

X.

Bemerkungen über die sogenannte wachsartige Degeneration
der quergestreiften Muskelfasern.

Von Dr. W. Erb,
Privatdozenten in Heidelberg.

Seit dem Erscheinen der grossen Arbeit Zenker's über die Muskelveränderungen im Abdominaltyphus¹⁾) sind von verschiedenen Seiten her weitere Mittheilungen über denselben Gegenstand erfolgt. Diese Mittheilungen waren grössttentheils bestätigende; in einzelnen Punkten jedoch machte sich auch eine von der Zenker'schen abweichende Auffassung geltend.

Einer dieser Punkte, über welche nicht alle Beobachter mit Zenker gleicher Ansicht sind, ist die Auffassung der sogenannten „wachsartigen Degeneration“. Ihre Bedeutung wird von den verschiedenen Forschern als eine sehr verschiedene angesehen. Zenker vor Allen hat dieser auffallenden Veränderung eine sehr hohe pathologische Bedeutung zugeschrieben. Er beschreibt sie (l. c. p. 6) „als eine Umwandlung der contractilen Substanz zu einer durchaus homogenen, farblosen, stark wachsartig glänzenden Masse mit völligem Verschwinden der Querstreifung und Untergang der Muskelkerne“. Dass diese Veränderung schon während des Lebens existire, wird ausdrücklich betont (l. c. p. 8) und ihre Bedeutung für die Pathologie des Muskels mit folgenden Worten bezeichnet: „Ein Bündel, welches einmal vollständig wachsartig degenerirt ist, kann nicht mehr zur Norm zurückkehren, fällt vielmehr stets der Zerstörung und endlichen Resorption anheim. Diese Form der Degeneration ist daher stets von vornherein als eine wesentlich schwerere anzusehen, als die körnige Degeneration, und sie führt stets mit Nothwendigkeit durch den Untergang einer Anzahl von Muskelementen zur numerischen Atrophie des Muskels“.

¹⁾ F. A. Zenker, Ueber die Veränderungen der willkürlichen Muskeln im Typhus abdominalis. Leipzig 1864.

Diesen Ausführungen Zenker's Betreffs der wachsartigen Degeneration, schliesst sich Waldeyer¹⁾ nicht unbedingt an. Ihm fällt zunächst die geringe chemische Differenz zwischen den wachsartig degenerirten und den noch quergestreiften Muskelbündeln auf; seine Untersuchungen zeigen ihm, dass in dem Verhalten beider gegen verschiedene chemische Reagentien kein nachweisbarer Unterschied besteht. Auch in der Beschreibung des optischen Verhaltens weicht Waldeyer von Zenker ab; er findet an den meisten wachsartig glänzenden Strecken die Querstreifen noch erhalten, jedoch sehr nahe aneinandergerückt; endlich leugnet er auch den Untergang der Muskelkerne. Jedenfalls hält aber auch Waldeyer die „wachsartige Degeneration“ für eine schon während des Lebens eintretende Veränderung, leugnet jedoch, dass dieselbe von der körnigen Degeneration graduell verschieden sei; er glaubt vielmehr, dass das wachsglänzende Aussehen einzelner Stellen und Bündel durch rein mechanische Momente bedingt sei. Diese mechanischen Momente scheint Waldeyer in starken Contractionen der durch Gerinnung des Myosins weniger elastisch gewordenen Fasern zu finden.

Hayem²⁾ hat bei seinen Untersuchungen über die Muskelveränderungen bei fieberhaften Krankheiten, wie es scheint, die Angaben Zenker's in den meisten Punkten bestätigt.

Klob³⁾ dagegen, der die Muskelveränderungen beim exanthematischen Typhus untersuchte, fand auch hier die körnige sowohl wie die wachsartige Degeneration. Die letztere jedoch erklärt er häufig für eine Leichenerscheinung und hat an harpunirten Kaninchenmuskeln, sowie an den Muskeln menschlicher Amputationsstümpfe das Entstehen dieser „Degeneration“ unter dem Mikroskop verfolgt.

Schon früher hatte W. Krause⁴⁾ darauf hingewiesen, dass

¹⁾ Waldeyer, Ueber die Veränderungen der quergestreiften Muskeln bei der Entzündung u. d. Typhusprozess etc. Dies. Arch. Bd. 34. S. 473. 1865.

²⁾ Hayem, Note sur les altérat. des muscles etc. Gaz. méd. de Paris 1866. — Canst. Jahresber. f. 1866. Bd. I. S. 140.

³⁾ Klob, pathol.-anat. Mittheilungen über exanthem. Typhus. Sitzungsprotoc. d. Gesellsch. d. Aerzte. — Wochenschr. d. Ztschr. d. Ges. d. Aerzte in Wien. 1866. S. 331.

⁴⁾ Krause, Göttingische gelehrte Anzeigen 1865. Stück 11. S. 436.

todtenstarre Muskeln frappant so aussehen sollen, wie die wachsartige Degeneration, und dabei den Wunsch ausgesprochen, es möchte das Verhältniss der Todtenstarre zu der wachsartigen Degeneration einer genaueren Untersuchung unterworfen werden. Es passen übrigens die gewöhnlich von todtenstarren Muskelfasern gegebenen Beschreibungen (vgl. z. B. Kühne, Untersuchungen über Bewegungen und Veränderungen der contractilen Substanzen. Arch. f. Anat., Physiol. etc., 1859, p. 748 ff.; Funke, Physiologie. 4. Aufl., Band I, p. 984; Hessling, Gewebelehre, p. 121...) keineswegs ganz genau zu der Zenker'schen Beschreibung von der wachsartigen Degeneration.

C. O. Weber beschreibt in seiner Arbeit über die Muskelneubildung¹⁾ die durchaus ähnlichen Veränderungen, wie sie sich an Muskeln unmittelbar nach einer Verletzung finden; in den durchschnittenen und verletzten Muskelfasern bildet sich nach kurzer Zeit eine Veränderung aus, die der „wachsartigen Degeneration“ Zenker's vollkommen entspricht. Weber hält diese Veränderung für eine reine Folge der Retraction der zerrissenen Muskelbündel und führt dieselbe auch im Typhus auf Zerreissung der Muskeln zurück.

Dagegen schliesst sich der neueste Autor über diesen Gegenstand, C. E. E. Hofmann in Basel²⁾, wieder ganz den Angaben und Ansichten Zenker's an und will dieselben gerade Betreffs der wachsartigen Degeneration in allen wesentlichen Punkten bestätigt gefunden haben. Er glaubt, dass es sich dabei nicht nur um gröbere mechanische Veränderungen handle, sondern um Molekularänderungen, vielleicht um einen Gerinnungsvorgang. Eine vorgängige Ruptur der Faser scheint er für das Entstehen der Degeneration nicht für nothwendig zu halten.

Es gehen also die Ansichten über die pathologische Bedeutung der „wachsartigen Degeneration“ ziemlich weit auseinander: während sie von der einen Seite als eine äusserst schwere, unfehlbar zur Zerstörung der Muskelfaser führende Veränderung angesehen wird, wird von der anderen Seite die geringe Differenz in dem

- 1) C. O. Weber, Ueber die Neubildung quergestreifter Muskelfasern u. s. w. Dies. Arch. Bd. 39.
- 2) C. E. E. Hofmann, Ueber die Neubildung quergestreifter Muskelfasern, besonders im Abdominaltyphus. Dies. Arch. Bd. XL. S. 505.

chemischen Verhalten der degenerirten und normalen Muskelsubstanz betont und endlich von einer anderen Seite die ganze Veränderung als eine Leichenerscheinung aufgefasst. Da die sogenannte „wachsartige Degeneration“, wie es scheint, einen sehr weitverbreiteten und häufigen pathologisch-anatomischen Befund bildet, da von ihrer Bedeutung die Auffassung verschiedener pathologischer Vorgänge im Muskel sehr wesentlich abhängt, ist eine Entscheidung der schwiebenden Fragen natürlich von grossem Interesse. Die Fragen, welche sich zunächst der Prüfung aufdrängen, sind folgende: Ist die sogenannte wachsartige Degeneration eine Leichenerscheinung, oder kommt sie auch während des Lebens vor? Unter welchen Verhältnissen erscheint sie an der Leiche, unter welchen schon während des Lebens? Welche Bedeutung hat sie für die Existenz der Muskelfaser?

In der Meinung, dass jeder Beitrag zur Lösung dieser Fragen willkommen sein dürfte, veröffentlichte ich die folgenden Versuche und Beobachtungen, die wenigstens auf einige Seiten der Frage etwas Licht zu werfen scheinen, wenn sie auch dieselbe keineswegs vollständig zu lösen im Stande sind.

Ich wurde zur Beschäftigung mit diesem Gegenstande dadurch veranlasst, dass mir bei meinen Untersuchungen über die Veränderungen der Muskeln bei gewissen peripherischen Lähmungen — deren Ergebniss ich in Bälde veröffentlichen zu können hoffe — sowohl beim Menschen als bei Thieren die wachsartige Degeneration vielfach begegnete. Damals noch überzeugt von der Richtigkeit der Zenker'schen Anschauungen benutzte ich dieselben als Grundlage für weitere Forschungen, in deren Verlauf sich mir aber Zweifel über die Richtigkeit derselben immer mehr aufdrängten. Veranlasst durch die Unregelmässigkeiten im Auftreten der „Degeneration“, je nachdem ich ganz frische oder schon todtenstarre oder in conservirenden Flüssigkeiten aufbewahrte Muskeln untersuchte; veranlasst ferner durch zufällige Bemerkungen, die ich an einem ganz frischen Präparate machte, das ich längere Zeit anhaltend untersuchte, stellte ich die im Folgenden zu beschreibenden Versuche an, um das Vorkommen der „Degeneration“ etwas näher zu prüfen.

Zunächst wendete ich mich an ganz normale Muskeln. Es stellte sich an denselben sofort heraus, dass wenn man ganz

frische, noch lebende Muskeln — vom Frosch, Kaninchen, Hund und Menschen — unter das Mikroskop bringt und sie tier mit einer indifferenten Flüssigkeit (Blutserum, Eiweiss, Jodserum, 1 pCt. Kochsalzlösung) conservirt, sich nach einiger Zeit — in $\frac{1}{4}$ — 1 — 2 Stunden — in den einzelnen Muskelfasern genau dieselbe Veränderung einstellt, die man als wachsartige Degeneration beschrieben hat. Das Auftreten dieser Veränderung, die allmähliche Umwandlung der quergestreiften Substanz in wachsartig glänzende Massen, Schollen, das Auftreten von zahlreichen Rissen und Spalten u. s. w. lässt sich an geeigneten Präparaten direkt auf's Schönste beobachten.

Hier nur eine kurze Schilderung der Normalversuche.

Schneidet man bei einem lebenden Frosch aus irgend einem Theile der Musculatur rasch mit der Scheere ein mikroskopisches Präparat heraus, so zeigt sich an dem sofort unter das Mikroskop gebrachten und ohne Deckglas untersuchten Muskelstückchen auch nicht eine Spur von wachsartiger Degeneration; höchstens sind die Schnittenden der einzelnen Muskelfasern leicht gequollen, etwas aus dem Sarcolemmaschlach hervortretend und leicht glänzend. Dasselbe ist der Fall, wenn man das Deckglas auflegt und auch wenn man eine indifference Zusatzflüssigkeit (filtrirtes Hühnereiweiss, Jodserum, 1 pCt. Kochsalzlösung) hinzusetzt. Die Muskelfasern sind vollkommen blass, durchsichtig, sehr schön quergestreift. Nach kurzer Zeit jedoch (beim Frosch nach $\frac{1}{2}$ —1 Stunde) beginnt in den meisten Fasern, gewöhnlich von der Schnittfläche her, manchmal aber auch von mehreren Punkten des Faserverlaufs gleichzeitig, eine Veränderung in dem Aussehen der quergestreiften Substanz, welche durchaus an die sogenannte „wachsartige Degeneration“ erinnert: Grösserer Glanz der Fasern, Zusammenrücken der Querstreifung bis zum vollständigen Verschwinden derselben, Auftreten zahlreicher querer Risse und Spalten, die mehr oder weniger dicht beisammen stehen und in welchen die Muskelkerne liegen bleiben; Anschwellung der Fasern an den vorzugsweise glänzenden Stellen, Zusammenfallen des Sarcolemmaschlaches zwischen denselben. Neben diesen Veränderungen treten die gewöhnlich der Todtentstarre zugeschriebenen Erscheinungen — Bräunlichwerden und Undurchsichtigkeit der Fasern — mehr in den Hintergrund; sie sind nur an den Fasern zu bemerken, die ihre Querstreifung conserviren und nicht in der oben beschriebenen Weise sich verändern; sie sind am schnellsten und sichersten zur Anschaugung zu bringen, wenn man frische Muskelpräparate in Aq. dest. untersucht, worin sie die „wachsartige Degeneration“ nicht eingehen. Nach wenigen — 2—3 Stunden hat gewöhnlich die Veränderung ihren Höhepunkt erreicht; sie erstreckt sich auf die meisten Fasern und hat dieselben nicht selten in einem beträchtlichen Theile ihrer Länge befallen. Bei langerem Liegen nimmt die Veränderung gewöhnlich nicht mehr weiter zu, und die so erhaltenen Präparate können dann in verschiedenen Zusatzflüssigkeiten für längere Zeit conservirt werden.

Die genauere mikroskopische Beobachtung zeigt, dass gewöhnlich die erste Erscheinung eine wulstige Aufreibung mit stärkerem Glanz der Schnittfläche der einzelnen Faser ist. Von hier aus beginnt dann die Veränderung, die man bald mehr einem Gerinnungs-, bald auch mehr einem Einschmelzungsvorgang vergleichen möchte. Auf das wulstige glänzende Ende folgt zunächst eine dunkle, stark lichtbrechende Zone, an welcher die Querstreifung ganz oder fast ganz verschwunden ist und die mit einer dunkeln (oder je nach der Einstellung hellen) scharfen Linie von der normal quergestreiften Substanz sich absetzt. Durch allmähliches Hereinrücken dieser Linie wird ein Querstreif nach dem anderen eingeschmolzen und in die glänzende körnige Masse verwaedelt. Zuweilen entfernt sich plötzlich die normale Substanz etwas weiter von der dunklen Linie, wird durch eine blasse, mit Flüssigkeit gefüllte Schichte von derselben getrennt: es entsteht eine Querspalte in dem sich verändernden Gewebe, durch welche häufig noch einige Fäden sich hinüberziehen. Durch das häufigere oder seltener Auftreten dieser Spaltbildung, durch ihre Verbreitung über die ganze Breite der Faser oder nur über einen Theil derselben entstehen die verschiedenen Formen der Veränderung: bald breite homogene glänzende Bänder, bald schmale und ganz dünne in regelloser Anordnung. An dem an die Spalte anstossenden Rand der quergestreiften Substanz entsteht dann dieselbe Veränderung mit denselben Wechselseitigkeiten wieder, um sich mehr oder weniger weit über die Faser hin auszubreiten. Die Muskelkerne werden frei und bleiben häufig lose in den Spalten liegen.

Unmittelbar an der Grenze des Ueberganges der veränderten in die noch quergestreifte Substanz sieht man die Querstreifung häufig ganz normal; in anderen Fällen rückt sie näher zusammen und bleibt dann häufig noch eine Zeitlang auf den — besonders den breiteren — Querbändern und Schollen sichtbar, in welche die Muselfaser zerfallen ist.

Nicht selten auch beginnt die Veränderung an mehreren Punkten der Muselfaser gleichzeitig und schreitet dann von diesen nach beiden Seiten hin fort; es bleiben dann oft längere und kürzere Stücke einer solchen Faser zwischen den schon veränderten Stellen stehen. Diese Stücke, so auf beiden Seiten ihres Haltes beraubt, ziehen sich dann zu breiten, homogenen, stark glänzenden Schollen zusammen, die das Sarcolemma oft ziemlich erheblich ausbuchen, während es zwischen diesen Schollen sich verschmälert.

In dieser und ähnlicher Weise wiederholen sich die Vorgänge ganz regelmässig bei jedem frischen Präparate. Ich habe an 8 Fröschen circa 18 verschiedene Präparate von verschiedenen Muskeln gemacht; nie fand sich in dem frisch untersuchten Präparat eine Spur von der Veränderung; dieselbe erscheint immer erst nach einigem Liegen in einer indifferenten Zusatzflüssigkeit.

Ganz dieselben Veränderungen beobachtet man bei dem nämlichen Verfahren auch an den Muskeln der warmblütigen Thiere. Bringt man von den Muskeln noch lebender Kaninchen ein Präparat schnell unter das Mikroskop, so zeigt sich bei der Untersuchung mit oder ohne Deckglas oder Zusatzflüssigkeit an dem ganz frischen Präparat auch nicht eine Spur von der fraglichen Veränderung. Sehr bald aber — nach $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde — beginnen auch hier dieselben Veränderungen, wie ich sie so eben für den Frosch beschrieben. Auch hier wachsartiger Glanz, Un-

deutlichwerden oder Verschwinden der Querstreifung, zahlreiche mehr oder weniger nahe beisammenstehende Risse und Spalten u. s. w. Nicht selten auch Zerfall in discoide, wachsglänzende Scheiben oder wohl auch in kleinere, eckige und körnige Bruchstücke. Diese Resultate waren in nahezu 30 von verschiedenen Thieren und verschiedenen Muskeln erhaltenen Präparaten ganz constant die gleichen. Die Veränderung ist an dem ganz frischen normalen Muskel nie vorhanden, sie entsteht immer erst nach einigem Liegen in einer indifferenten Flüssigkeit. Sie ist natürlich nicht in allen Präparaten gleich stark ausgesprochen: in dem einen Präparat sind vielleicht nur wenige, in dem anderen nahezu alle so auffallend verändert; in dem einen wiegt der Zerfall in breite Schollen, in dem anderen der in kleinere Körner vor u. s. w. Aber alle diese geringen Verschiedenheiten können das Gesamtresultat nicht beeinträchtigen.

An Kaninchenmuskeln habe ich auch den Einfluss verschiedener Zusatzflüssigkeiten geprüft. Ich habe dieselben in Kaninchenblutserum, in filtrirtem Hühnereiweiss, in Jodserum, in 1 pCt. Kochsalzlösung, in destillirtem Wasser, in 1 pCt. Essigsäure und in $\frac{1}{2}$ pCt. Liq. Kal. carbon. conservirt.

Zunächst traten in den meisten Präparaten die Erscheinungen der Todtentstarre ein — Dunklerwerden und Undurchsichtigkeit der Fasern —, am schnellsten in der Essigsäure und im destillirten Wasser, am langsamsten in Eierweiss und Kochsalz. In den beiden erstgenannten Flüssigkeiten waren die Präparate rasch dunkelbraun und nahezu undurchsichtig geworden; an beiden traten keine Erscheinungen der wachsartigen Veränderung auf: das Präparat in Aq. dest. war und blieb dunkel, das in Essigsäure hellte sich bald von den Rändern her wieder auf und zeigte bald die bekannten Einwirkungen der Essigsäure: Quellung, Lichtwerden, Sichtbarwerden der Kerne. Die Fasern in Liq. Kal. carbon. blieben ziemlich hell, zeigten etwas stärkeren Glanz, veränderten sich aber dann nicht weiter. In den übrigen 4 Flüssigkeiten aber entwickelte sich die wachsartige Veränderung in ganz ausgezeichneter Weise, wenn auch verschieden rasch; am schnellsten in Kochsalzlösung und Jodserum, demnächst im Blutserum, am langsamsten in Hühnereiweiss. Das Endresultat war aber in allen dasselbe: Veränderung der Muskelfasern in der mehrfach beschriebenen Weise.

Die meisten Präparate wurden unter dem Deckglase, natürlich bei genügender Menge und Erneuerung der Zusatzflüssigkeit conservirt. Einzelne Muskelstückchen jedoch, die frei in grösseren Mengen von Zusatzflüssigkeit (Jodserum und Eiweiss) aufbewahrt wurden, zeigten ebenfalls die fragliche Veränderung in exquisitestester Weise.

Ganz analoge Verhältnisse finden sich bei der Untersuchung der frischen normalen Muskeln des Hundes. Auch hier bei der Conservirung in Jodserum oder Kochsalzlösung das exquisiteste Auftreten der wachsartigen Veränderung. Es werden hier besonders lange Stücke der Fasern oft in eine gleichmässige glänzende Masse verwandelt, so dass man an den Zenker'schen Vergleich mit Wachskerzen erinnert wird. Im Uebrigen die Erscheinungen ganz analog jenen beim Kaninchen und beim Frosch.

Auch an frischen noch lebenden Muskeln des Menschen hatte ich Gelegenheit eine ähnliche Beobachtung zu machen. Von einem Fusse, den Herr Dr. Heine wegen Caries der Fusswurzel durch die Pirogoff'sche Amputation ent-

fernte, schnitt ich unmittelbar nach der Operation aus der Muskulatur der kleinen Zehe eine Partie heraus und brachte Präparate davon so rasch als möglich unter das Mikroskop. Während des Abschneidens dieser Präparate schon bemerkte ich eine starke Zusammenziehung derselben und es zeigten sich dem entsprechend auch die Muskelfasern vielfach verkürzt und wellig zusammengezogen, so dass an vielen Stellen der Anschein wachsglänzender Queränder entstand. Es war jedoch durch leichte Compression mit dem Deckglas das normale Aussehen sofort wieder herzustellen, so dass von einer Verwechselung mit der eigentlichen „wachsartigen Degeneration“ keine Rede sein konnte. Diese trat vielmehr in den mit Jodserum conservirten Präparaten nach circa $\frac{1}{2}$ Stunde in den meisten Fasern ein und entwickelte sich hier gerade zu ganz ungewöhnlicher Schönheit. Besonders entwickelt zeigte sich hier der Zerfall in breite wachsglänzende Schollen, die vielfach durch längere Zwischenräume von einander getrennt waren. In demselben Muskelstück, von welchem diese Präparate genommen waren, fanden sich nach 24 Stunden nur die oberflächlich gelegenen, also verwundeten Fasern in hochgradigster Veränderung; die central gelegenen Partien dagegen waren davon frei.

Es geht aus den mitgetheilten Thatsachen wohl zur Genüge hervor, dass normale Muskelfasern von Fröschen, Kaninchen, Hunden und Menschen, wenn sie noch lebend aus dem Körper entfernt und in indifferenten Flüssigkeiten conservirt werden, nach kurzer Zeit eine eigenthümliche Veränderung erleiden, die mit der von Zenker beschriebenen wachsartigen Degeneration die allergrösste Aehnlichkeit hat. Dass in der That die hier unter dem Mikroscope in ihrer Entstehung verfolgten Veränderungen wenigstens für das Ansehen vollkommen identisch sind mit den von Zenker beschriebenen Veränderungen, kann nicht dem geringsten Zweifel unterliegen. Die Beschreibung, welche Zenker auf S. 6—8 seines Buches von der wachsartigen Degeneration gibt, passt wenigstens ganz genau auf die Veränderungen, wie sie in meinen Präparaten vorhanden sind, nur dass das, was Zenker als verschiedene Stadien der Veränderung beschreibt, hier gleichzeitig in einem und demselben Präparate, in nebeneinanderliegenden Fasern entstanden ist. Zenker selbst hat an frischen Kaninchenmuskeln ganz ähnliche Beobachtungen gemacht und die grosse Aehnlichkeit im Aussehen der an diesen Muskeln veränderten Stellen mit seiner wachsartigen Degeneration hervorgehoben (l. c. p. 13). Als Unterscheidungsmerkmal hebt er nur das Fehlen querer Rupturen in diesen frischen Muskeln hervor; das liegt aber offenbar daran, dass er die Präparate nicht lange genug untersuchte. Auch die von Waldeyer noch hinzugefügten Kennzeichen der wachsartig dege-

nerirten Muskeln passen vollkommen auf diese Präparate. Endlich habe ich mich durch directen Vergleich von Typhusmuskeln, welche die wachsartige Degeneration zeigten, mit den in meinen Präparaten aufgetretenen Veränderungen von der vollkommenen Identität des Aussehens beider überzeugt.

Es fragt sich nun zunächst, welche Momente an den frischen Muskeln diese Veränderungen hervorrufen. Hier sind es besonders zwei Dinge, welche zunächst in's Auge gefasst werden müssen: die Verwundung der Muskelfasern und die nach der Entfernung derselben aus dem Körper eintretenden Veränderungen, also vor Allem die Todtentstarre. Ist es das eine oder das andere dieser Momente, oder sind es beide zugleich, welche durch ihr Zusammenwirken diese eigenthümliche Veränderung der Muskelsubstanz hervorbringen?

Es ist bekannt, dass am normalen unverwundeten Muskel die Todtentstarre solche Erscheinungen nicht hervorruft; dagegen geht aus den obigen Versuchen hervor, dass an verwundeten Muskeln ungefähr gleichzeitig mit dem Eintreten der Todtentstarre regelmässig die auffallendsten Veränderungen eintreten. Es war nun zunächst zu prüfen, ob diese Veränderungen an den verwundeten Muskeln auch eintreten, wenn dieselben nicht aus dem lebenden Körper entfernt werden, wenn also voraussichtlich keine Todtentstarre in denselben eintritt.

Bei einer Anzahl von Fröschen werden frische Muskelpräparate gemacht von Stellen, an welchen Tags vorher schon durch Wegschneiden kleiner Stückchen die Muskeln verwundet worden waren. An alten Präparaten ohne Ausnahme zeigt sich die exquisiteste Veränderung. Dieselbe ist aber beschränkt auf die unmittelbar den Grund der Wunde bildenden — also wahrscheinlich nur auf die von der Verletzung direct getroffenen — Fasern, während die unmittelbar angrenzenden Fasern alle normal erscheinen.

Ganz dasselbe zeigt sich an den verwundeten Muskeln lebender Kaninchen. Hat man bei einem solchen Thier eine frische Muskelwunde angelegt, und untersucht nun Präparate von derselben in regelmässigen Zwischenräumen, so zeigt sich gewöhnlich schon nach $\frac{1}{2}$ Stunde der Beginn der Veränderung an den durchschnittenen Faserenden in der schönsten Weise. Nach 1— $1\frac{1}{2}$ Stunden ist die Veränderung schon auf's Schönste durch die ganze Länge der Fasern entwickelt, allein sie bleibt auch hier beschränkt auf die Fasern, welche zunächst die Wunde umgeben. Auch wenn man nach 24 Stunden untersucht, sind die nicht unmittelbar an die Wunde angrenzenden Fasern vollkommen normal. Diese Versuche, vielfach wiederholt, ergaben constant dasselbe Resultat.

Auch bei einem Hunde, den ich in gleicher Weise untersuchte, zeigte sich in der frischen Wunde nach circa $\frac{1}{2}$ Stunde der Beginn der Veränderung.

Hier wären vielleicht auch Beobachtungen zu erwähnen, die ich vielfach an Kaninchen zu machen Gelegenheit hatte. Wenn bei diesen Thieren unmittelbar nach dem Tode, noch vor dem Eintritt der Todtentstarre Muskelwunden angelegt werden, so zeigt sich nach dem Eintritt und dem Ablauf der Todtentstarre, dass gerade an diesen Stellen die Degeneration constant in allerexquisitester Weise vorhanden ist, während in den übrigen Partien desselben Muskels nicht eine Spur davon vorhanden ist. — Dasselbe hatte ich zufällig bei einem Menschen zu beobachten Gelegenheit, der durch Ueberfahren rasch getötet worden war. Es befanden sich bei demselben zahlreiche Muskelquetschungen und Zerreissungen, in deren Umgebung sich die exquisiteste wachsartige Degeneration entwickelt hatte. — Bei allen diesen Beobachtungen sind aber allerdings Verwundung und Todtentstarre gleichmässig wirksam gewesen.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen jedenfalls mit Sicherheit, dass die „wachsartige Degeneration“ auch an den Muskeln noch lebender Thiere vorkommen kann; nach den bisherigen Versuchen scheint dies jedoch nur an den verwundeten Muskelfasern der Fall sein zu können. Ebenso zeigt sich auch, dass nach dem Tode des Thieres die Veränderung an den normalen Muskeln nur eintritt, wenn dieselben vor dem Eintritt der Todtentstarre verwundet werden. Es könnte danach scheinen, als ob die Verwundung der Faser an und für sich die Ursache dieser eigenthümlichen Veränderung sei und als ob die Todtentstarre oder irgend ein anderer ähnlicher Vorgang ohne Einfluss darauf wäre. Es lässt sich jedoch nicht wohl einsehen, wie die einfache Verwundung einer Muskelfaser im Stande sein soll, die Erscheinungen der „wachsartigen Degeneration“ hervorzubringen. Durch die Continuitätstrennung der Muskelfaser müssten wohl zunächst die Wirkungen der Elasticität und Contractilität an den getrennten Stücken zu Tage treten. Man hat gerade in dieser Beziehung die Muskelfasern mit gespannten Kautschoucfäden verglichen; aber wer hätte je gesehen, dass ein durchschnittenes, vorher gespanntes Kautschoucband dann durch seine Elasticität in weitere Bruchstücke zerfiele, Sprünge und Risse bekäme? Wenn die wachsartige Umwandlung das Resultat der Wirkung dieser Factoren wäre, müsste sie wohl rascher eintreten, es könnte ihre erste Entstehung sich nicht bis auf eine halbe Stunde nach der Verwundung verzögern, es könnte nicht eine Weiterausbreitung der Veränderung sich über

mehrere Stunden erstrecken. Ueberdies zeigt sich bei genauer Verfolgung der an den Präparaten auftretenden Erscheinungen, dass regelmässig die Erscheinungen der Todtenstarre an den Fasern (Dunkelwerden derselben) früher vorhanden sind, als die der wachsartigen Umwandlung. Es muss also offenbar zu der Verwundung noch ein weiteres Moment hinzukommen, welches eben die charakteristische Veränderung dann hervorruft. Dieses Moment scheint die Gerinnung der Muskelsubstanz zu sein. Für die erst nach dem Tode des Thieres verwundeten Muskeln wären dann die als Todtenstarre bezeichneten Gerinnungsvorgänge die unmittelbare Veranlassung zu der Veränderung. Durch die Gerinnung selbst und die Retraction des Gerinnsels würden sich die Erscheinungen der „wachsartigen Degeneration“ in einer Faser, die durch die Verwundung ihrer natürlichen Cohärenz einmal beraubt ist, — es würde sich dadurch das Auftreten von Rissen und Spalten, das Zusammenziehen der Masse zu grösseren Schollen, das Ausscheiden einer Flüssigkeit in dem Sarcolemmaschlauche sehr wohl erklären lassen. In der That wird auch die „wachsartige Degeneration“ von mehren Beobachtern als ein Gerinnungsvorgang aufgefasst. Für das Auftreten dieser Veränderung aber in unverwundeten Fasern müssten wir eine verminderte Cohärenz derselben, eine chemische Veränderung annehmen, durch welche eben ein Zerreissen derselben bei den Vorgängen der Todtenstarre ermöglicht wird.

Es fragt sich aber, ob auch während des Lebens ein Moment vorhanden ist, welches bei vorhandener Verwundung der Fasern die eigenthümliche wachsartige Veränderung derselben hervorruft, welches die Zerspaltung und Zerreissung der Fasern, ihr Zusammenschieben zu wachsglänzenden Schollen herbeiführt. Es lag nahe, die willkürlichen Contractionen theils der durchschnittenen, theils der benachbarten unversehrten Muskelfasern als dies Moment anzusehen. Dasselbe konnte jedoch ausgeschlossen werden durch folgende Versuche:

An 2 Fröschen, welchen 24 Stunden vorher durch Quetschung des Nervus ischiad. die Unterschenkelmuskulatur vollständig gelähmt war, wurde ein Stückchen, aus der Wade ausgeschnitten. Als nach 4 Stunden und später von den gleichen Stellen Präparate gemacht wurden, zeigte sich in den verwundeten Fasern die exquisiteste Degeneration.

Dieselbe Erfahrung machte ich an der gelähmten Wadenmuskulatur eines Kaninchens. Auch hier einige Zeit nach der Verwundung die Degeneration in der Wunde auf's Schönste ausgebildet.

Es kann demnach der activen Contraction der Muskelfasern wohl keine hervorragende Rolle bei dem Entstehen der wachsartigen Degeneration zugeschrieben werden. Bedenken wir jedoch, dass, wie schon Kühne (l. c. p. 753) ausführlicher schilderte, die Todtenstarre an den Muskeln zunächst da eintritt, wo dieselben verletzt, gezerrt, gedrückt werden; ferner dass durch jede Muskelverletzung unzweifelhaft die Circulation in den unmittelbar an die Wunde grenzenden Capillaren durch Gerinnung des Blutes sistirt und damit auch die Ernährung der hier gelegenen Muskelfasern erheblich beeinträchtigt wird; ferner dass durch den Contact der verwundeten Fasern mit der Luft und mit verschiedenen Flüssigkeiten und Fremdkörpern sehr energisch wirkende Momente gegeben sind: so wird die Annahme eines in den verwundeten Fasern eintretenden, der Todtenstarre ähnlichen oder mit ihr identischen Gerinnungsvorgangs nicht allzu gewagt erscheinen. Dieser Gerinnungsvorgang würde dann, wenn einmal die Faser durch die Verwundung dazu disponirt ist, auch im noch lebenden Thiere die wachsartige Degeneration zur Folge haben.

Aus allen bisher mitgetheilten Versuchen geht nun soviel hervor, dass gesunde Muskeln, wenn sie verwundet sind — mögen sie nun aus dem Körper entfernt werden oder in dem lebenden Thiere bleiben — unter dem Einflusse eines Gerinnungsvorganges (Todtenstarre) diejenige Veränderung ihres Aussehens erleiden, die man als „wachsartige Degeneration“ beschrieben. Unverletzte Muskeln dagegen erleiden diese Veränderung unter dem Einflusse der Todtenstarre nicht.

Um zu prüfen, ob nicht vielleicht die Todtenstarre in stark gedehnten Muskeln diese Veränderung hervorzurufen im Stande sei, habe ich von 2 unteren Extremitäten eines frisch getöteten Kaninchens die eine so befestigt, dass die Wade, die andere so, dass die vorderen Unterschenkelmuskeln möglichst stark gespannt waren. Die nach dem Eintritt der Todtenstarre angestellte Untersuchung ergab jedoch nur in einem einzigen von vielen untersuchten Präparaten eine degenerirte Faser.

In allen bisherigen Versuchen konnte nun der Einfluss der Verwundung von dem der Todtenstarre (oder eines ähnlichen Ge-

rinnungsvorgangs) nicht mit derjenigen Exactheit getrennt werden, welche allein die Entscheidung der Hauptfrage ermöglicht, ob nämlich die unter pathologischen Verhältnissen so häufig zu beobachtende „wachsartige Degeneration“ eine Leichenerscheinung sei oder nicht. Wenn auch allerdings die mitgetheilten Thatsachen den Verdacht nahe legen, dass wir es in den meisten Fällen in der That mit einer Leichenerscheinung zu thun haben, so kann doch mit diesen Thatsachen der Beweis für diesen Verdacht keineswegs mit aller Strenge geliefert werden. Ich halte es wenigstens nicht für glaublich, dass ein Anhänger der gegentheiligen Ansicht durch diese Thatsachen von ihrer Unrichtigkeit überzeugt würde; hat er doch immer den Recurs auf die, wenn auch noch so unwahrscheinliche, inter vitam erfolgende Zerreissung der einzelnen Muskelfasern, die er nach dem Tode degenerirt findet! In der That hat man ja auch eine solche spontane Zerreissung der einzelnen Muskelfasern für die Erklärung der wachsartigen Degeneration im Typhus in Anspruch genommen, obgleich für diese Annahme gewiss keine anatomischen Anhaltspunkte vorhanden sind.

Entschieden werden kann nach meiner Ansicht die Frage nur durch directe Beobachtung: entweder muss nachgewiesen werden, dass die Degeneration in dem noch lebenden und unversehrten Muskel existirt, oder es muss der Beweis geliefert werden, dass in Muskeln, welche die wachsartige Degeneration zu einer gewissen Zeit nach dem Tode zeigen, sich dieselbe während des Lebens oder unmittelbar nach dem Tode nicht findet: es muss also ihr postmortales Entstehen mit Sicherheit constatirt sein. Der erstere Beweis wird nicht leicht mit Sicherheit geliefert werden können, dagegen bieten sich für die zweite Art der Beweisführung wenigstens einige Möglichkeiten dar.

Ich habe gelegentlich einer noch nicht vollständig beendeten Experimentaluntersuchung gefunden, dass bei manchen peripherischen Lähmungen (bei welchen die Muskeln die in der letzten Zeit so vielfach beschriebenen Veränderungen in der Erregbarkeit gegen inducirte und constante Ströme zeigen) sich in den Muskeln die „wachsartige Degeneration“ in sehr ausgebreiteter Weise findet. Diesen Befund, den ich zuerst bei einer Facialisparalyse des Menschen machte, habe ich später bei Kaninchen, welchen ich ein-

zelne Muskeln durch Quetschung ihrer motorischen Nerven gelähmt hatte, vielfach wiederholt constatiren können. Schon bald nach der Quetschung des Nerven zeigt die anatomische Untersuchung in den gelähmten Muskeln (ausser anderen an einem anderen Orte zu beschreibenden Veränderungen) mehr oder weniger zahlreiche Fasern in wachsartiger Degeneration; die Zahl dieser degenerirten Fasern erreicht ihr Maximum in der 3.—7. Woche nach der Quetschung. An diesen Thieren bot sich denn auch verschiedene Gelegenheit zu Beobachtungen über die uns hier beschäftigende Frage.

Schon früher, ehe ich die Untersuchung zu dem vorliegenden Zwecke unternahm, hatte ich bei meinen Versuchstieren zu verschiedenen Zeiten während des Lebens Muskelstückchen herausgeschnitten und mich dabei gewundert, dass in den frischen Präparaten nie eine Spur von der „wachsartigen Degeneration“ vorhanden war. So finde ich in meinen Notizen einen Fall, wo ich einem Kaninchen am 10. Tage nach der Quetschung des Nerven ein Muskelstückchen herausschnitt und bei der Untersuchung des frischen Präparates nur an einigen Fasern den Beginn der wachsartigen Degeneration fand, während am folgenden Tage in dem herausgeschnittenen Stückchen sich sehr zahlreiche degenerirte Fasern fanden. Durch solche und ähnliche Thatsachen wurde ich zuerst auf eine genauere Prüfung der Verhältnisse geführt. Ich habe dann in der Folge bei einigen Kaninchen die Sache näher zu prüfen gesucht und will die Resultate dieser Prüfung hier kurz mittheilen. Zunächst wurden die Muskeln noch während des Lebens oder unmittelbar nach dem Tode vor dem Eintreten der Todtentstarre untersucht; erst 24 Stunden später oder erst nach längerer Aufbewahrung in doppeltchromsaurem Kali wurden dann die übrigen unversehrten Theile der betreffenden Muskeln untersucht; an den Stellen der ersten Verwundung war natürlich die Degeneration immer sehr ausgesprochen. Ich lasse die Ergebnisse nach der Dauer der Lähmung geordnet folgen.

4. Tag der Lähmung: im frischen Muskel keine Spur von wachsartiger Degeneration; später wird nur in einzelnen Stellen des Muskels Degeneration gefunden. — 7. Tag. Frisch keine Spur von Degeneration. Später nur an der Oberfläche der Muskeln einzelne degenerirte Fasern. — 10. Tag. Frisch keine Spur. Später in den Präparaten von der Oberfläche der Muskeln constant einige degenerirte Fasern. — 13. Tag: Frisch keine Spur. Später in allen Präparaten von der Muskeloberfläche einige degenerirte Fasern; in den tieferen Schichten dagegen nicht. — 20. Tag. Vordere Unterschenkelmuskeln eines Kaninchens beiderseits: In den frischen Muskeln keine Spur von Degeneration, nur auffallend starkes Zusammenschlussen der (hochgradig atrophischen) Fasern. Auffallend rasches Eintreten der wachsartigen Degeneration in den mit Jodserum conservirten Präparaten. 48 Stunden später: In allen Theilen der vorderen Unterschenkelmusculatur, rechts und links, in den oberflächlichen und tiefen Schichten, finden sich con-

stant in jedem Präparate mehr oder weniger zahlreiche degenerirte Fasern mit allen characteristischen Merkmalen.

25. Tag. Wadenmuskulatur desselben Kaninchens beiderseits. Frisch: keine Spur von Degeneration, dasselbe Verhalten der Muskeln wie am 20. Tag. 24 Stunden später: in fast allen Präparaten aus allen Schichten des Gastrocnemius und Soleus mehr oder weniger zahlreiche degenerirte Fasern.

So weit reichen bis jetzt meine Beobachtungen; ich hätte ihre Zahl gern vermehrt, um die Sicherheit des Resultates zu erhöhen. Denn man könnte wohl den Einwand machen, dass ich zufälligerweise mit meinen Schnitten im lebenden Muskel immer nur solche Stellen getroffen hätte; in welchen gerade keine degenerirte Faser vorhanden war. Das wäre aber allerdings ein sonderbarer Zufall, wenn sich in ca. 25 Präparaten vom lebenden Muskel, die mir zu Gebote standen, constant auch nicht ein einziges Mal eine Spur von Degeneration fände, während in dem nach der Todtenstarre untersuchten Muskel auf 6 — 8 Präparate kaum einmal eins trifft, in welchem sich gar keine degenerirte Faser findet. — Die Resultate dieser Beobachtungen scheinen mir vielmehr mit grosser Entschiedenheit dafür zu sprechen, dass die besonders in der 3. und 4. Woche der Lähmung so ausgesprochene Veränderung der Muskeln während des Lebens nicht existirt, sondern erst nach dem Tode unter dem Einfluss der Todtenstarre entsteht. Immerhin müssen wir eine Veränderung der betreffenden Muskelfasern annehmen, welche das Eintreten der „wachsartigen Degeneration“ auch ohne Verletzung der Fasern ermöglicht. Welcher Art diese Veränderung sei, ist natürlich schwer zu sagen: molekulare Veränderungen, grössere Brüchigkeit der Fasern sind die Schlagwörter, mit denen man sich hier gewöhnlich hilft. Mikroskopisch ist an den Fasern der gelähmten Muskeln hochgradige Atrophie, beträchtliche Kernvermehrung bei wohlerhaltener Querstreifung zu constatiren. Die Hauptveränderung befindet sich aber im interstitiellen Gewebe.

Um zu sehen, ob nicht etwa durch Momente, welche sonst geeignet sind, die Todtenstarre zu fördern, auch das Auftreten der wachsartigen Degeneration beeinflusst würde, habe ich vergleichsweise die Muskeln einer gelähmten Seite bei Kaninchen vor dem Tode stark electrisirt, mit dem inducirten sowohl, wie mit dem constanten Strom. Es ergab sich aber dann bei der Untersuchung kein irgend erheblicher Unterschied in der Zahl der degenerirten Fasern auf der electrisirten und der nicht electrisirten Seite.

Es ist mit den obigen Beobachtungen der früher aufgestellten Forderung Betreffs der Beweisführung, wie mir scheint, einigermaassen Genüge geleistet.

Ich habe eine Anzahl von Thatsachen beigebracht, welche für eine bestimmte Kategorie von Fällen — für gewisse peripherische Lähmungen — die postmortale Entstehung der sogenannten wachsartigen Degeneration im höchsten Grade wahrscheinlich machen. Eine neuere Beobachtung lässt mich hoffen, dass auch für die am häufigsten mit der „wachsartigen Degeneration“ in Beziehung gebrachte Krankheit, für den Typhus, ein ähnlicher Beweis unter einigermaassen günstigen Umständen geliefert werden kann.

Die hier einschlagenden Thatsachen ergaben sich ganz zufällig; nur zum Zwecke des Vergleichs mit den Erscheinungen an meinen künstlichen Präparaten schmitt ich aus einer Typhusleiche (7. Nov. 1867) 12 Stunden nach dem Tode (die Todtentstarre war noch nicht vollständig ausgebildet) einige Muskelstücke aus dem Pectoralis major und den rechtseitigen Adductoren heraus. Bei der Untersuchung zeigte sich im Pectoralis gar nichts Abnormes, dagegen in den Adductoren die vielfach beschriebenen Veränderungen: Atrophie und Kernwucherung der Muskelfasern, Kernwucherungen im Perimysium, körnige Degeneration vieler Fasern. Nur an einzelnen Stellen wachsartige Degeneration. Diese schien, je länger ich untersuchte, desto häufiger zu werden. In den ersten Präparaten fand ich fast gar keine, in den späteren sehr viele wachsartig degenerierte Fasern. An einem der ersten Präparate, das ich in Jodserum conservirte, konnte ich aber mit aller Entschiedenheit noch ein weiteres Zunehmen der Degeneration constatiren. — Ich liess nur die Muskelstücke ruhig liegen und untersuchte sie nach 24 Stunden wieder. In dem (etwa fingerdicken) Stück aus den rechtseitigen Adductoren fand sich überall an der Oberfläche, also wo die Fasern beim Herausschneiden verwundet sein konnten, die Degeneration in exquisitestester Weise, während im Innern desselben keine Spur davon zu finden war. — In einem jetzt (36 Stunden nach dem Tode) herausgeschnittenen Stück der linksseitigen Adductoren fand sich in circa 15 Präparaten nur eine einzige degenerierte Faser.

Diese allerdings sehr unvollkommene Beobachtung eröffnet doch wenigstens die Möglichkeit, dass es auch beim Typhus durch eine sorgfältige und methodisch ausgeführte Untersuchung gelingen dürfte, die Frage nach der Zeit der Entstehung der „wachsartigen Degeneration“ zu lösen. Ich habe leider dazu bisher kein Material gehabt.

Jedenfalls scheinen sich mir aus den mitgetheilten Versuchen und Beobachtungen folgende Sätze zu ergeben:

1) Die sogenannte wachsartige Degeneration findet sich an allen gesunden Muskeln, sobald dieselben verletzt worden sind, mögen sie nun nach der Verletzung in dem lebenden Körper geblieben, oder aus demselben entfernt worden sein. Diese Degeneration ist die Folge eines der Todtenstarre ähnlichen, wenn nicht mit ihr identischen Gerinnungsvorganges.

2) Es gibt pathologisch veränderte Muskeln, in welchen nach dem Tode auch in unverletzten Fasern dieselbe Veränderung eintritt. Nicht näher definirbare chemische oder molekulare Veränderungen der Fasern sind wahrscheinlich die Ursache dieses Verhaltens. Auch hier wird aber die Degeneration erst durch die Todtenstarre hervorgerufen. Die „wachsartige Degeneration“ ist in diesen Fällen Leichenerscheinung.

Ich halte es durch diese Arbeit keineswegs für erwiesen, dass die „wachsartige Degeneration“ im Typhus und bei anderen Krankheiten (natürlich nur, sofern sie nicht durch wirkliche Muskelrupturen entstanden ist) nicht während des Lebens existire. Ich glaube nur, dass durch die mitgetheilten Thatsachen der Ansicht von der Existenz der wachsartigen Degeneration inter vitam einigermaassen der Boden unter den Füssen entzogen ist, den sie eben nur durch den Nachweis der Veränderung im unverletzten lebenden Muskel wiedergewinnen kann. Es ist klar, dass auch die Ansicht von dem massenhaften Untergang der Muskelfasern, welche auf das Vorkommen der wachsartigen Degeneration gegründet war, einigermaassen wankend geworden ist. Ich kann mich jedoch auf eine Besprechung dieser Verhältnisse hier nicht weiter einlassen.

Ich wünschte nur, durch die gegenwärtigen Mittheilungen, die nur das zufällige Ergebniss einer zu ganz anderen Zwecken unternommenen Untersuchung sind, etwas zur Klärung der sich widerstreitenden Meinungen beizutragen und zu einer weiteren eingehenden Prüfung dieser wichtigen Frage aufzufordern.

Heidelberg, den 19. November 1867.