastung.	Elast.	Elast.	Bleibende
		Verlängerung.	Verkürzung.	Dehnung.
No. I	1 Grmm.	0,044 Mm.	0,044 Mm.	0,000
	2 -	0,110 -	0,104 -	- 0,006
	5 -	0,284 -	0,270 -	- 0,014
	10 -	0,524 -	0,508 -	- 0,016
No. II	1 Grmm.	0,024 Mm.	0,030 Mm.	+ 0,006
	2 -	0,060 -	0,060 -	- 0,000
	5 -	0,140 -	0,130 -	- 0,010
	10 -	0,230 -	0,220 -	- 0,010

Hieraus geht hervor, dass die Dehnbarkeit des starren Muskels etwa um die Hälfte gegenüber dem schlaffen der anderen Seite ab-, die Elasticität somit etwa um das Doppelte zunahm. Dieses Maass ist aber noch nicht das volle, welches der Muskel schliesslich erreichte, denn, wie die Ziffern für das Maass der elast. Verkürzung bei No. II anzeigen, namentlich das Plus bei 1 Grm. Belastung, war die Starre unzweifelhaft noch immer im Zunehmen begriffen.

In allen wesentlichen Eigenschaften stimmt also die Chloroformstarre überein mit der Wärme- und Todtenstarre: der Muskel ist unausdehnamer und zerreisslicher geworden und hat seine elektrischen Ströme und Contractionsfähigkeit ganz oder grösstenteils eingebüsst. Doch sind die drei Zustände nicht identisch. Die natürliche Todtenstarre erreicht auch in ihrer intensivsten Entwicklung niemals jenen colossalen Ausdruck, wie die Wärme- oder Chloroformstarre, und die für das Auge wahrnehmbaren Veränderungen des Muskelfleisches in Farbe, Glanz u. s. w. sind anders bei der natürlichen, anders bei der durch Wärme und wieder anders bei der durch Chloroform oder Aether erzeugten.

Die erhärtende Wirkung des Weingeists war schon Girtanner und A. v. Humboldt (Vers. über d. gereizte Muskel- u. Nerven-

*) Ueber den Apparat und die Messungsmethode verweise ich auf das demnächst erscheinende Werk des H. Wundt.

faser. II. Bd. S. 344 u. ff., vgl. ferner S. 72 u. 368) bekannt. Der Letztere fand Regenwürmer oder Blutegel, die er beim einen Ende des Körpers fasste und mit dem unteren Theile kaum 4 Secunden lang in Weingeist tauchte, beim Herausziehen, soweit sie benetzt waren, steif und unbeweglich. Ebenso kannte er die entfärbende und erhärtende Wirkung des Weingeists auf das Fleisch von Fröschen und Kaninchen. Das Entfärben der Muskeln bestehe nicht in einem Auswaschen der Bluttheile, da der Weingeist, worin Froschschenen verbleichen, nicht geröthet werde. Diese Farbveränderung müsse also Folge einer inneren Mischungsänderung sein. Die Erhärtung der Muskeln schreibt er fälschlich einer Vermehrung des Tonus der irritablen Faser zu und bezeichnet sie als Tetanus. — Wie mir H. Wundt mittheilt, so härtet concentrirter Alkohol schon in wenigen Sekunden den eingetauchten Froschmuskel so, dass seine Dehnbarkeit ungefähr um das Vierfache abnimmt, von da an schreitet die Wirkung des Alkohols nur langsam vorwärts, indem die äusserst erhärtete Muskelrinde seinem ferneren Eindringen einen Widerstand entgegensemmt.

In einen ähnlichen Irrthum, wie Humboldt bezüglich der Weingeistarre, sind, wie wir oben sahen, Coze und nach ihm Flourens rücksichtlich der Chloroformstarre gefallen. Die mitgetheilten Ergebnisse der genaueren Untersuchung des chloroformstarren Muskels beweisen zur Genüge, dass man es hier keineswegs mit Tetanus, sondern mit einem der Todtenstarre nahe verwandten Zustande zu thun habe. Die beiden Gelehrten liessen sich wohl aus 2 Ursachen irre führen, erstlich weil eine krampfhaften Streckung der Gliedmaassen unmittelbar zu dieser Starre führt, man hat aber zuweilen auch unmittelbaren Uebergang vom Tetanus in die natürliche Todtenstarre beobachtet (vgl. m. Abb. a. a. O. S. 86); und zweitens, weil die Chloroformstarre am Lebenden wieder verschwinden und das Thier den Gebrauch seines Gliedes theilweise wieder erhalten kann, eine Thatssache, welche, wie wir später sehen werden, eine sehr einfache Deutung zulässt.

Es scheint mir hier am Platze, der merkwürdigen Schlüsse Erwähnung zu thun, welche Flourens aus seinen Einspritzungs-

versuchen mit sehr zahlreichen Stoffen in die Schlagadern lebender Thiere gezogen hat und worauf er zu wiederholten Malen in den Sitzungen der Akademie der Wissenschaften zurückgekommen ist. (Compt. rend. de l'Acad. 1847. T. XXIV. p. 905.; 1849. T. XXIX. p. 37 u. 1851. 13. Janv.) Er behauptet, das Chloroform, der Salzäther (l'éther chlorhydrique chloré), die ätherischen Oele (Terpen-thinöl, Münzöl, Rosmarinöl, Fenchelöl u. s. w.) und das Creosot riefen Muskellähmung mit tetanischer Steifigkeit hervor, während der Schwefeläther, der Essigäther, Oxaläther, der Alkohol, die Schwefelsäure u. s. w. die Muskeln lähmten und erschlafften. Ich habe freilich keine Versuche mit Essigäther, Oxaläther und Schwefelsäure angestellt, vom Schwefeläther aber und Alkohol habe ich mich durch mehr als 20 Einspritzungsversuche an Kaninchen, Hunden und Fröschen zu Lebzeiten oder bald nach dem Tode der Thiere überzeugt, dass sie ausnahmslos intensive Starre hervorufen, ähnlich wie das Chloroform, nur dass es bedeutend grösserer Gaben bedarf, um recht augenfällige Erscheinungen zu setzen. Ex analogia zu schliessen, werden sich aber Essigäther, Oxaläther und Schwefelsäure kaum anders verhalten, als Schwefeläther, Weingeist, Salzäther und Salzsäure, welche letztere schon in sehr grosser Verdünnung eingespritzt, intensive Starre mit beträchtlich verminderter Dehnbarkeit veranlasst. Durch Injection von Wasser mit 1 pCt. Salzsäure vom Herzen aus starr gemachte Wadenmuskeln des Frosches waren eine Viertelstunde nach der Einspritzung, wie die feine Messung nachwies, um die Hälfte weniger dehnbar, als die der anderen Seite, wo vor der Einspritzung die Art. cruralis unterbunden worden war. Und wie mir H. Wundt mittheilt, wird die Muskelsubstanz in verdünnter Schwefelsäure, wie in verdünnter Salzsäure und Essigsäure nach einigen Minuten hart und unausdehnbar, während sie sich in diesen Säuren nur, sobald sie concentrirt genommen werden, erweicht und selbst löst. — Aber auch wenn die genannten Stoffe wirklich (was ich läugne) ein so verschiedenes Verhalten gegen das Muskelfleisch besässen, wie Flourens angibt, so wäre man doch keineswegs genöthigt, mit ihm zur Erklärung solcher verschiedener physikalischer Veränderungen des Fleisches unter dem Einflusse verschiedener chemi-

schen Agentien seine Zuflucht zu besonderen Kräften in den Muskeln zu nehmen, von denen die einen starr machen und die anderen erschlaffen, und zu besonderen und höchst wunderbaren Beziehungen der Stoffe zu diesen geisterhaften Kräften, wodurch sie in Stand gesetzt würden, bald die starrmachenden, bald die erschlaffenden gesondert in Bewegung zu bringen. — Seltsamer Weise meint auch Coze, wie Flourens, dass Aether und Alkohol nur Erschlaffung bewirkten. Wahrscheinlich nahmen beide die Gaben zu gering. — Flourens hat endlich gefunden, dass der Ischiadicus bei Einspritzungen von Chloroform und ätherischen Oelen in die Beine lebender Thiere empfindlich bleiben kann, obwohl die Starre sehr ausgebildet erscheint, und die Reizung des Nerven keine Zuckungen mehr veranlasst. Ich kann diese That-sache bestätigen und hinzufügen, dass ich, selbst nach erfolgter Lösung der Chloroformstarre und bei schon beginnender Fäulniss der Muskeln, den Ischiadicus nahe dem Kniegelenke noch empfindlich antraf. Vielleicht wird der Ischiadicus, der beim Menschen wenigstens sein Blut nicht aus der Art. cruralis, sondern aus der Hypogastrica empfängt, auch beim Hund und Kaninchen aus dem gleichen Grunde von der Einspritzung des Chloroforms in dieses Gefäss weniger betroffen. In einem Falle wenigstens, wo das Chloroform in die Bauchaorta eines lebenden Kaninchens eingespritzt worden, verlor der Ischiadicus Empfindlichkeit und Motilität, obwohl die Cruralis vor der Einspritzung unterbunden und dadurch die Contractilität der Muskeln des Beins und selbst die Motilität der Wadennerven gewahrt worden war. Jedenfalls muss der Schluss, den Flourens aus dem von ihm beobachteten Verhalten zieht, als ungerechtfertigt zurückgewiesen werden. Er glaubt nämlich, dass das Chloroform nur die Motilität des Nerven vernichte, die Sensibilität dagegen unberührt lasse. Es begreift sich aber leicht, dass die motorische und sensible Erregbarkeit gleich wohl erhalten sein können, auch wenn die Reizung des Nerven sich nur in Schmerzgefühl und nicht mehr in Zuckungen verräth. Mag der motorische Nerv noch so sehr erregbar sein, wenn die Muskelröhren starr und unbeweglich geworden sind, kann seine Reizung keine Contractionen mehr hervorrufen. Und sollte der Grund,

weshalb die Reizbarkeit des Nerven die der Muskeln überdauert, auch kein anatomischer sein, so würde doch die verschiedene chemische Natur des Nerven und der Muskeln ein verschiedenes Verhalten gegen dasselbe chemische Reagens genügend erklären. Endlich wissen wir jetzt aus den Versuchen Kölliker's (Physiol. Unters. über die Wirkungen einiger Gifte. Virch. Arch. X.), dass die peripherischen Nervenfäden bei Einverleibung gewisser Gifte früher ertötet werden können, als die Röhren der Stämme, entgegen dem Ritter'schen Gesetze, so dass auch deshalb schon Flourens' Annahme von einer specifischen Beziehung des Chloroforms zu den motorischen Nerven nicht bewiesen wäre *).

In meiner Abhandlung über Todtentstarre theilte ich mit, dass die durch Aether- oder Chloroform einspritzung bewirkte Starre eines Gliedes am lebenden Kaninchen sich theilweise oder vollständig lösen könne, wenn das Thier lange genug fortlebe. Auch Coze hat bereits Gleiches beobachtet. „Lorsqu'un membre a été tétanisé par le chloroforme, on voit la roideur des chairs se dissiper peu à peu, les articulations reprendre une partie de leur mobilité, et au bout de quelques heures l'animal, sans avoir recouvré l'usage entier de son membre, peut au moins fléchir les articulations.“ Die Lösung erfolgt bei verschiedenen Thieren in sehr verschiedener Zeit. Ich sah sehr entwickelte Starre einmal in Zeit von $2\frac{1}{2}$ Stunden vollständig weichen, meist aber währt es 24—36 Stunden, bis sie ganz verschwunden war. Es scheint weniger auf die Menge des eingespritzten Chloroforms, als auf die Lebhaftigkeit, womit die Blutströmung in dem starren Beine fortwährt, anzukommen.

Ich sah 1855 in einem Falle **) die freie Beweglichkeit des Beins in solchem Grade wiederhergestellt werden, dass ich mich

*) Beiläufig gesagt, widerlegt auch aus demselben Grunde der von mir S. 74 u. 75 a. a. O. beschriebene Versuch mit Einspritzung von Kalkwasser die Staninius'sche Theorie nicht, wie ich dort glaubte. Er beweist nur, dass der Muskel absterben kann, ohne dass die motorischen Röhren des Nervenstamms, der ihm Zweige abgibt, abgestorben sein müssen, nicht aber, dass zugleich die feinsten Nervenzweige im starren Muskel selbst ihr Leistungsvermögen bewahrt haben.

**) Vgl. m. Abh. a. a. O. S. 82 u. 108.

der Täuschung hingab, die Chloroformstarre sei unter dem Einflusse collateraler Blutzufuhr in ähnlicher Weise aufgehoben worden, wie die natürliche Todtentstarre nach den bekannten Versuchen von Brown-Séquard und Stannius durch rothes Blut beseitigt wird, d. h. es gewann den Anschein, als ob das Muskelfleisch aus einem Scheintode sich wieder erholt hätte. Der Fall ist in meinen Notizen aufgezeichnet, wie folgt.

Einem 1 Jahr alten kräftigen, schwarzen Kaninchen wird um 1 Uhr 40 Min. etwa $\frac{1}{4}$ Gramm Chloroform in die Art. crur. dextra nahe an der Schenkelbeuge eingespritzt. Das Bein streckt sich und erstarrt augenblicklich. Um 3 Uhr haben sich Streckung und Starre schon vermindert, das Bein ist wieder etwas biegsam, fühlt sich aber kälter an als das andere und wird vom Thier beim Laufen nachgeschleift, ohne an den Leib angezogen oder gebeugt zu werden. Um 6 Uhr ist die Starre grösstentheils gewichen, das Bein in allen Gelenken, namentlich im Hüftgelenke, mehr gebogen. Um 8 Uhr ist die Starre fast ganz aufgehoben. Das Bein erscheint dem Willen mehr unterworfen, es wird beim Gehen an den Leib angezogen und im Knie flectirt mitgeführt, nicht mehr nachgeschleift. Um 10 Uhr ist keine Spur von Starre mehr wahrzunehmen und die Gewalt über das Bein scheint in hohem Maasse wiedergewonnen. Am anderen Morgen früh 6 Uhr wird das Thier tot gefunden und ist am ganzen Körper starr, mit Ausnahme des rechten Beins, welches schlaff ist und unmittelbar in Fäulniss übergeht, ohne nochmals starr zu werden. — Das Verhalten der Muskeln gegen den elektrischen Strom nach Lösung der Starre habe ich in diesem Falle nicht geprüft.

Ich halte es jetzt für ausgemacht, dass diese von Coze und mir beobachtete Wiederherstellung freier Beweglichkeit keineswegs deshalb geschah, weil das Muskelfleisch eine Restitutio in integrum einging, dass dieses vielmehr, soweit es von dem Chloroform starr gemacht wurde, gänzlich abstarrt und unter dem Einfluss der einströmenden Körpersäfte, statt wiederbelebt zu werden, in Fäulniss überging. Es schien mir schon früher bedenklich, dass in all den zahlreichen Fällen, wo ich die Chloroformstarre noch am lebenden Thiere sich lösen, den Tod aber rasch hernach eintreten sah, das betreffende Bein nie nach erfolgtem Tode nochmals erstarrte, sondern immer unmittelbar in Fäulniss überging. Ich beruhigte mich jedoch, weil Stannius angiebt, dass auch die Gliedmaassen, welche bei seinen Versuchen durch Unterbindung der Arterien am lebenden Thiere erstarrten, die aber bei

Herstellung des Kreislaufs von Neuem beweglich wurden und ihre Reizbarkeit wieder gewannen, nach dem Ableben nie nochmals erstarren, sondern unmittelbar in Verwesung übergingen, während die übrigen Gliedmaassen vollständig starr wurden. Es ist mir nun seitdem gegückt, in zahlreichen Fällen, die Thiere einen oder mehrere Tage am Leben zu erhalten, nachdem die Starre sich gelöst und die Beweglichkeit scheinbar theilweise wiederhergestellt worden war. Ich sah indess auch hier überall das Bein ausnahmslos nach der Lösung der Starre in Fäulniss übergehen. Wiederholt und namentlich in einem Falle, wo die Starre schon nach $2\frac{1}{2}$ Stunden ganz gewichen war, das Bein sehr frei benutzt zu werden schien und der Ischiadicus nahe der Kniekehle noch nach 4 Stunden sehr empfindlich sich erwies, prüfte ich mit starken elektrischen Strömen die Reizbarkeit der Muskeln bald nach gelöster Starre, fand sie aber immer aufgehoben. Bei einem Hunde, dem ich etliche Tropfen Chloroform eingespritzt, begrenzte sich die Fäulniss am oberen Dritttheil des Oberschenkels mit einer eiternden Demarcationslinie, die in der Höhe der Einspritzungsstelle an der inneren Schenkelfläche begann und nach aussen und hinten gekrümmmt herabstieg. Das Thier starb erst am 6ten Tage in Folge einer arteriellen Blutung aus der Wunde. Bei einem Kaninchen, dem ich etliche Tropfen Aether in den obersten Theil der Art. crur. eingespritzt, verbreitete sich die Fäulniss in Form diffusen Brandes allmälig bis zum Rücken herauf und tödte am 4ten Tage. Mehrere andere Kaninchen, denen ich etwas Chloroform in die Art. crur. eingespritzt und deren Starre sich völlig gelöst hatte, starben am 2ten und 3ten Tage, immer war das Bein unmittelbar nach der Starre in Fäulniss übergegangen. Auch Cruveilhier (Anat. pathol. T. II. Livr. XXVII. p. 3) sah schon bei mehreren Hunden, denen er verdünnten Weingeist (oder Tinte) in die Art. crur. eingespritzt hatte, die Lähmung und Empfindungslosigkeit in 12, 24, 48 Stunden in Fäulniss übergehen. — Ich erkläre mir daher den erneuten Einfluss des Willens der Thiere auf die Beine nach gelöster Starre anders und zwar folgendermaassen. Nach der Einspritzung der genannten Stoffe in den oberen Theil der Schenkelschlagadern bleiben neben den Musculis

iliacis auch noch die oberen Portionen der Schenkelmuskeln, namentlich in der hinteren Gegend, wo die eingespritzte Flüssigkeit weniger hindringt, grössere Stücke der Beuger des Unterschenkels unverändert oder doch theilweise contractil. So lange das Bein steif ist, vermögen diese Muskeln und Muskelstücke ihre Kraft nicht geltend zu machen; sie sind es aber im Stande, sobald die Steifigkeit einer Beweglichkeit, die Muskelstarre der Fäulniss Platz gemacht hat. Jetzt vermögen sie bei der Contraction das erschlaffte Bein im Hüftgelenke wieder anzuziehen und im Kniegelenke zu beugen, und so entsteht der Anschein, als ob das Thier aufs Neue das ganze Bein in seine Gewalt bekomme. (Vgl. Virchow, Handb. der spec. Pathol. u. Ther. Bd. I. S. 281 u. die Note, wonach schon Fabricius Hildanus über ähnliche Täuschungen, denen Aerzte sich am Krankenbette bei Brand der Gliedmaassen aussetzen, berichtet.)

Ist das Bein nach gelöster Starre faul geworden, so wird die Anziehung des Beins im Hüftgelenke zuletzt zur Contractur. Mit grossem Kraftaufwande ist man kaum im Stande, den Oberschenkel vom Bauch abzuziehen, offenbar, weil alle Antagonisten des Iliacus nicht nur lahm, sondern auch übermäßig weich geworden sind.

Merkwürdig bleibt die Regelmässigkeit und Raschheit, womit die chloroformstarren Beine lebender Thiere in Fäulniss übergehen, falls die Thiere lange genug (2—3 Tage) am Leben bleiben, während sie an todten meistens Wochen lang starr verharren und der Fäulniss trotzen, mögen auch die nicht injicirten Körpertheile längst in Verwesung gerathen sein. Aehnlich ist das Verhältniss beim Aether, nur dass die Aetherstarre am Leichnam sich früher löst, zuweilen schon im Verlaufe mehrerer Tage. Es verhindert das Chloroform allerdings keineswegs an der Leiche völlig den Eintritt der Fäulniss, die Starre nimmt, wenn sie ihren Höhepunkt erreicht hat, wie es scheint, continuirlich allmälig ab und kann zuletzt ganz gelöst werden. Aber dazu bedarf es auch bei Einspritzung weniger Tropfen in ein Bein vieler Tage.

So sah ich die Starre des Hinterbeins eines Kaninchens, welches von der Aorta aus durch wenige am lebenden Thiere eingespritzte Tropfen Chloroforms erzeugt worden war, erst nach 7 Tagen

(bei einer Temperatur der umgebenden Atmosphäre von 10—15° C.) vollständig gelöst werden, obwohl sie in den 6 Stunden, die das Thier noch lebend zugebracht, schon theilweise beseitigt worden war. Selbst in der glühenden Sommerhitze des Jahres 1857 fand ich durch etwa 1 Gramm Chloroform starrgemachte Kaninchenbeine noch am 7ten Tage fast unverändert und der Fäulniss trotzend, als die übrigen Körpertheile längst in dem lebhaftesten Verwesungsprozesse begriffen waren. Wiederholt sah ich zur Frühjahrs- und Winterszeit (bei 10—20° C.) chloroformstarre Beine nach 2, ja 3 Wochen wenig verändert, obwohl die nicht injicirten Beine derselben Thiere längst der Fäulniss auheimgefallen waren.

Unterbindet man die Aorta abdominalis bei einem lebenden Kaninchen über der Theilungsstelle und spritzt in die eine Iliaca etwas Chloroform, so kann es gelingen, dass man, wenn das Thier lange genug am Leben bleibt, die Starre des injicirten Beins mehr und mehr weichen sieht, während sich am anderen Beine allgemach die natürliche Todtenstarre mehr und mehr entwickelt. Zuletzt kann das injicirte Bein beweglicher und schlaffer sein, als das nicht injicirte, und wenn das Thier nun stirbt, ehe die Starre am nicht injicirten Bein ihren höchsten Ausdruck erreicht hat, so wächst sie hier an der Leiche noch, während die Starre des injicirten Beins nicht mehr zunimmt.

Brown - Séquard (Canst. Jahresber. für 1853. I. S. 199) bestätigt die Angabe von Coze, dass Einspritzung von Chloroform in die Blutgefässe eines amputirten Gliedes die Muskeln steif mache. Er fügt aber noch hinzu, sie könnten noch 2—10 Tage später ihre Reizbarkeit wieder erlangen, wenn man frisches, hellrothes Blut einspritzte. Das Chloroform hindere die Fäulnissersetzung, daher nach so langer Zeit Wiederherstellbarkeit der Irritabilität. Glieder, die längere Zeit gelegen hätten, forderten mehr Blut. Das Chloroform hebe also die Selbstzerlegung der Muskeln nicht gänzlich auf. Für das Kaninchen betrug das Maximum der Zeit, nach welcher ein losgeschnittenes Glied die Wiederherstellung der Muskelreizbarkeit durch Bluteinspritzungen gestattete, 41 Stunden. Die Bluteinspritzungen wurden vorher sehr häufig wiederholt. Die so behandelte Extremität versiel dann den folgenden Tag in Todten-

starre, während die übrigen schon faulten. Man könne arterielles und venöses Blut anwenden.

Diese Erzählungen lauten höchst wunderbar und widersprechen den Ergebnissen meiner Beobachtungen vollständig. Obwohl die Chloroforminjection die Blutströmung im erstarnten Beine keineswegs aufhebt, sondern nur beschränkt, und ich einigemale 24 Stunden lang das Blut durch die starre Extremität kreisen sah, so wurde doch in all meinen zahlreichen Versuchen ausnahmslos die Muskelreizbarkeit nicht nur nicht wiederhergestellt, sondern es gingen im Gegentheil die anfangs noch vorhandenen Reste vollends verloren und Fäulniss trat ein. Sollten bei den Versuchen Brown-Séquard's keine Täuschungen unterlaufen sein? Leider steht mir das Originalwerk (*Experimental researches applied to physiology and pathology. New-York 1853.*), dem diese Notizen von dem Berichterstatter Valentin entnommen sind, zur näheren Einsicht nicht zu Gebote. Ein Versuch, den ich zur Prüfung machte, hatte nicht die Erfolge, welche Brown-Séquard angiebt.

Einem jungen, kräftigen, aus der Carotis verbluteten Kaninchen wurden gleich nach dem Tode etwa 2 Gramm Chloroform in die Aorta abdominalis eingespritzt und fast augenblicklich eine sehr intensive Starre der Hinterbeine erzielt. Starke elektrische Ströme durch die unenthäuteten Beine geleitet brachten keine Zuckungen hervor.

6 Minuten nach der Chloroformeinspritzung wurden etwa 7 Gramm warmen, flüssigen, rothen Kaninchenblutes in die Aorta abdom. eingespritzt. Die Starre wich nicht, die Reizbarkeit kehrte nicht wieder.

6 Minuten später wurden 2 Gramm Blut von derselben Beschaffenheit eingespritzt, 16 Minuten darnach 14 Gramm, Starre und Unerregbarkeit blieben unverändert.

15 Minuten nach der letzten Einspritzung wurden abermals 14 Gramm warmen, rothen Kaninchenblutes eingespritzt und dann immer in Zwischenzeit von einigen Minuten noch dreimal 7 Gramm. Im Ganzen sind somit etwa 60 Gramm Blut eingespritzt worden. Man enthäutete das eine Bein. Die Gefäße der Muskeln waren mit Blut überfüllt und an einigen Stellen hatten sich Extravasate gebildet. Das blossgelegte Fleisch war starr und blieb vollkommen unerregbar. Das andere unenthäutete Bein behauptete seine Starre noch am 5ten Tage nach dem Tode, als die Vorderbeine schon von Fäulniss schlaff geworden.

Ich will übrigens die Möglichkeit nicht abstreiten, mit verdünnten Lösungen von Chloroform in einem indifferenten Medium am lebenden Thiere leichte Grade von Starre zu erzielen, die durch

den Blutstrom wieder mit Herstellung der Reizbarkeit ausgeglichen werden können. Leider scheiterten 2 Versuche mit Einspritzung einer dünnen chloroformhaltigen Eiweisslösung in die Art. erur. des Kaninchens an gewissen technischen Hindernissen. Die Eiweisslösung drang nämlich mit soviel Schwierigkeit durch das feine Ansatzröhren, dass die Einspritzung beide Male misslang. Was aber die Einspritzung von reinem Chloroform betrifft, so scheint dadurch immer Fäulniss veranlasst zu werden, sobald die Gabe, auch wenn sie nur wenige Tropfen beträgt, hingereicht hat, Starre zu bewirken.

Es ist nicht wenig auffallend, dass die Chloroformstarre am todteten Thiere wochenlang besteht und die Fäulniss aufhält, während die Starre am lebenden regelmässig rasch vergeht und der Fäulniss weicht, falls das Thier die Einspritzung 1—2 Tage lang überlebt. Am lebenden Individuum veranlasst demnach das Chloroform die Fäulniss, die es am Leichname hemmt. Woher röhrt dies entgegengesetzte Verhalten?

Untersucht man ein Bein mit theilweise gelöster Aetherstarre, wenn die Lösung am Leichnam erfolgt ist, so findet man, — diese Beobachtung machte ich zweimal, — die inneren tiefer liegenden Muskelschichten noch starr, während die äusseren bereits weich geworden sind. Dies Verhalten weist darauf hin, dass die Lösung der Aetherstarre in Folge der Abdunstung des Aethers erfolgt. Ist der Aether verdunstet, so tritt die Fäulniss ein, wie ein thierisches Präparat faul, wenn der Weingeist, der es zuvor tränkte und conservirte, verdunstet ist.

In ähnlicher Weise scheint das Chloroform, so lange es im Fleische weilt, der Fäulniss ein Hinderniss zu bieten, seine Verbindung aber mit den Eiweisskörpern, wenn sie auch nur adhässiver Art ist, muss von einer gewissen Innigkeit*), und zwar inniger und fester als die des Aethers sein; da chloroformstarre Theile am Leichnam so viel schwieriger faulen, als ätherstarre.

*) Zwei bis drei Drachmen verdünntes Hühnereiweiss mit drei Tropfen Chloroform in einem Reagenzglase geschüttelt, bis diese Tropfen verschwunden waren und so offen an der Luft aufbewahrt, besass noch nach 14 Tagen deutlichen Chloroformgeruch. Erst nach 3 Wochen war er verschwunden.

Buchheim (Lehrb. der Arzneimittel. S. 14) hat uns meines Wissens zuerst sehr interessante Beziehungen des Senföls zum Hühnereiweiss kennen gelehrt, die für unsere Frage von Bedeutung sind. „Setzt man“, sagt er, „zu einer Eiweisslösung eine sehr kleine Menge ätherisches Senföl, so dass die Flüssigkeit einen starken Senfölgeruch annimmt, so bemerkt man keine auffallende Veränderung der Mischung, allein das Eiweiss gerinnt jetzt beim Kochen nicht mehr und so lange noch eine Spur von Senföl sich in der Flüssigkeit befindet, tritt weder eine Trübung des Eiweisses, noch irgend ein anderes Zeichen der Fäulniss ein“.*). Ich habe diesen Versuch wiederholt und kann Buchheim's Angabe nahezu bestätigen.

Bringt man einige Tropfen Senföl zu einigen Unzen einer Mischung von 1 Theil Hühnereiweiss auf 2 Theile Wasser und schüttelt sie täglich in einem verschlossenen Glase, so bilden sich Eiweissgerinnsel. Nach 24 Stunden, nachdem man die Flüssigkeit öfter geschüttelt hat, filtrirt man und erhält eine klare, stark nach Senföl riechende Eiweisslösung, welche zwar mit Salpetersäure noch reichliche Gerinnsel macht, beim Kochen aber nicht mehr. Nach Ablauf eines Jahres war eine solche Lösung noch klar, roch nach Senföl, aber nicht nach Fäulnissproducten und gerann beim Kochen nicht, wohl aber beim Zusatz von Salpetersäure. Nach Ablauf von 2 Jahren erschien die Lösung trübe, zeigte aber keinen Fäulniss-, sondern noch immer den Senföl-Geruch. Sie wurde filtrirt und das Filtrat gekocht. Es bildete sich jetzt etwas körniges Gerinnsel. Salpetersäure trübte das Filtrat und bewirkte nur schwache Gerinnung.

Das Verhalten des Chloroforms zu dem Hühnereiweiss erinnert an das des Senföls. Bringt man etwas Chloroform zu einer filtrirten Mischung von Hühnereiweiss und Wasser, so umgibt sich jeder Tropfen Chloroform beim Niedersinken in der Flüssigkeit mit einem Eiweisshäutchen und gelangt, wie schon Panum bemerkte, in Gestalt einer sogenannten Ascherson'schen Zelle auf dem Boden des Gefäßes an. Schüttelt man, so theilen sich diese Bläschen in immer zahlreichere und kleinere. Filtrirt man nach wiederholtem Umschütteln 24 Stunden später, um die Gerinnsel zu entfernen, so läuft eine stark nach Chloroform riechende Flüssigkeit durch. Diese chloroformhaltige Eiweisslösung hat verschiedene Eigenthümlichkeiten. Erstlich läuft sie viel leichter als gewöhnliches Hühner-

*.) Bekanntlich hindert Zusatz von etwas Senf auch die Gärung des Mostes. Darauf beruht in unseren Gegenden die Bereitung des süßen „Mostsenfs“.

eiweiss durch das Filter und ihre Farbe spielt mehr ins Gelbliche. Zweitens gerinnt sie viel schwieriger beim Kochen: Davon überzeugte ich mich auf folgende Weise. Ich senkte in kochendes Wasser 2 Reagenzgläschen, von denen das eine gewöhnliches, das andere chloroformhaltiges Eiweiss aus denselben Eiern von nahezu gleicher Verdünnung und Menge enthielt, neben einander gleich tief ein. Die chloroformhaltige Eiweisslösung begann sich erst dann in den oberen Schichten zu trüben, als die andere schon ganz geronnen war. Erst während des Gerinnens verlor sich allmälig der Chloroformgeruch der ersteren, und als die Gerinnung durch das Kochen vollendet, war jede Spur eines solchen Geruches verschwunden. Dies ist nun bei senföhlhaltigem Eiweiss selbst durch halbstündiges Kochen nicht zu erreichen, und der Geruch bleibt. Wie hierin das Chloroform dem Senföl nachsteht und offenbar minder innig mit dem Eiweiss sich verbindet, da es durch Hitze leichter auszutreiben ist als jenes, so auch hinsichtlich seiner fäulnisswidrigen Kraft. Es verzögert die Fäulniss beträchtlich, vermag sie aber nicht so lange fern zu halten, wie das Senföl, wahrscheinlich weil es rascher aus dem Eiweiss entweicht. Indess erschien filtrirtes chloroformhaltiges Hühnereiweiss in einem zugepfropften Glasfläschchen noch nach 4 Wochen bei einer Temperatur von 12 bis 15° C. bis auf wenige Gerinnsel klar, reagirte alkalisch und roch nach Chloroform. Reines, denselben Eiern entnommenes und filtrirtes Eiweiss dagegen, welches auf dieselbe Weise aufbewahrt worden war, hatte sich schon am 4ten Tage zu trüben begonnen, am 14ten massenhafte Gerinnsel ausgeschieden und einen schwach säuerlichen Geruch angenommen, in der 4ten Woche roch es abscheulich und reagirte stark sauer.

Wir lernen bieraus, dass das Chloroform von dem flüssigen Eiweiss des Muskelsaftes, vielleicht auch von den festen und geronnenen Eiweisstheilen des Fleisches mit einer gewissen Kraft zurückgehalten wird und durch seine Gegenwart in ähnlicher Weise, nur in geringerem Maasse, wie das Senföl (und vielleicht die ätherischen Oele überhaupt), der Fäulniss entgegenwirkt. Es wird zugleich klar, warum gerade auf dem Wege der Einspritzung mit so geringen Mengen dieser Stoffe so grosse Fleischmassen in einem

Nu verändert werden können; die Einspritzung allein ermöglicht es eben, diese äusserst flüchtigen Stoffe in feinster Vertheilung auf einmal in die Capillarbezirke der Gewebe zu treiben, wo sie von den Eiweisskörpern sofort aufgenommen werden. Die Veränderungen aber, die sie hervorrufen, sind sicherlich verschiedener Art, theils werden in grober Weise Aggregatzustände flüssiger Eiweisskörper umgestaltet und schon feste, aber bis heran weiche, erhärtet, mit anderen Worten Gerinnungs- und Erstarrungsvorgänge veranlasst, theils geschehen Einwirkungen, die sich nur durch das Unvermögen der thierischen Theile, in Fäulniss überzugehen, oder das langsamere Vorschreiten der Fäulniss verrathen.

Das Chloroform beraubt die Gewebe der Gliedmaassen, wohinein es gespritzt wird, je nach der verwendeten Menge mehr oder weniger rasch und vollständig, und zwar die einen je ihrer Natur nach früher als die anderen, ihrer lebendigen Eigenschaften. Es bewirkt eine „*Mortification*“, mit *Carswell* oder mit *Cruveilhier* zu sprechen, eine „*Cadaverisation*“, die sich am Muskelfleische zunächst in Gestalt einer intensiven Starre kundgibt. Wenn es in dem ertödteten Glied am lebenden Thiere so lange verweilen könnte, wie am todten, wenn es langsam durch die Haut abdünsten müsste, statt dass es der Einwirkung eines lebhaften Blutstroms preisgegeben ist, der seine Verbindung mit den Geweben rasch lockert und aufhebt, so würde die Chloroformstarre auch am lebenden Thiere viele Tage und vielleicht Wochen lang bestehen können und die Fäulniss zurückgehalten werden. Darin liegt die Lösung des Widerspruches in den Erscheinungen der Chloroformwirkung bei fortdauerndem und bei erloschenem Leben! Der Blutstrom, der das Chloroform wegspült, nimmt in demselben Stoffe, welcher das Bein ertödtete, zugleich das Hinderniss weg, das dem Eintritte der Fäulniss wehrte und liefert dem Beine, da die Gewebe unheilbar zerstört sind, statt der Mittel zur Erneuerung des Lebens gerade umgekehrt die zur raschesten Vernichtung des Organischen auf dem Wege der Fäulniss,

nämlich Wasser, Sauerstoff und Wärme. Eine gewisse Analogie mit der Ertötung durch Frost lässt sich hier nicht verkennen. Soll ein erfrorenes Thier faulen, so muss es erst aufgezaut sein. Ein erfrorenes Glied am Lebenden wird brandig, es fault, wenn die Gewebe unwiederherstellbar ertödtet sind, und der Blutstrom von innen oder die Wärme von aussen zum Eintritte der Zersetzung die nöthigen chemischen Bedingungen darbieten.

Man kann sich von dem Fortbestehen einer lebhaften Blutströmung in dem abgestorbenen Beine noch längere Zeit nach der Einspritzung mit leichter Mühe überzeugen. Sie pflegt, soweit meine Beobachtungen an 6 Thieren, wo ich diese Verhältnisse genauer studirte, reichen, selbst nach gelöster Starre, wenn diese binnen 12—24 Stunden schwindet, fortzudauern, und zwar so lange, bis die Fäulniss deutlichere Fortschritte gemacht hat, das Fleisch weich, feucht und bräunlich, die Haut blaugrün zu werden beginnt und der bekannte Geruch nach flüchtigen Fettsäuren sich einstellt, also zuweilen 24—48 Stunden. In solchen deutlich in Fäulniss übergegangenen Theilen findet keine Blutströmung mehr statt, das Blut stellt eine eingedickte theerartige Masse dar oder ist fest geronnen, in der weniger zersetzen Nachbarschaft ist zuweilen gleichfalls keine Strömung mehr nachzuweisen oder sie besteht, jedoch mangelhaft, fort, das Blut ist in einzelnen Gefässen geronnen, in anderen flüssig, aber es strömt hier gar nicht mehr oder doch viel langsamer. Wie die Haut und das Fleisch in der Umgebung von Schnittwunden, die man an dem abgestorbenen Glied anbringt, am raschesten faul, so gerinnt auch das Blut in den blossgelegten oder den nachbarlichen Venen solcher Schnittwunden zuerst.

Wenn man behufs der Einspritzung die Art. crur. nahe der Schenkelbeuge unterbunden hat und sie nun unterhalb der Ligatur anschneidet, um das Röhrchen einzuführen, so ergiesst sich fast ausnahmslos reichlich Blut aus der Gefässwunde, zum Beweis, dass das Glied auf Nebenwegen noch grosse Menge arteriellen Blutes empfängt. Selbst nach geschehener Einspritzung des Chloroforms und erfolgter Starre sah ich wiederholt Blut aus der Arterie strömen. Man thut deshalb wohl, um den Thieren grosse Blutverluste

zu ersparen, bevor man das Gefäss anschneidet, noch einen 2ten Faden anzulegen, mit dem man unter der Schnittwunde das Gefäss anziehen und nach der Einspritzung unterbinden kann.

Von dem Verhalten der Blutströmung an dem ertödteten Gliede verschaffte ich mir Einsicht, indem ich verschiedene Venen durch Hautschnitte blosslegte. Streicht man mit einem Scalpellheft das Blut in der Richtung der Strombahn vor sich her, so strömt es, je nachdem der Kreislauf noch lebhaft, langsam oder gar nicht mehr stattfindet, mit verschiedener Schnelligkeit oder gar nicht mehr von der Peripherie in den leer gewordenen Kanal nach. Schneidet man ein Gefäss an, so lehrt der Erfolg noch zuverlässiger, wie es mit dem Zustande des Bluts und der Blutströmung sich verhält. Es fliest entweder gar kein Blut mehr aus, das Gefäss enthält feste, dunkle, mit der Pincette ausziehbare Gerinnsel mit oder ohne Luftblasen, oder das Gefäss enthält theerartig eingedicktes Blut, welches aus dem Rohr ausgestrichen werden kann, aber kaum von selbst abfliest; oder es enthält flüssiges Blut, dieses strömt aber aus, ohne dass es durch neues ersetzt wird; oder endlich es findet eine mehr oder minder reichliche Blutung statt, wobei das austretende Blut durch beständig mehr oder weniger rasch nachströmendes ersetzt wird.

Die Blutströmung innerhalb des erstarrten, mortificirten Beines wird durch verschiedene Umstände behindert und endlich aufgehoben. Einmal muss bei der Kleinheit der Schlagader am Kaninchenbeine die grösste, die Art. cruralis selbst zur Einspritzung verwendet und zu dem Zwecke vorher unterbunden werden. Zwar bleibt noch eine sehr mächtige Seitenströmung, allein das Chloroform bedingt sicherlich, wie es die willkürlichen Muskeln starrmacht und zur Contraction veranlasst, auch eine Starre der unwillkürlichen Ringmuskeln der Gefässe mit Verengerung ihrer Lichitung. An den Därmen wenigstens kann man bei Einspritzung von Chloroform in die Aorta eine solche Verengerung deutlich gewahren. Durch die Starre der Ringmuskeln fällt nicht nur ein wesentliches Unterstützungsmittel der Blutbewegung weg, sondern es lässt auch die Verengerung der Gefässröhren, zumal bei der gleichzeitigen Contraction der Skelettmuskeln, nur eine kleinere

Menge Blutes zu, und mit der aufgehobenen Bewegung der Skelett-muskeln endlich wird eines der wichtigsten Unterstützungsmittel des Kreislaufs in den Venen weggenommen.

Ist die Fäulniss vorgeschritten, so erfolgen Blutgerinnungen und heben den Blutkreislauf an Ort und Stelle ganz auf. Sie erfolgen allmälig, wie die Fäulniss auch allmälig vor sich geht, und wir sehen hier ein vortreffliches Beispiel jener Art von Gangrän, wo die Blutgerinnung nicht die Gangrän, sondern diese die Gerinnung (secundäre Thrombose) bedingt. In jeder faulenden Eiweisslösung scheiden sich nach und nach Gerinnsel aus. Man kann dies beim Hühner-eiweiss, beim Blutserum und beim Fleischsaft verfolgen. Ich sah im filtrirten Fleischsaftes des Kaninchens bei einer Temperatur von 25—30° C. schon im Verlaufe von 2—3 Stunden flockige Abscheidungen entstehen, Gerinnsel, welche theils zu Boden sanken, theils an der Oberfläche der Flüssigkeit schwammen und mehrere Tage lang beträchtlich zunahmen. Einmal, da ich die Flüssigkeit 8 Tage lang im Gläschen stehen liess, betrugten die Gerinnsel zuletzt dem Augenscheine nach etwa vier Fünfttheile der ganzen Masse. — Ich vermuthe, dass die Fäulniss der Gewebe und namentlich der Gefäßwände sich auf das langsam in ihnen bewegende Blut überträgt und so die Gerinnungen des selben veranlasst.

Nur wenn grössere Mengen Chloroforms in die Art. crur. eingespritzt werden, so dass ein beträchtlicher Theil durch die Vena cruralis zum Herzen zurückströmt, tritt nach der Einspritzung Betäubung und Schwäche ein, wovon je nach Umständen Erholung stattfindet oder aber baldiger Tod die Folge ist. Nach Einspritzung kleinerer Mengen bleiben die Thiere munter und fressen gerne das dargereichte Futter, bis die Fäulniss ausgeprägter auftritt, womit sie dann alle, das eine jedoch rascher, das andere langsamer schwer erkranken und das Futter zuletzt verschmähen. Dieses Allgemeinleiden scheint theils darauf zu beruhen, dass das Blut Zersetzungprodukte aus dem verwesenden Beine aufnimmt, theils darauf, dass es da, wo es faulende Theile umspült, selbst Umsetzungen erfährt, wodurch vielleicht die gesamte Blutmasse nach und nach in die

Anfänge eines Fäulnissprozesses geräth, und die Ernährung des ganzen Körpers Noth leiden muss. Die natürliche Todtenstarre solcher nach sehr ausgebildetem Brände des Beines gestorbener Kaninchen fällt immer schwach aus und kann sogar bei kalter Luft in 24—48 Stunden, also 2—4mal rascher, als bei verbluteten kräftigen Thieren zu geschehen pflegt, weichen. Es wiederholt sich hier am Thiere, was bei Menschen, die an putriden Fiebern verstarben, längst beobachtet ist.

Beobachtet man die Farbe des Bluts in der Vena cruralis während und nach der Einspritzung des Chloroforms in die Arterie, so sieht man sie gleich nach der Einspritzung viel dunkler werden, bald hernach aber wird sie, wenn nicht allzuviel Chloroform verwendet wurde, wieder beträchtlich heller. — Das Fleisch, während der Starre bleich oder gelblich, wird durch die Fäulniss bräunlichroth und wässrig, die faulende Haut blauroth und grün-gelblich, im Zellgewebe bilden sich Gasblasen.

Zur Ermittelung der praktisch-hochwichtigen Frage, ob noch zwischen dem faulenden, seiner Blutströmung beraubten Gliede und dem lebenden Körper ein Säfteaustausch stattfinde, der nicht blos an den Berührungsgrenzen der lebenden und todten Theile, sondern innerhalb dieser selbst vor sich gehe, habe ich mehrere Versuche angestellt, von denen, wie ich glaube, dem folgenden volle Beweiskraft, dass ein solcher Stromwechsel oder wenigstens, dass eine Strombewegung aus dem faulen Gliede in den lebenden Körper wirklich stattfinde, zugestanden werden darf.

Einem sehr grossen und kräftigen, grauen, männlichen Kaninchen wird 9½ Uhr Morgens das linke Bein von der Art. crur. aus durch Einspritzung nahe an der Schenkelbeuge mit einigen Tropfen Chloroforms ganz gestreckt und starr gemacht. Das Thier schreit bei der Einspritzung. Das Fleisch der Schenkel- und Wadenmuskeln fühlt sich hart und höckerig an.

Um 10½ Uhr, also eine Stunde später, ist die Starre schon grossenteils gelöst, das Bein im Hüft- und Kniegelenke gebogen, das Fleisch des Oberschenkels fast ganz weich, die Wadenmuskeln sind noch hart.

Um 12 Uhr, also 2½ Stunden nach der Einspritzung, ist die Starre vollständig gelöst, alles Fleisch weich. Das Thier scheint die freie Beweglichkeit des Beines wieder in hohem Maasse zu besitzen. Es zieht das Bein an, beugt es im Hüft-, Knie-, und wie es scheint, sogar im Fussgelenke, jedoch mit weniger Kraft als früher.

Um 1 Uhr wird der Nervus ischiadicus in der Nähe der Kniekehle aufgesucht und mit einer Scheere etwas eingeschnitten. Das Thier zuckt am ganzen Körper heftig. Die Wunde blutet ziemlich stark.

Um 2 Uhr wird die Reizbarkeit der Muskeln mittelst des elektrischen Stroms geprüft. Die Elektroden werden an verschiedenen Stellen in das Fleisch des linken Beins eingestochen und sehr starke Ströme benutzt, ohne dass irgend welche Zuckung erfolgt. Wird aber der eine Draht an das linke Bein und der andere an irgend einen anderen Theil des Körpers gebracht, so entstehen die heftigsten Zuckungen an den unverletzten Gliedmaassen. Ebenso erweisen sich die von der Wunde in der Nähe der Kniekehle aus zugänglichen, blossliegenden Muskelportionen unerregbar. Die Venen in dieser Wunde zeigen eine sehr lebhafte Blutströmung.

Um 7 Uhr Abends ist das Bein wenig verändert, nur nässt die Wunde in der Kniekehle ziemlich stark, ihre Umgebung erscheint geschwollen und fühlt sich auffallend warm an gegen die übrigen Theile des Gliedes, welche kälter sind, als das andere Bein. Der Blutkreislauf besteht lebhaft fort. Das Thier frass mit vielem Appetit den ganzen Tag über Kohl und Lattig.

Am 2ten Tage, früh 9 Uhr zeigt das Bein noch keine Erscheinungen deutlicher Fäulniss. Nur fliesst aus der Wunde an der Kniekehle etwas jaucheartige Flüssigkeit, und die hier in der Tiefe befindliche grosse Vene, wie alle kleineren Hautvenen in der Umgebung, enthalten geronnenes Blut und vermitteln keine Blutströmung mehr. Ebenso ist die Vena cruralis im Bereich der behufs der Einspritzung gemachten Injectionswunde durch Blutgerinnsel verschlossen. Dagegen erscheint das Blut in der längs des Schienbeins verlaufenden grossen Vene noch in lebhafter Strömung. Man schneidet das Gefäß an und sowohl aus dem unteren wie aus dem oberen Gefäßstück strömt reichlich Blut, so dass man gezwungen ist, mit zwei Fäden zu unterbinden. Diese Fäden sind vorsichtshalber schon vor dem Einschneiden der Vene um dieselbe gelegt worden, weshalb das Thier keinen erheblichen Blutverlust erleidet. — Auch an diesem Tage frisst das Thier noch viel Kohl und Lattig. Abends 9 Uhr zeigt das Bein Spuren von Fäulnissgeruch, welcher von den beiden Wunden am Oberschenkel ausgeht, wo die Haut eine etwas livide Färbung hat.

3ter Tag. Das Thier frass auch in der Nacht noch viel. Die Haut zeigt sich um 8 Uhr früh in der Umgebung der beiden Wunden des Oberschenkels und der des Unterschenkels blaugrün, die Muskeln sind hier bräunlichroth, sehr erweicht, das Bein verbreitet einen sehr übeln Geruch. Man überzeugt sich durch einen weiteren kleinen Einschnitt in die Haut des Unterschenkels, dass die Blutströmung hier ganz erloschen ist, alle Hautvenen enthalten wie die grosse, gestern unterbundene Vene, geronnenes Blut. Die Muskeln haben eine mehr bräunlichrothe Färbung angenommen. Am Oberschenkel ist die Blutströmung in dem untersten, dem Kniegelenke nahen Theile und an der Innensfläche bis zur Schenkelbeuge herauf gleichfalls erloschen, dagegen bluten noch viele der kleinen Häutvenen am hinteren mittleren Theil und im hinteren und oberen Theil besteht der Kreislauf sogar lebhaft fort.

Um 11 Uhr, also fast 50 Stunden nach gemachter Chloroformeinspritzung,

wird durch ein mit dolchartiger, durchbohrter Spitze endendes Ansatzrörchen eine halbe Drachme in sehr wenig Wasser gelöstes Jodkalium unter die Haut der Sohle an 3 verschiedenen Stellen vorn in der Nähe der Zehen langsam eingespritzt, so dass die Flüssigkeit sich unter der Haut des Fusses gleichmässig ausbreitet und diese etwas anschwillt. Hierauf wird das ganze Bein vorsichtig abgetrocknet, die Sohle zuerst mit einigen Lagen von zartem Filtrirpapier umwickelt, um etwa austreibende Feuchtigkeit aufzunehmen, und dann der ganze Fuss bis zum Unterschenkel herauf in einer mehrfachen Lage Guttaperchapapiers mit starken dünnen Schnüren sehr fest eingebunden. Endlich wird über dieser Lage das ganze Bein bis zum obersten Viertheil des Oberschenkels hinauf nochmals mit einer mehrfachen Lage von Guttaperchapapier fest umwickelt. — Hierauf fängt man den durch Auspressen aus der Blase gewonnenen Urin auf. In gleicher Weise wird Urin aufgefangen nach 3, 5, 9, 12, 22 Stunden. Nach 25 Stunden wird das Thier, das dem Ende nahe seit mehreren Stunden alle Nahrung verschmäht hat, durch Blausäure getötet. Die Blase enthält keinen Urin mehr. Die Fäulniss erstreckt sich vorn noch über einen Theil der Bauchwand, hinten bis an den Rücken herauf. Nur im obersten Dritttheil des hinteren Umfangs des Oberschenkels, da wo die Fäulniss keine so grossen Fortschritte gemacht hat, enthält noch ein Theil der Hautvenen flüssiges Blut, alle tieferen Venen und die übrigen Hautvenen des Beines enthalten festgeronnenes oder theerartig eingedicktes Blut. Das Fleisch ist missfarbig, mürbe, riecht abscheulich, die Haut erscheint blaugrün, jedoch nirgends abgelöst oder in Blasen aufgehoben.

Herr Dr. Carius, Docent der Chemie dahier, war so gütig, die Untersuchung des Harns auf Jod vorzunehmen. Der gleich nach der Einspritzung und der nach 3 Stunden gewonnene Harn ergab keine Spur von Jod, selbst nachdem der Harn mit Schwefelsäure zur Trockne destillirt, das Destillat mit kohlensaurem Natron neutralisiert, auf ein sehr geringes Volumen eingedampft, mit einem Tropfen Essigsäure angesäuert und darauf nach Zusatz von Stärkelösung der Einwirkung von Chlorgas mit allen Vorsichtsmaassregeln ausgesetzt worden war.

Der nach 5 Stunden gewonnene Harn ergab, in obiger Weise behandelt, eine sehr geringe Spur von Jod.

In dem nach 9 Stunden aufgefangenen Harn liess sich das Jod mit Leichtigkeit schon direct nachweisen, indem der Harn mit Stärkelösung versetzt, mit einem Tropfen Essigsäure angesäuert und mit Vorsicht der Einwirkung von Chlorgas preisgegeben wurde.

Die Menge des Jods in dem nach 12 Stunden gewonnenen Harn war bei Anwendung desselben Verfahrens noch bedeutender.

In dem nach 22 Stunden entfernten Harn war die Jodmenge so gross, dass bei demselben Verfahren eine tiefblaue Flüssigkeit entstand.

Es wurden immer annähernd gleiche Mengen Urins verwendet.

Ich betone nochmals, dass ich bei diesem Versuche keine Spur von Blutkreislauf mehr am ganzen Unterschenkel des Thieres entdecken konnte, dass nicht nur die nächtigste Vene desselben

schon Tags zuvor unterbunden worden und mit Gerinnsel ganz erfüllt war, sondern dass auch alle Hautvenen des Unterschenkels geronnenes Blut enthielten. Da die Haut am Kaninchen sehr leicht verschiebbar ist, so genügen 2 Hautschnitte, sich vom Zustande aller dieser Hautvenen durch directe Besichtigung zu überzeugen, denn man kann jede der gesetzten Wundspalten über die Muskulatur der einen Hälfte des Unterschenkels hinwegbewegen. Ich spritzte die sehr concentrirte Jodkaliumlösung nahe an den Zehen vorsichtig unter die Haut der Sohle, trocknete sehr gut ab und umwickelte zuerst den Fuss fest und darüber noch fast das ganze Bein mit undurchdringlichem Guttaperchapapier. Wenn das Jodkalium im Harn erschien, so muss es den ganzen Weg von der Ferse bis zum mittleren Theil des Oberschenkels bei diesem grossen Kaninchen auf anderen Wegen, als denen des strömenden Blutes zurückgelegt haben. Ich halte mich deshalb zu dem Ausspruche berechtigt, dass noch nach Erlöschen des Blutkreislaufs in todten, in Fäulniss begriffenen Theilen, wenigstens einige Zeit lang eine Säfteströmung stattfindet, wodurch es ermöglicht wird, dass leicht diffusible Stoffe, wie das Jodkalium, von den äussersten Enden des faulen Gliedes zu den lebenden herauf und in den Kreislauf gebracht werden können. Bei der Raschheit, womit diese Bewegung gegenüber der Imbibition an der Leiche (nach den Angaben der Toxicologen) vor sich geht, wird man dem plasmatischen Gefäßsystem des Bindegewebes von Virchow eine grosse Rolle zuweisen und annehmen müssen, dass die Pump- und Saugkraft des Herzens, wenn auch in minimaler, so doch noch immer in wirklicher Grösse in diesem mikroskopischen Röhrennetz sich geltend macht und die Diffusion und Capillarattraktion ansehnlich unterstützt.

Todte und selbst faulende Theile, in denen alle Blutströmung erloschen ist, sind somit am lebenden Individuum der Circulation nicht ganz entzogen, es findet sicherlich ein gewisser, und wie es scheint, noch ziemlich lebhafter Stoffaustausch zwischen den lebenden und todten Theilen statt, der nicht blos an den Berührungs-grenzen der lebenden und todten Theile, sondern innerhalb derselben vor sich geht. Mit wachsender Fäulniss muss freilich dieser Säftewechsel immer weniger ergiebig ausfallen. Wie eine Eiweiss-

lösung um so schwieriger das Filter durchläuft, je trüber sie durch Fäulniss geworden ist, je rascher die feinen Gerinnsel die Poren verstopfen, so müssen auch die allenthalben innerhalb des faulenden Gliedes sich niederschlagenden und in die Gewebsstückchen sich einlagernden Eiweissgerinnsel mehr und mehr der intraparenchymatösen Säfteströmung hindernd in den Weg treten. Ein todes und selbst ein faules Glied ist also immer noch längere Zeit ein Theil des Organismus, nicht blos ein todter oder fauler Anhang, sondern, falls es nicht vertrocknet oder schon dem Zerfallen nahe oder durch die Demarcationslinie gewissermaassen abgelöst ist, innig mit demselben durch Säfteströmung verbunden; der Mechanismus, wahrscheinlich sogar der Chemismus der feuchten Gangrän sind anders, als bei der Leichenfäulniss. Die Grösse der Gefahr beim feuchten Brände wird endlich nicht durch die Grösse der Berührungsstelle faulender und lebender Theile allein bestimmt, die Grösse der ganzen faulenden Masse ist in der Regel mit in Rechnung zu ziehen und die Frage, wann die Amputation brandiger Gliedmaassen vorzunehmen sei, erhält damit einen neuen wichtigen Gesichtspunkt.

Die Schlüsse, die ich aus den Ergebnissen dieses Versuches ziehe, werden nicht zu kühn genannt werden, wenn ich anführe, dass Stannius (Arch. f. physiol. Heilk. Bd. II. S. 23), welcher Cyaneisenkalium und essigsaures Strychnin in Wunden der Unterschenkel brachte, nachdem in Folge von Unterbindung der Aorta an 2 Stellen und beider Artt. crurales Leichensteifheit eingetreten war, dessenungeachtet das Blutlaugensalz in der Lymphe zweier stark gefüllter Lymphgefässe neben der Aorta antraf und nach einiger Zeit Starrkrampf eintreten sah, dass Emmert, Bischoff, Ludwig, Fränkel, Lechler (vgl. Donders, Physiol. des Menschen I. S. 334) Cyaneisenkalium aus Wunden des Beins nach Unterbindung der Aorta in Chylus und Harn übergegangen fanden.

Drei anderen Versuchen, die ich in ähnlicher Absicht und mit ähnlichen Vorsichtsmaassregeln, wie den obigen anstellte, schreibe ich deshalb weniger Beweiskraft zu, weil ich, obwohl immer erst nach erloschener Blutströmung in den Venen des Unterschenkels,

die concentrirte Jodkaliumlösung statt unter die Sohle, in den Unterschenkel einspritzte, also zu wenig entfernt von dem Oberschenkel mich hielt, in dessen hinteren Theilen die Venen noch flüssiges Blut führten. Im ersten Falle wurde das dem Sterben nahe Thier $3\frac{1}{2}$ Stunden nach der Einspritzung getötet, es konnte kein Jod im Urin nachgewiesen werden. Im zweiten lebte das Thier noch 5 — 6 Stunden nach der Einspritzung; der Urin enthielt eine Spur von Jod. Im dritten lebte das Thier 24 Stunden nach der Einspritzung; Urin, der 12 und 24 Stunden darnach aus der Blase gewonnen wurde, war ausnehmend reich an Jod.

Es scheint mir nun noch übrig, zum Schlusse kurz auf eine andere Beziehung aufmerksam zu machen, in welcher das Studium der Chloroformtötung der Gliedmaassen für die Lehre von der Gangrän sich fruchtbringend erweist. Wir vermögen hier ganz vortrefflich eine Ertötung der Gewebe zu verfolgen, welche sich weder aus Entzündung, noch aus mechanischer Zerstörung derselben, noch aus Verschliessung der zu- oder abführenden Gefässe hervorbildet, denn dass die einfache Unterbindung weder der Art. noch der Vena cruralis beim Kaninchen Gangrän hervorbringt, ist durch den Versuch leicht nachzuweisen. Sie wird vielmehr durch Einbringen eines verderblichen Stoffes, eines chemischen Agens, welches schon in sehr kleinen Mengen wirkt, also eines Giftes, bedingt; diesem Gifte gehen aber die Charaktere eines Fermentkörpers, als welche man sich die eigentlichen septischen Gifte vorstellt, völlig ab, es wirkt im Gegentheil sogar der Fäulniss entgegen und muss erst beseitigt sein, wenn die von ihm abgetöteten Theile in Fäulniss übergehen sollen. Die alte Unterscheidung Galens der Gangraena vom Sphaecelus oder, wie sich Himly (Ueber den Brand. S. 5) ausdrückt, der Anlage (Opportunitas) zum Brände und des wirklichen Brandes findet darin, der Grundidee nach, ihre versuchsmässige Rechtfertigung, nur dass die Anlage nicht blos Scheintod ist, wie Himly meinte, sondern wirklicher Tod sein kann. Himly scheint geglaubt zu haben, wirklicher Tod und Fäulniss seien identische Begriffe, was durch den Mammuth im ewigen Eise Sibiriens ebenso gut schon wie durch unsere Versuche widerlegt wird. Genauer

als die althergebrachte dürfte vielleicht folgende Unterscheidung von der Art und dem Grade nach verschiedenen Vorgängen bei der Ertötung oder Mortification einzelner Körpertheile am Leben- den sein.

1. Die Gewebe, Muskeln, Nerven u. s. w. verlieren ihre physiologische Leistungsfähigkeit, sterben ab und erstarren. Für diesen Vorgang schlage ich den Namen der **Cadaverisation** (*Cruveilhier*) vor; er stellt öfter das erste Stadium des wirklichen Brandes dar.

2. Die Gewebe erweichen und beginnen zu faulen. Ist der Brand nicht aus Behinderung der Blutzufuhr durch Verschliessung der Gefässe hervorgegangen, so findet hier noch Blutströmung in den faulenden Theilen statt. **Gangraena**.

3. Die Fäulniss ergreift das Blut, was die faulenden Gewebe durchströmt oder umspült, es entstehen in Folge dessen secundäre Gerinnungen, die Blutströmung hört auf, innerhalb der Gewebe selbst dagegen findet (wenigstens eine Zeit lang) noch eine Säfteströmung statt, es kommt zur Entwicklung von Fäulnissgasen und schliesslich zerfallen die Gewebe. **Sphacelus**.

4. Die abgestorbenen Gewebe erhalten keinen Zu- fluss von Säften, während die ihrigen verloren gehen, sie vertrocknen. **Mumificatio**, trockener Brand.

Heidelberg, den 10. October 1857.

