

Beitrag zur Chemie der Muskeln.

Von Dr. **B. Demant** aus St. Petersburg.

(Aus dem physiologisch-chemischen Institut zu Strassburg.)

(Der Redaction übergeben am 3. Mai.)

Wenn man irgend welchen quergestreiften Muskel mit Wasser extrahirt und das Extract nicht zu rasch auf dem Wasserbade erhitzt, so tritt immer bei 40—45° eine milchige Trübung ein und bei weiterem Erhitzen — bis 47° — ein flockiger Niederschlag, der sich sehr leicht auf dem Boden des Glases absetzt; dann wird die Flüssigkeit wieder ganz klar. Diese Gerinnung tritt nur bei saurer oder neutraler Reaktion der Flüssigkeit ein, dagegen bei alkalischer findet keine Gerinnung statt, sogar nicht bei dem Erhitzen im Laufe von mehreren Stunden.

Qualitative Reaktionen.

1) Nach der Sättigung des Muskelextractes mit Steinsalz und Abfiltriren des hierdurch ausgefallten Myosins tritt ebenfalls ein flockiger Niederschlag bei 47° ein.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich erwähnen, dass durch Sättigung seiner Lösung mit Steinsalz das Myosin nicht vollständig ausgefällt wird, denn bei 55° entsteht in der Flüssigkeit, welche von dem bei 47° gerinnenden Eiweissstoff durch Filtriren befreit ist, abermals ein Niederschlag, obwohl kein bedeutender.

2) Bei der Sättigung des Muskelextractes mit schwefelsaurer Magnesia wird der oben bezeichnete Eiweissstoff theilweise gefällt, obwohl nicht vollständig, so dass der Niederschlag bei 47° viel kleiner ausfällt, als ohne diese Behandlung.

3) Durch Essigsäure und Ferrocyankalium wird er, wie die übrigen Eiweissstoffe der Muskeln gefällt, beim Abfiltriren und Lösung des Niederschlags in der gerade erforderlichen Quantität CNa_2O_3 , tritt keine Gerinnung bei 47° ein.

4) Durch HgCl_2 wird er gefällt.

5) Bei der Behandlung des Muskelextractes mit Cyanoquecksilber entsteht ein reichlicher Niederschlag, beim Abfiltriren und Erhitzung des Filtrats tritt ein reichlicher Niederschlag ein, die Gerinnung beginnt schon bei $32-35^\circ$.

Für diese Reaktionen wurde meistentheils Pferdefleisch, wie man es vom Metzger bezieht, benutzt; ausserdem, zur Controle, wurde ein Kaninchen durch Verbluten getödtet, durch die aorta abdominalis beide Hinterläufe mit 1procentiger ClNa -Lösung vollständig ausgespült; die Muskulatur (217 grm.) mit 217 Cc. Wasser behandelt, filtrirt. Das so erhaltene Extract mit der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet, der trockene Rückstand in wenig Wasser aufgelöst und mit dem auf solche Weise gewonnenen concentrirten Extract die qualitativen Reaktionen ausgeführt.

Quantitative Bestimmungen.

Methode der Untersuchung.

Das betreffende Thier wurde getödtet, die zu untersuchenden Muskeln $\frac{1}{4}-\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Tode abgenommen, möglichst fein zerhackt, mit der Scheere zerschnitten, die Musculatur gewogen, dann mit der zweifachen Menge destillirten Wassers übergossen, die Flüssigkeit sorgfältig mit dem Glasstab umgerührt, und in einem kalten Zimmer über Nacht stehen gelassen. Dann durch Leinwand filtrirt, der Rückstand mit kleinen Mengen Wasser so lange ausgewaschen, bis beim Erhitzen des Waschwassers bis 50° keine Trübung mehr eingetreten war, (darum kann ich wohl annehmen, dass ich diesen Albuminstoff aus den Muskeln vollständig extrahirt habe), dann wurde die Flüssigkeit durch Papier filtrirt und das so erhaltene Filtrat in einem geräumigen Becherglas, in welches ein Thermometer eintauchte, im Laufe von $1\frac{1}{2}$ Stunden bis 48° unter fortwährendem Umschütteln des Thermometers, damit die Temperatur überall gleichmässig sei, erhitzt. Dann der Niederschlag auf ein gewogenes Filter gebracht, mit Alkohol und Aether vollständig ausgewaschen, bei 120° getrocknet und gewogen. Ich möchte noch erwähnen, dass die ganze Procedur vom

Anfang bis zum Ende in einem kalten Zimmer, welches niemals geheizt wird, in den Monaten Februar, März und Anfang April ausgeführt wurde.

Ich habe den Gehalt an diesem Körper in den verschiedensten Muskeln, und bei verschiedenen Gattungen und Classen der Thiere, bei Inanition und reichlicher Ernährung, Ruhe und Arbeit, bei jungen und alten Thieren untersucht. Die dabei erhaltenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Versuche:

Kaninchen.

- 1) Tod durch den Nackenstich. In 100 gm. frischer Musculatur der Hinterbeine 0,357 gm.; in Proc. 0,357 %.
- 2) Curarevergiftung. In 85 gm. Musculatur der Vorderbeine + zugehöriger pector. maj. 0,373 gm.; oder 0,438 %.
- 3) Tod durch den Nackenstich. In 36 gm. Muskulatur der Vorderbeine + zugehöriger pector. maj. 0,113 gm.; oder 0,314 %.

Im Herzen Spuren.

Junges Kaninchen.

Tod durch den Nackenstich. In 12 gm. Muskulatur der Hinterbeine 0,036 gm.; oder 0,300 %.

Bestimmungen des bei 47° gerinnenden Eiweisskörpers.
Hunde.

Versuchsthier.	Tod.	Dia-phragma	Herz.	Extr. anter. sinistr.		Pector. maj. dexter.		Schenkel.		Bemerkungen	
				Menge der Muskeln	Absol. Gehalt.	0/0 Gehalt	Menge der Muskeln	Absol. Gehalt.	0/0 Gehalt		Menge der Muskeln
Junger Hund.	Nackensch.	Spuren.	Spuren.	33 gr.	0,072	0,218	12 gr.	0,031	0,258	Rechter Schenkel. 60 gr. 0,212 0,353 Linker Schenkel 50 0,140 0,280	
Erwachsener Hund.	Nackensch.	In 10 gr. Muscul. 0,039 gr. Eiweiss oder 0,390%.	Spuren.	34	0,127	0,373	12	0,040	0,333	Rechter Schenkel. 77 0,327 0,424 Linker Schenkel. 99 0,338 0,348	Rechter Schenkel paralysirt, linker Schenkel tetanisirt im Laufe von 1 1/2 Stunden.

Tauben.

Versuchsthier.	Tod.	Pector. maj. dext.		Pector. maj. sinist.		Extrem. poster.			Bemerkungen.		
		Menge der Muskeln	Absol. Gehalt.	^{0 0} Gehalt	Menge der Muskeln	Eiweiss-Gehalt.	^{0 0} Gehalt	Menge der Muskeln		Absol. Gehalt.	^{0 0} Gehalt
Alte Taube.	Decapit.	23 gr.	0.101	0.439	20 gr.	0.097	0.485	7 gr.	0.022	0.314	
Alte Taube.	Decapit.	22	0.118	0.536	15	0.062	0.413		Nicht bestimmt.		
Junge Taube.	Decapit.	Beide Pector. zusammen.									Sehr junge Taube ohne Federn.
Junge Taube.	Decapit.	10	0.028	0.280							
	Decapit.	13	0.044	0.338							

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass die Menge des bei 47° gerinnenden Albuminstoffs in den Muskeln der verschiedensten Thiere ein ziemlich constanter ist, er übersteigt nicht $\frac{1}{2}$ % Gehalt der frischen Musculatur. Der Gehalt in den verschiedenen Muskeln desselben Thieres ist jedoch nicht gleich: in den stärkeren ist der Gehalt grösser, als in den schwächeren Muskeln. Die grösste Menge wurde bei Tauben in den Pectoralmuskeln gefunden. Bei alten Thieren ist der Procentgehalt grösser, als bei jungen.

Arbeit und Ruhezustand scheinen keine wesentlichen Differenzen in seiner Menge zu bewirken. Dagegen beim Verhungern der Thiere verschwindet er fast vollständig: jede Portion der Muskeln des verhungerten Hundes wurde um irgend welchen Fehler zu vermeiden, im Laufe von 2 $\frac{1}{2}$ — 4 Stunden bis 50° erhitzt und doch entstand dabei kein Niederschlag, der sich zu einer quantitativen Bestimmung eignete, sondern nur eine starke Trübung; dagegen bei reichlicher Ernährung findet keine wesentliche Zunahme in dem Gehalte dieses Körpers statt.

Ich möchte noch hervorheben, (was aus der Tabelle ersichtlich ist) dass überhaupt die Schwankungen im Gehalt dieses Körpers keine wesentlichen sind.

Ausserdem habe ich noch die inneren Organe bei verschiedenen Thieren (Hunde, Kaninchen, Rind, Schaf, Pferd) auf den Gehalt dieses Körpers untersucht, wobei sich Folgendes herausstellte: In der Leber ist dieser Körper sehr deutlich nachweisbar: bei der Erhitzung des Wasserextractes tritt bei 48° ein flockiger Niederschlag ein. Im Herzen, Lungen und Nieren bildet sich bei 47—48° nur eine starke Trübung; jedenfalls sind in den letztgenannten drei Organen nur Spuren von diesem Körper; dagegen im Gehirn, Knochenmark, Submaxillardrüsen, fehlt er vollständig.

Schliesslich möchte ich noch Einiges über das Sarcocolemm beifügen: Froriep¹⁾ behauptet, auf Grund seiner

¹⁾ Arch. für Anat. u. Physiol. von Du-Bois-Reymond 1878. Anat. Abtheilung.

Versuche, dass das Sarcolemm eine Bindegewebesubstanz sei. Um von der Richtigkeit dieser Angabe mich zu überzeugen, verfuhr ich in folgender Weise: Aus frischem Pferdefleisch schnitt ich mit der Scheere möglichst feine Stückchen aus, brachte sie in destillirtes Wasser, wusch sie mehrere Male aus, dann wurden die Präparate in verdünnte Salzsäure (4 Cc. rauchender Salzsäure auf einem Liter Wasser) gebracht. Die Flüssigkeit öfters abgegossen und das zurückbleibende Gewebe mit frischen Portionen dieser sehr verdünnten Salzsäure unter häufigem Schütteln behandelt, so lange bis die Lösung nichts mehr aufnahm, d. h. bis nach vorsichtigem Zusatz von kohlensaurem Natron keine Trübung mehr entstand. Dies dauerte fast 24 Stunden. Darauf wurden die Präparate, um die Salzsäure zu entfernen, so lange mit Wasser ausgewaschen, bis keine Trübung mehr beim Zusatz von NAgO_3 entstand.

Dann wurde die rückständige Substanz auf dem Wasserbade $7\frac{1}{2}$ Stunden gekocht und später $6\frac{1}{2}$ Stunden im Oelbade bei $120-130^\circ$ erhalten. Nach dem Oeffnen der Röhre zeigten die Präparate bei der Vorbereitung für die mikroskopische Untersuchung ausserordentlich lockeren Zusammenhang der Fasern, so dass ich ohne Mühe die Primitivbündel vollständig isoliren konnte. Das Sarcolemm erwies sich wohl erhalten bei der mikroskopischen Untersuchung, welche theils nur in Wasser, theils nach Einwirkung von sehr verdünnten Lösungen von kohlensaurem Natron, Essigsäure und Salpetersäure ausgeführt wurde. An einigen Fasern war die Querstreifung noch eben so elegant zu sehen, als am frischem Muskel, die Contouren stets scharf. Mehrmals zeigte das abgerissene Ende ziemlich deutlich die Oeffnung des hohlen Schlauches. Eine Abhebung eines noch vorhandenen Inhaltes von der Membran des Sarcolemm war bei der Einwirkung keines der genannten Reagentien zu beobachten; auch nach längerer Dauer dieser Einwirkung blieben die Contouren einfach. Neben den Sarcolemmschläuchen enthielten die Präparate nur elastische Fasern, korkzieherförmig gewunden, und in dem Reste der Primitivbündel

noch erkennbare Kerne. Dass nach der geschilderten Behandlung der Muskeln von leimgebendem Gewebe auch selbst Spuren nicht mehr vorhanden sein konnten, braucht wohl nicht speciell hervorgehoben zu werden; schon das mehrstündige Kochen bei 100° hätte jede Spur davon lösen müssen. Das von Froriep erhaltene entgegengesetzte Resultat ist offenbar durch die Unzuverlässigkeit der angewendeten Methode der Untersuchung verursacht.

Zum Schluss benutze ich die Gelegenheit Herrn Prof. Hoppe-Seyler, auf dessen Veranlassung und unter dessen Leitung ich diese Arbeit ausgeführt habe, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.