

Ueber Farbstoffe in den Muskeln¹⁾.

Von

Ludwig Levy.

Aus dem physiologisch-chemischen Institut in Strassburg.
(Der Redaction zugegangen am 15. August 1888.)

Die Ursache der rothen Färbung der Muskeln ist in den letzten Jahrzehnten mehrfach eingehender untersucht worden.

Kölliker²⁾ war der Erste, der die röthe Farbe der Muskeln einem den Muskeln eigenthümlichen Farbstoff zuschrieb.

Valenciennes und Frémy³⁾ fanden in den Muskeln des Lachses einen eigenthümlichen Farbstoff, den sie *acide salomonique* nannten.

Denselben Farbstoff untersuchten später Krukenberg und Wagner⁴⁾ und bezeichneten ihn als Rodophan.

Die weitere Geschichte der Untersuchungen des Muskel-farbstoffs hat sich an die Arbeiten von Hoppe-Seyler u. A. über den Farbstoff des Blutes und die Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Welcker'schen Methode zur Bestimmung der Blutmenge angeschlossen.

Kühne⁵⁾ wies die Identität von Blut- und Muskelfarbstoff nach.

¹⁾ Nach der Dissertation, betitelt: Ueber den Farbstoff der Muskeln. Strassburg 1888.

²⁾ Kölliker, Mikroskopische Anatomie, 1850, II, Bd. I, S. 248.

³⁾ Frémy et Valenciennes, Rech. sur la compos. des muscles dans la série des animaux. Journ. de Pharm., 1855.

⁴⁾ Krukenberg und Wagner, Ueber Besonderheiten des chemischen Baues contractiler Gewebe. Zeitschr. f. Biolog., Bd. XXI, S. 25, 1885.

⁵⁾ Kühne, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Virchow's Archiv, 1865, Bd. XXXIII, S. 79; s. auch Kühne, Lehrb. der phys. Chemie, 1868, S. 288.

Im Anschluss an die Welcker'sche Methode der Bestimmung entwickelte sich eine Diskussion über die Herkunft und die Bedeutung des Muskelfarbstoffes, an der sich Panum¹⁾, Kühne²⁾, Gscheidlen³⁾, Lankester⁴⁾, Brozéit⁵⁾, Ranke⁶⁾, Ranvier⁷⁾, Meyer⁸⁾ theilnahmen.

Neue Beobachtungen über den Farbstoff der Muskeln wurden von Struve⁹⁾ publicirt. Er behandelte verschiedene Fleischsorten mit Aether. Der Aether, welcher sich gelb färbte, wurde stark concentrirt und zeigte ein Spektrum, welches mit dem des Oxyhämoglobins übereinstimmt, sich aber von demselben dadurch unterscheidet, dass es durch die Einwirkung weder von Schwefelkalimetallen, noch von Säuren den Veränderungen unterworfen ist, wie sie das Hämoglobin zeigt.

¹⁾ Panum, Experimentelle Untersuchungen über die Mengenverhältnisse des Blutes und seiner Bestandtheile. Virchow's Archiv., 1864. Bd. XXIX, S. 24.

²⁾ Kühne, l. c.; ferner Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln. Unters. aus dem physiol. Institut. zu Heidelberg, Bd. II, S. 133, 1882.

³⁾ Gscheidlen, Bemerkungen zu der Welcker'schen Methode der Blutbestimmung in den Organen einiger Säugethiere. Pflüger's Archiv. Bd. VII, S. 530, 1873; ausserdem Studien über die Blutmenge und ihre Vertheilung im Thierkörper. Unters. aus dem physiol. Labor. zu Würzburg, 1869.

⁴⁾ Lankester, Spectroscopic examination of animal substances. Journ. of anat. and physiol., 1869; ferner Ueber das Vorkommen von Hämoglobin in den Muskeln der Mollusken und die Verbreitung desselben in den lebendigen Organismen. Pflüger's Archiv. Bd. IV, S. 315, 1871.

⁵⁾ Brozéit, Bestimmung der absoluten Blutmenge im Thierkörper nach einer von Prof. v. Wittich vorgeschlagenen Methode. Arch. f. Physiol., 1870, Bd. III, S. 352.

⁶⁾ Ranke, Die Blutvertheilung und der Thätigkeitswechsel der Organe. Leipzig 1871.

⁷⁾ Ranvier, Note sur les vaisseaux sanguins et la circulation dans les muscles rouges. Gaz. méd. de Paris, 1874. S. 43; ferner Propriétés et structures différentes des muscles blancs chez les lapins et les raies. Gaz. méd. de Paris, 1873, S. 644.

⁸⁾ Meyer, Ernst, Ueber rothe und blasse quergestreifte Muskeln. Archiv f. Anat. u. Physiol., 1875, S. 215.

⁹⁾ Struve, Ueber das Vorkommen eines neuen Farbstoffes etc. Berichte der deutschen chem. Gesellsch., Bd. IX, S. 623, 1876.

Allein Struve hat ausser dieser ersten nie wieder eine weitere Mittheilung über den von ihm gefundenen Körper gemacht, und obschon er den Wunsch aussprach, dass seine Entdeckung von physiologischer Seite weiter verfolgt werden möge, ist nichts darüber bekannt geworden bis 1884. Von diesem Jahre an wurde von MacMunn¹⁾ eine Reihe von Untersuchungen über Farbstoffe der Muskeln publicirt, die wir jetzt etwas näher in's Auge fassen wollen.

Zunächst schildert MacMunn in einer vorläufigen Mittheilung einen von ihm mittels des Spektroskops in den Muskeln entdeckten neuen Farbstoff und eine Klasse von neuen Farbstoffen, die er in den Geweben und Organen von Wirbellosen und Wirbelthieren gefunden hatte, zu denen er den oben-erwähnten Muskelfarbstoff rechnet. Er nennt die Klasse von Farbstoffen Histohämatine, den neuen Muskelfarbstoff Myohämatin.

Im Jahre 1886 veröffentlichte MacMunn²⁾ eine grössere Abhandlung, in welcher er über seine Untersuchungen über Myohämatin und Histohämatine berichtete. Er untersuchte die betreffenden Gewebsbestandtheile, deren Farbstoff er kennen lernen wollte, in einem Compressorium, das die Herstellung einer beliebig dicken Schicht ermöglichte, beleuchtete sie vermittelst eines Condensators und beobachtete mit einem binocularen Mikroskop, dessen eine Hälfte zur Aufsuchung der Gewebsbestandtheile diente, während die andere mit einem Spektralocular versehen war und also das Spektrum lieferte. Auf diese Weise untersuchte er die Gewebe und Organe einer grossen Anzahl von Wirbellosen und Wirbelthieren. Unter den ersteren befanden sich verschiedene Mollusken, Echinodermen, Arthropoden und einige Würmer; von den Wirbelthieren lagen ihm verschiedene Reptilien, Amphibien, Fische, Vögel und Säugethiere zur Untersuchung vor. Bei der Untersuchung aller dieser Thiere fand er, dass die Gewebe und Organe derselben verschiedene Absorptionsspektren hervor-


¹⁾ MacMunn, Proc. Physiol. Soc., 1884, No. IV, December 13.

²⁾ MacMunn, Researches on Myohaem. and the Histohaem. Philos. Transact. of the royal soc., Part. I, 1886.

brachten, welche er ebensovielen besonderen Farbstoffen zuschrieb. Diese Farbstoffe nannte er Histohämatine.

Er fand, dass die Spektra dieser Farbstoffe eine grosse Aehnlichkeit mit dem Spektrum des Hämochromogen zeigten; er glaubte, dass sie mit dem Hämochromogen verwandt seien. Er fand auch bei manchen seiner Objekte wirkliche Hämochromogenspektra, bei andern wurden die Histohämatinspektra durch reducirende Agentien, wie Schwefelammonium, erst hervorgebracht oder verstärkt. Dieser letztere Umstand, verbunden mit der Beobachtung, dass durch oxydirende Substanzen die Spektra abgeschwächt und zum Verschwinden gebracht werden, führten ihn zur Aufstellung einer Hypothese über die Function der Histohämatine. Er glaubt, dass diese Farbstoffe der Respiration der Organe vorstehen, und nannte sie deshalb respiratorische Pigmente.

MacMunn unterzog ferner die Muskeln einer grossen Anzahl von Wirbellosen und Wirbelthieren der mikrospektroskopischen Untersuchung. Viele derselben sandten ein eigenthümliches Spektrum aus. Dies Spektrum bezog er auf einen besonderen Farbstoff, welchen er Myohämatin nannte. Das Myohämatinspektrum war bei manchen seiner Objekte nur schwach entwickelt, bei anderen, z. B. beim Laubfrosch, war es gar nicht vorhanden; sobald man aber eine reducirende Substanz, nämlich Schwefelammonium, hinzubachte, so trat das Spektrum sehr deutlich hervor.

Bei Einwirkung von Sauerstoff wurden die Absorptions-

 schwinden; starke Lösungen von Alkalien veränderten sie in eigenthümlicher Weise.

In den Muskeln einiger Insekten, sowie in einer Lösung, welche durch Verdauung von blutfreien Säugethiermuskeln mit Pepsin und Wasser erhalten wurde, zeigte sich das Myohämatinspektrum etwas verändert. MacMunn schreibt dies einer Modification des Myohämatin zu. Dies modificirte Myohämatinspektrum zeigte eine grosse Aehnlichkeit mit dem Spektrum des Hämochromogen, von dem es sich dadurch

unterscheidet, dass die Absorptionsstreifen desselben näher dem violetten Ende des Spektrums stehen.

MacMunn versuchte auf verschiedene Weise sein Myohämatin zu isoliren; dies gelang ihm jedoch nicht. Nur durch die Einwirkung von Pepsin erhielt er die obenerwähnte, dem Hämochromogen in ihren spektroskopischen Eigenschaften ähnliche Modification des Myohämatin. Die Absorptionsstreifen derselben wurden durch Zusatz von Natronlauge zum Verschwinden gebracht, nach Anwendung von Schwefelammonium traten sie dann wieder hervor.

In einer späteren Arbeit berichtete MacMunn¹⁾ über weitere Untersuchungen des Myohämatin. Es war ihm gelungen, durch eine eigenthümliche Behandlungsweise von Muskeln verschiedener Wirbelthiere, besonders des Brustmuskels von Tauben, Lösungen des von ihm entdeckten Farbstoffs zu erhalten und denselben in diesen Lösungen spektroskopisch auf seine Reactionen zu untersuchen. Die Methoden waren zweierlei Art.

Einmal behandelte er die zerkleinerten Brustmuskeln durch Entbluten getödteter Tauben, nachdem er sie mit Wasser ausgewaschen und dann ausgepresst hatte, mit Kochsalz und fügte dann Wasser bis zur Stärke einer 10% ClNa-Lösung hinzu. Die Lösung wurde dann ausgepresst und unter Druck filtrirt. Er erhielt ein röthlichgelbes Muskelextrakt, welches den einen, starken, schmalen Myohämatingestreifen zeigte. *Im Uebrigen zeigte jedoch das Spektrum ~~keine~~ keine Ähnlichkeit mit seinen früheren Myohämatingespektr.* was er auf die Beimischung von Hämoglobin schob; da er durch Zusatz von Schwefelammonium den breiten Streifen des Hämoglobin hervorbringen konnte.

In einigen Fällen gelang es ihm durch Extraktion des mit Alkohol gefällten Muskelextrakts vermittelst alkoholischer Kalilauge eine Lösung zu gewinnen, die ein dem des alkalischen Hämatin ähnliches Spektrum aussandte. Dies Spektrum

¹⁾ MacMunn, Further observations on Myohaematin and the Histo-haematis. Journ. of physiol., Vol. VIII, No. 2.

könnte er dann durch Hinzufügung von Schwefelammonium zu der Substanz in ein anderes verwandeln, das sich von dem Myohämatinspektrum dadurch unterschied, dass die Streifen näher dem Roth standen.

Es gelang ihm ferner, durch Hinzufügung von starker Schwefelsäure zu dem durch Alkohol coagulirten Muskelfiltrat einen Körper zu erhalten, dessen Spektrum mit dem des Hämatoporphyrin ziemlich übereinstimmte.

Eine zweite Methode zur Isolirung seines Myohämatins wandte MacMunn an, indem er auf die Untersuchung von Struve zurückging. Er behandelte ebenfalls Fleisch mit Aether, wandte aber seine Aufmerksamkeit nicht dem Aether, sondern dem bei Einwirkung des Aethers entstehenden Muskelsaft zu. Bei der Behandlung eines Ochsenherzens mit Aether erhielt er nach zweitägiger Aethereinwirkung von dem Muskelsaft ein Spektrum, in welchem Myohämatin- und Methämoglobinstreifen gemischt waren. Nach Einwirkung von Schwefelammonium entwickelte sich das Spektrum des Hämoglobins mit dem des Myohämatins gemischt. MacMunn fand jedoch beim Arbeiten mit dem Muskelextrakt vom Ochsenherzen, dass die Beobachtungen durch reichliche Beimengung von Hämoglobin gestört wurden, und zog es deshalb vor, die weiteren Untersuchungen an den Muskeln zu machen, in denen nach seiner Ansicht das Myohämatin der einzige Farbstoff ist, nämlich am Brustmuskel der Tauben.

Durch Behandlung mit Aether entzog MacMunn den Brustmuskeln entbluteter Tauben einen röthlich gelben Muskelsaft, welcher das Spektrum des modificirten Myohämatins zeigte. Dies Spektrum konnte durch einstündiges Durchleiten eines Stromes von Kohlensäure oder von Sauerstoff durch den Muskelsaft nicht verändert werden. Zusatz von Schwefelammonium verstärkte die Streifen des Myohämatins. Dieses verstärkte Spektrum konnte ebenfalls durch Einwirkung von Sauerstoff nicht verändert werden, und hierauf stützte MacMunn die Behauptung, dass das Myohämatin nicht wie das Hämoglobin eine lockere Verbindung mit dem Sauerstoff eingehe.

Der Muskelsaft gab beim Zusatz von absolutem Alkohol, von Essigsäure und beim Erhitzen einen Niederschlag, der sich durch seine Reaktionen als eine Eiweisssubstanz charakterisirt. Ausserdem enthielt das durch absoluten Alkohol gefällte Coagulum das spektroskopisch nachweisbare Myohämatin und zeigte dieselben optischen Reaktionen wie der Muskelsaft selbst. Es gelang ihm nicht, aus dem Coagulum den Farbstoff zu isoliren, und er schloss hieraus, dass das Myohämatin mit einer Proteinsubstanz eng verbunden, dass es eine gefärbte Proteinsubstanz sei.

Ferner fand MacMunn durch Behandlung mit Aether Myohämatin in den rothen Muskeln des Kaninchens, Spuren des Farbstoffs in den weissen Muskeln desselben Thieres.

Um die Zersetzungsprodukte des Myohämatins zu erhalten, behandelte er die durch Alkohol gefällten Coagula mit verschiedenen Reagentien. Er erhielt durch Zusatz von alkoholischer Kali- oder Natronlauge kein alkalisches Hämatin. Durch Behandlung mit schwefelsäurehaltigem Alkohol dagegen erhielt er eine Art von saurem Hämatin. Durch Einwirkung von starker Schwefelsäure erhielt er Hämatoporphyrin. MacMunn glaubt bewiesen zu haben, dass das Myohämatin und die Histo-hämatine nicht Zersetzungsprodukte des Hämoglobins, sondern Muttersubstanzen von grosser physiologischer Wichtigkeit seien.

Die Aehnlichkeit des modificirten Myohämatins mit dem Hämochromogen in seinem spektroskopischen Verhalten findet er auffallend, constatirt jedoch einige Verschiedenheiten in der Stärke und Stellung der Streifen.

Eine Bestätigung von anderer Seite haben die Angaben von MacMunn, soweit die Litteratur verfolgt werden konnte, nicht gefunden.

MacMunn hat also in den Muskeln vieler Thiere einen Körper gefunden, welcher durch Absorptionsstreifen von bestimmter Stellung im Spektrum charakterisirt ist. Er hat diesen Körper Myohämatin genannt und glaubte ihn in zwei verschiedenen Zuständen kennen gelernt zu haben. Er glaubte nämlich, dass zwei etwas verschiedene Spektra von dem Myo-

hämatin herrührten. Jedoch konnte der Körper nur in der einen Erscheinungsform, welche modificirtes Myohämatin genannt wurde, aus dem Muskel abgetrennt und in Lösungen erhalten werden. Nur in dieser Gestalt konnte er also auf sein chemisches und spektroskopisches Verhalten genauer untersucht werden. Deshalb verdient das modificirte Myohämatin vor den anderen Berücksichtigung. Es zeichnete sich sein Spektrum durch eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Spektrum des Hämochromogens aus. MacMunn war diese Aehnlichkeit nicht entgangen. Er glaubte jedoch aus gewissen Gründen schliessen zu dürfen, dass Myohämatin und Hämochromogen nicht identisch seien, sondern dass das erstere einen eigenen, mit bestimmten Functionen begabten Muskelfarbstoff vorstelle.

Es dürfte hier geboten sein, die Begründung dieser Annahme zu prüfen. Es ist dann unsere Aufgabe, zu untersuchen, wo und unter welchen Verhältnissen das Myohämatin zuerst auftritt, dasselbe möglichst in einer angreifbaren Form zu isoliren, sein Verhalten gegen Reagentien festzustellen und spektroskopisch zu verfolgen, seine Zersetzungsprodukte kennen zu lernen und somit seine Stellung zu den bis jetzt bekannten, im Thierkörper vorkommenden Farbstoffen zu ermitteln.

Zur Lösung dieser Aufgabe schien es nicht vortheilhaft, die Untersuchungen, wie MacMunn es gethan hatte, mit einem Mikrospektroskop vorzunehmen; es war ja möglich, das Myohämatin nach den von MacMunn angegebenen Methoden in grösseren Mengen in Lösung zu erhalten, so dass die Beobachtungen mit dem Browning'schen Taschenspektroskop à vision directe und mit grösseren, zu genaueren Messungen geeigneten Instrumenten ausgeführt werden konnten. Für die folgenden Untersuchungen benutzte ich erstens ein Taschenspektroskop aus der Werkstätte von Browning in bekannter Einrichtung und zweitens eine Combination grösserer Instrumente, welche in folgender Weise angeordnet waren.

Das Licht trat durch einen Spalt, dessen Schneiden mit Mikrometerschrauben bewegt und genau eingestellt werden konnten, dann durch eine Collimatorlinse von grossem Fokus,

Es wurde dann in einem grossen Steinheil'schen Prisma aus Flintglas in das Spektrum zerlegt und dieses letztere durch ein Fernrohr, dessen sämtliche Linsen aus Quarz gefertigt sind, beobachtet. Eine photographirte Skala, beleuchtet durch eine Petroleumlampe, wurde in üblicher Weise durch die hintere Prismafäche, welche als Spiegel diente, in die Axe des Fernrohrs reflektirt und erschien im Gesichtsfeld horizontal in dem gleichfalls horizontal entworfenen Spektrum des zerstreuten Tageslichts. Die Spektrallinien D, E und b und ihre Stellung in der Skala dienten zur Grundlage für die Berechnung der mit der Skala beobachteten Stellung der Absorptionsstreifen auf die entsprechenden Wellenlängen. Alle Beobachtungen wurden im reflektirten Tageslicht, und alle vorläufigen Untersuchungen über das Vorhandensein von Absorptionsstreifen überhaupt mit dem Taschenspektroskop ausgeführt.

Es galt zunächst die Art des Auftretens des Myohämoglobins zu untersuchen. Zu dem Zwecke wurden zwei Tauben durch Enthaupten getödtet und ihr Blut durch Auslaufenlassen aus den Halsgefässen entfernt. Die Brustmuskeln wurden dann so präparirt, dass die in die Muskeln eintretenden Blutgefässe erst nach Loslösung der übrigen Muskelmasse durchschnitten wurden und also die Muskeln nicht mehr durch das austretende Blut verunreinigt wurden. Die Muskeln wurden dann in kleine Stücke geschnitten, gehackt und mit Wasser sorgfältig ausgewaschen und ausgepresst. Dann wurde die von dem einen Thier herrührende Portion mit wenig Wasser übergossen in eine mit eingeschliffenem Glaspfropfen verschliessbare Flasche gebracht. Die andere Portion wurde mit ClNa in einer Reibschale zerrieben, dazu nach und nach Wasser hinzugefügt, so dass eine 10% ClNa -Lösung entstand, und diese Masse ebenfalls in eine verschliessbare Flasche gebracht. Beide Portionen wurden sofort mit dem Taschenspektroskop im reflektirten Licht untersucht. Die Muskelmassen lieferten ein sehr schönes klares Oxyhämoglobinspektrum. Am folgenden Tage jedoch war in den beiden geschilderten Portionen eine schon äusserlich durch die Farbe kenntliche Theilung der Muskelmassen in drei Schichten ein-

getreten, die an den Grenzen allmählich in einander übergingen. Spektroskopisch im reflektirten Lichte untersucht lieferte die erste hellrothe Schicht das Spektrum des Oxyhämoglobin, die darunter lagernde dunkelrothe den breiten Streifen des Hämoglobin. Die unterste eigenthümlich hellroth mit einem Stich in's Gelbe gefärbte Schicht entwarf ein Spektrum, dessen Absorptionsstreifen demjenigen des Myohämatin von MacMunn entsprachen. Im Lauf der folgenden Tage nahm die unterste das Myohämatin enthaltende Schicht auf Kosten der darüber liegenden immer mehr zu; jedoch blieb an der oberen Grenze, der unteren Grenze des Aethers resp. der in der Flasche enthaltenen Luft entsprechend, nach lange eine Schicht bestehen, welche nur Oxyhämoglobin enthielt.

In derselben Weise, wie sie eben von den Muskeln der Taube geschildert ist, wurden die Muskeln mehrerer Kaninchen, welche durch Blutentziehung getödtet waren, wenige Stunden nach dem Tode behandelt. Es wurde bei diesen Muskelmassen die gleiche Aufeinanderfolge der spektroskopischen Erscheinungen wie bei den von den Tauben gewonnenen beobachtet; es zeigten sich zuerst nur die Streifen des Oxyhämoglobin, welche nach mehreren Tagen aus den unteren Schichten verschwanden, indem die Absorptionsstreifen des Myohämatin an ihre Stelle traten. Es lieferten jedoch die Muskeln dieser Thiere, welche nachgewiesenermassen nur geringe Mengen von Farbstoff enthalten, ein sehr schwaches Myohämatinspektrum.

Dagegen wurde in den Beobachtungen, welche an den Muskeln eines durch Blutentziehung getödteten Hundes angestellt wurden, ein vortreffliches Seitenstück zu dem oben von den Taubenmuskeln mitgetheilten gewonnen. Die Muskeln wurden, drei Stunden nach dem Tode des Thieres, in der oben geschilderten Weise vorbereitet, in drei Portionen getheilt und hiervon zwei mit wenig Wasser und Aether, eine mit ClNa und Wasser behandelt. Bereits nach zwei Stunden war in den mit Aether behandelten Muskelmassen die Theilung in eine obere Oxyhämoglobin und eine untere Hämoglobin enthaltende Schicht scharf ausgesprochen. Die mit ClNa versetzte Partie enthielt fast nur noch Hämoglobin. In der Folge ent-

wickelten sich die Erscheinungen ebenso weiter, wie sie oben von den Taubenmuskeln geschildert sind.

Es wurde ferner ein Ochsenherz, nachdem es auf die oben angegebene Weise vorbereitet war, in drei Portionen getheilt und hiervon zwei mit Aether und eine mit ClNa behandelt. Auch hier konnten die oben geschilderten Beobachtungen wiederholt werden. Es waren jedoch in diesen Muskelmassen sehr reichliche Mengen von Hämoglobin enthalten, welche nur langsam und nur in geringem Masse durch das Myohämatin ersetzt wurden.

Um die Frage zu entscheiden, ob die nach dem Absterben im Thierkörper eintretenden Veränderungen einen Einfluss auf das Auftreten von Myohämatin ausüben, wurden an Tauben vergleichende Untersuchungen angestellt. Es wurden zweimal die Brustmuskeln von je zwei Tauben nach der oben erwähnten Methode vorbereitet und mit Wasser und Aether behandelt, das eine Mal sofort nach der Tödtung der Thiere, das andere Mal nachdem die Thiere nach dem Tode achtzehn Stunden hindurch in einem mässig kühlen Raume gelegen hatten. Es konnte jedoch kein Unterschied der in der Folge beobachteten Erscheinungen constatirt werden; in beiden Fällen wurden nur die oben berichteten Veränderungen gefunden.

Bei allen den besprochenen Muskelgemengen, mochten sie nun mit Aether oder mit ClNa behandelt sein, mochten sie sofort nach dem Tode oder mehrere Stunden nach demselben in Angriff genommen sein, stellten sich nach einiger Zeit deutliche Spuren von Fäulniss ein. Es entwickelten sich Gasblasen, es war besonders bei den mit ClNa behandelten Portionen ein fauliger Geruch bemerklich, und es konnten Fäulnissorganismen nachgewiesen werden. Durch die Fäulniss wurden die Muskeln in ihrem spektroskopischen Verhalten mehr oder weniger verändert. Die wesentlichsten Veränderungen zeigten die mit ClNa behandelten Portionen. In diesen ging die Fäulniss sehr stürmisch vor sich. Es bildete sich in demselben bald Hämatin in grosser Menge aus, und vom Hämatin sowohl als vom Myohämatin waren nur noch Spuren spektroskopisch nachzuweisen.

In den mit Aether behandelten Portionen ging die Fäulniss weniger stürmisch vor sich, und dies schien das Auftreten resp. die Bildung von Myohämatin zu begünstigen. Bei einigen Portionen, bei welchen die Fäulniss, ohne allzu heftig zu verlaufen, doch intensiv wirkte, entfärbten sich sowohl die Muskeln als auch die umgebende Flüssigkeit mehr oder weniger stark und lieferten dann ein immer deutlicheres und kräftigeres Myohämatinspektrum.

Um das Myohämatin möglichst abzutrennen und für genauere Untersuchungen zugänglich zu machen, um es vor Allem bei durchfallendem Lichte beobachten zu können, wurde eine Scheidung von Muskel und Flüssigkeit vorgenommen. Die Massen wurden durch Leinenfilter gepresst. Mit den dadurch erhaltenen Flüssigkeiten wurden, wenn sie eine ClNa -Lösung darstellten, je nach der Menge grössere oder kleinere, mit Glaspfropfen verschliessbare Flaschen ausgefüllt. Die früher mit Aether behandelten Flüssigkeiten wurden in ähnlichen Flaschen mit Aether übergossen.

Diese letzteren Lösungen, welche besonders reichlich mit Myohämatin versehen waren, wurden mit dem oben beschriebenen grösseren Spektralapparat untersucht. Die für das Myohämatin charakteristischen Streifen im Spektrum wurden hinsichtlich ihrer Stellung und Stärke mit den ihren sehr ähnlichen Streifen verglichen, welche zwei verschiedene Arten von Hämochromogenlösungen lieferten.

Die eine Gruppe dieser Hämochromogenlösungen war von Herrn Prof. Hoppe-Seyler selbst nach der von ihm angegebenen Methode angefertigt worden. Er liess Hämoglobinlösungen von verschiedenem Gehalt an Hämoglobin in zugeschmolzenen Röhren stehen, bis durch die Fäulniss der vorhandene Sauerstoff vollständig verbraucht war. Dieser Zustand war dann eingetreten, wenn in der Flüssigkeit auch nach längerem Schütteln keine Spur von Oxyhämoglobin durch das Spektroskop nachgewiesen werden konnte. Die Lösungen wurden dann im Wasserbad auf 100° erhitzt. Dadurch wird das Hämoglobin gespalten, und die Lösung liefert das Spektrum des Hämochromogen. Die andere Hämochromogenlösung wurde

nach den Angaben von Stokes hergestellt, indem zu einer alkalischen Hämatinlösung Schwefelammonium hinzugefügt wurde.

Die bei der Messung gefundenen Werthe sind in die nachfolgende Tabelle eingetragen. Die erste Rubrik derselben ent-

Bezeichnung der Lösungen.	Stellung der Linien.			Stellung der Streifen				Wellenlängen.			
	I.			II.				Streifen I.			
	D	E	b	Anf.	Ende.	Anf.	Ende.	Anfang.	Ende.	Anfang.	Ende.
Hämochromogenlösung nach Hoppe-Seyler	0	50	60	20	35	50	63	5653,0	5473,75	5269,00	5139,15
Hämochromogenlösung nach Stokes	—	—	—	17	31	45	60	5688,95	5521,55	5354,25	5175
Stark alk. Hämochromogen- lösung nach Stokes . . .	—	—	—	17	31	45	60	5688,95	5521,55	5354,25	5175
Myohämatin vom Hund . . .	—	—	—	27	35	57	63	5569,35	5473,75	5210,85	5139,15
Myohämatin von Taube . . .	—	—	—	27	35	53	67	5569,35	5473,75	5288,65	5091,35
Wellenlängen. Sonnenlinien nach Angström	5894	5269	5175	—	—	—	—	—	—	—	—

hält die Bezeichnung der untersuchten Lösung. Die folgende Rubrik verzeichnet die während der Messungen beobachtete Stellung der Linien D, E und b zu der Skala. Die dritte Rubrik

enthält die gefundenen Begrenzungen der Absorptionsstreifen, welche in Theilstrichen der Skala aufgezeichnet sind. Dabei ist die nach dem rothen Ende des Spektrums stehende Grenze als Anfang, die nach der violetten Seite stehende als Ende bezeichnet worden. In der letzten Rubrik endlich stehen dieselben Grenzlinien, deren Stellungen zum Sonnenpektrum nach Angström¹⁾ berechnet sind. Als Grundlage dienten dafür die von Angström angegebenen Werthe der Wellenlängen der Linien D, E und b, welche gleichfalls in der zweiten Rubrik notirt sind.

Es zeigt sich bei Betrachtung der Tabelle, dass die Streifen des Myohämatin, verglichen mit denen des Hämochromogen, nach der stärker gebrochenen Seite des Spektrums hin verschoben sind. Aber auch die Hämochromogenlösungen verschiedenen Ursprungs stimmen hinsichtlich der Stellung ihrer Absorptionsstreifen nicht genau mit einander überein. Diejenigen Lösungen, welche nach Stokes' Vorschrift hergestellt sind, entwerfen ein Spektrum, dessen Streifen dem schwächer gebrochenen Theil des Spektrums näher stehen als die nach Hoppe-Seyer's Angaben angefertigten Hämochromogenlösungen.

Es wurde untersucht, ob diese Verschiedenheit in der Stellung der Streifen mit dem Unterschied im Alkaligehalt der Lösungen zusammenhängt. Zwei nach Stokes hergestellte Hämochromogenlösungen, von denen die eine sehr viel, die andere wenig Natronlauge enthielt, zeigten keine Verschiedenheiten im Spektrum. Ferner konnten weder durch Zusatz von Natronlauge noch von kohlensaurem Natron zu den Myohämatinlösungen Veränderungen in der Stellung der Absorptionsstreifen hervorgebracht werden.

Durch Zusatz von sauerstofffreier Salzsäure zu der Myohämatinlösung wurde das Myohämatinspektrum zum Verschwinden gebracht.

Es wurde ferner das Verhalten des Myohämatin dem atmosphärischen Sauerstoff gegenüber untersucht. Wurden die Myohämatinlösungen (die mit Aether bedeckten nach Abgiessen

¹⁾ A. J. Angström. Recherches sur le Spectre solaire.

des Aethers) mit Luft geschüttelt, so wurden die Myohämatingestreifen im Spektrum schwächer, und nach längerem Stehen der Flüssigkeiten an der Luft verschwanden sie vollständig.

Es war in einzelnen Lösungen noch eine Spur von Oxyhämoglobin, in anderen nur noch eine gleichmässige Verdunkelung des gesamten Spektrums zu sehen. Diese letztere ist auf die Anwesenheit von Hämatin in der Flüssigkeit zu beziehen.

Wurde nun der Aether wieder aufgegossen und die Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs wieder aufgehoben, so stellte sich nach ein bis zwei Tagen das Myohämatingpektrum wieder ein. Diese Beobachtung konnte mehrmals an derselben Flüssigkeit wiederholt werden, schliesslich aber blieb das Myohämatin aus. Wenn man dann der Lösung Schwefelammonium zusetzte, so erschienen die Myohämatingestreifen in ihrer früheren oder in noch grösserer Stärke wieder.

Die vorstehenden Untersuchungen haben in wesentlichen Punkten andere Resultate ergeben als die Arbeiten von MacMunn. Der Letztere hat das Myohämatin theils sofort nach der Zubereitung des Präparates, theils nach wenigen Stunden nachweisen zu können geglaubt; ich habe gefunden, dass in den Muskeln und in den zubereiteten Muskelmassen von vornherein nur Hämoglobin vorhanden ist, dass allmählich durch Verschwinden des Sauerstoffs das Oxyhämoglobin in Hämoglobin übergeführt wird und endlich in den tiefsten Theilen, in denen der Sauerstoff zuerst verschwunden ist, wo also der Sauerstoff verzehrende Process am längsten und intensivsten gewirkt hat, das Hämoglobin in Myohämatin übergeht.

MacMunn fand, dass der Sauerstoff keine Einwirkung auf das Myohämatin ausübe. Nach meinen Untersuchungen verschwindet das Myohämatingpektrum bei Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff zu den Myohämatinglösungen, und es tritt eine Verdunkelung des Spektrums ein, welche auf Hämatin zu beziehen ist. Durch Zusatz von reducirenden Substanzen wird das Myohämatingpektrum wieder zum Vorschein gebracht, wie dies auch MacMunn angibt. MacMunn sagt, dass das Spektrum des Myohämatin dem des Hämochromogen ähnlich

sei, aber doch einige Verschiedenheiten von demselben zeige. Nach der oben aufgestellten Tabelle besteht die Aehnlichkeit in der Gleichheit der Stärke und gegenseitigen Entfernungen der entsprechenden Absorptionsstreifen; die Verschiedenheit darin, dass die Streifen des Myohämatin näher dem violetten Theile des Spektrums stehen als die des Hämochromogen. Dieser Unterschied verliert an Bedeutung dadurch, dass die Hämochromogenlösungen verschiedenen Ursprungs gleichfalls kleine Unterschiede hinsichtlich der Stellung ihrer Absorptionsstreifen zeigen.

Aus diesen Gründen nehme ich an, dass das Myohämatin nicht, wie MacMunn glaubt, ein besonderer dem Muskel eigenthümlicher Farbstoff ist, sondern ein Zersetzungsprodukt des Hämoglobins darstellt. Seine spektroskopischen Erscheinungen sowohl als seine Entstehungsweise und seine Reaktionen beweisen, dass es Hämochromogen ist.

Hämochromogen entsteht, wenn Hämoglobin bei Abwesenheit von Sauerstoff durch Erhitzen auf 100° gespalten, oder wenn dem Hämatin in alkalischer Lösung durch reducirende Substanzen Sauerstoff entzogen wird. Nur die letztere Entstehungsweise ist unter den, in den obigen Untersuchungen hergestellten Bedingungen denkbar.

Da in den Muskeln ursprünglich nur Hämoglobin enthalten ist, so muss dasselbe erst gespalten und in Hämatin umgewandelt, das letztere dann reducirt und in Hämochromogen übergeführt werden. Diese doppelte Aufgabe leistet die Fäulniss, welche nach kurzer Zeit in den Massen beginnt. Damit aber die beiden Vorgänge der Spaltung und der Reduktion ungestört verlaufen können, darf die Fäulniss keine zu stürmische sein. Dies wird erreicht, wenn die Fäulniss durch Aufgiessen von Aether oder durch ClNa verlangsamt wird. Wenn nun zu den Hämochromogenlösungen der Sauerstoff der atmosphärischen Luft tritt, so wird das Hämochromogen zu Hämatin oxydirt. Wird aber die Einwirkung des Sauerstoffs wieder aufgehoben, so tritt die reducirende Kraft der Fäulniss wieder in Thätigkeit und es wird wieder Hämochromogen gebildet, welches spektroskopisch nachweisbar ist. Das Letztere

geschieht auch dann, wenn zu den Lösungen, in denen durch Einwirkung des Sauerstoffs das Hämochromogen in Hämatin übergeführt war, reducirende Agentien gebracht werden.

So wie das Myohämatin sich als Hämochromogen erwiesen hat, so lässt sich Aehnliches für die anderen von MacMunn entdeckten und von ihm Histohämatine genannten Farbstoffe annehmen. Dieselben scheinen nach den von ihm gegebenen Zeichnungen ihrer Spektren aus gemischten Zersetzungsprodukten des Hämoglobins zu bestehen.