

(Aus dem physiologischen Institut zu Breslau.)

**Bemerkungen zu einer Angabe von Engelmann,
betreffend den Einfluss der Wärme auf den todten-
starren Muskel.**

Von

Emil Gotschlich,
cand. med.

In seiner, Anfangs dieses Jahres erschienenen Abhandlung: „Ueber den Ursprung der Muskelkraft“ giebt Engelmann an, dass wärmestarre Muskeln sich bei Erwärmung verkürzen, bei Abkühlung wieder verlängern. Durch diese Beobachtung glaubt Engelmann ein nothwendiges Postulat seiner Theorie erfüllt. In der zweiten Auflage dieser Schrift findet sich der bezeichnete Punkt noch nachdrücklicher hervorgehoben; unter anderem ist dort ausgeführt, „dass die als Sitz der verkürzenden Kräfte zu betrachtenden kleinsten Theilchen im Muskel überhaupt nicht wärmestarr werden, vielmehr ihr Verkürzungsvermögen noch bei Temperaturen behalten, bei denen der Muskel als Ganzes augenblicklich „stirbt“ (l. c. p. 11). Engelmann hält also die thermische Verkürzungsfähigkeit für ein nothwendiges und constantes Attribut des starren Muskels.

Nun habe ich in meiner jüngst erschienenen Schrift: „Ueber den Einfluss der Wärme auf Länge und Dehnbarkeit des elastischen Gewebes und des quergestreiften Muskels“ es gerade als verlässlichstes Kriterium des wärmestarren Muskels hingestellt, dass er sich bei Erwärmung bis 45–50° nicht mehr verkürzt¹⁾; und auch bei weiterer Erwärmung konnte ich nur bei etwa 75° eine irreparable Gerinnungsverkürzung, nie aber das von Engelmann geschilderte Phänomen sehen. Meine Abhand-

1) Pflüger's Archiv. Bd. 54. p. 124 f.

lung war nahezu vollendet, als mir die Angabe dieses Forschers zu Gesicht kam; und so war es mir damals nicht möglich, den dargelegten Widerspruch zu discutiren. Nunmehr aber habe ich, besonders veranlasst durch die bezüglichlichen theoretischen Ausführungen Engelmann's in der zweiten Auflage, meine Beobachtungen nachgeprüft und erlaube mir, die experimentellen und theoretischen Resultate, zu denen ich in dieser Frage gelangt bin, im Folgenden mitzutheilen, womit, wenn ich nicht irre, der obige Widerspruch aufgelöst ist. — Als Versuchsobject diente der frische Sartorius des Frosches; die Belastung betrug constant 4 gr. Die übrige Anordnung war dieselbe wie in meinen früheren Versuchen.

1. Bei Erwärmung des frischen Muskels bis $40-50^{\circ}$ tritt Starre ein; die Verkürzung erreicht ihr unüberschreitbares Maximum; weitere Erwärmung vermag den Verkürzungsgrad nicht zu erhöhen, sondern bewirkt sogar eine deutliche Verlängerung; Abkühlung bewirkt keine Verlängerung.

2. Erneute Erwärmungen bis 45° und sogar bis 60° bewirken keine Spur weiterer Verkürzung, sondern sogar eine merkliche Verlängerung, was wahrscheinlich auf einer Vergrößerung der Dehnbarkeit des starren Muskels durch Erwärmung beruht; Abkühlung bewirkt keine Rückkehr zur ursprünglichen Länge.

3. Erst Erwärmung über 60° , meist sogar erst über 70° , bewirkt eine nochmalige deutliche Verkürzung, die bei Abkühlung nur theilweise zurückgeht, theilweise aber dauernd fortbesteht. Letzteres beweist, dass hier eine irreparable Schrumpfung, wahrscheinlich durch Gerinnung des Serumeiweiss, vorliegt; ersteres deutet an, dass ausser dieser Gerinnungs-Verkürzung bei der Erwärmung gleichzeitig noch eine zweite stattfindet, die bei der Abkühlung spontan zurückgeht. Diese zweite Verkürzung wird später ihre Erklärung finden.

4. Jetzt erst verhält sich der Muskel gegen erneute thermische Einwirkungen so, wie es Engelmann beschreibt; er verkürzt sich bei Erwärmung und verlängert sich bei Abkühlung; jedem Temperaturgrad entspricht ein bestimmter Verkürzungsgrad; das Phänomen ist beliebig oft, auch noch nach 15 Stunden, wiederholbar. Hauptsächlich ist zu betonen, dass die Längenänderungen nun schon bei Temperaturen erfolgen, die weit unter 70° liegen und die vor-

hin, vor der unter 3. beschriebenen Gerinnung, gänzlich wirkungslos geblieben waren.

Zum Beweise dieser Sätze dienen die im Anhange beigegebenen Versuchsbeispiele. Dieselben befinden sich auch mit den von Engelmann selbst (l. c. p. 70 f.) angeführten Versuchen in guter Uebereinstimmung; auch dort erfolgte bei Erwärmung des todtensarren Muskels bis $68,5^{\circ}$ bzw. 65° bzw. 75° keine Verkürzung, sondern eine Verlängerung; die Anfangstemperaturen lagen stets „ziemlich hoch über dem zur Wärmestarre genügenden Wärme-grad.“ Diese letztere Thatsache nun ist nach der Auffassung von Engelmann, wonach das Phänomen ein Beweis für das Fortbestehen des Verkürzungsvermögens der inogenen Theilchen über die Wärmestarre des ganzen übrigen Muskels hinaus sein soll, nicht verständlich; hiernach müsste vielmehr die Anfangstemperatur der zu besprechenden Verkürzung mit der Erstarrungstemperatur zusammenfallen. Die Thatsachen scheinen mir folgende Deutung zu fordern.

Wenn der wärmestarre Muskel bei erneuter Erwärmung bis 60° sich nicht verkürzt, sondern verlängert, so beweist dies doch, dass er eine ihm vorher zukommende Eigenschaft, die thermische Reaktionsfähigkeit, verloren hat. Wenn er nun bei höherer Erwärmung zunächst eine nochmalige Gerinnung erfährt und sich dann erst im Engelmann'schen Sinne verhält, so beweist dies, dass dieses neue Verhalten durch die neue Gerinnung erst erworben wurde, also keine integrierende Eigenthümlichkeit des todtten Muskels und noch viel weniger einen die Starre überdauernden Ueberrest der Eigenschaften des lebenden Muskels darstellt. Hiernach erklärt sich nun auch das oben unter 3. dargelegte Phänomen, dass zugleich mit der Gerinnungsverkürzung noch eine physikalische Längenänderung stattfindet; diese letztere ist offenbar als Resultat der Einwirkung der Wärme auf die bereits geronnenen Theile des Muskels aufzufassen und demnach identisch mit der unter 4. geschilderten Engelmann'schen Verkürzung. Auch diese Thatsache ist sehr geeignet, den direkten nothwendigen Zusammenhang des letzteren Phänomens mit einer erneuten postmortalen Gerinnung zu beweisen.

Die Bündigkeit unserer Schlüsse wird noch verstärkt, wenn

man die grundsätzliche Verschiedenheit des hier zu besprechenden offenbar rein physikalischen Vorganges von der thermischen Dauerverkürzung¹⁾ ins Auge fasst; beide Erscheinungen haben offenbar mit einander nichts gemeinsam.

Es liegt endlich auch kein Anhaltspunkt vor, die Verkürzung des bei 70° geronnenen Muskels den contractilen Elementen zuzuschreiben; im Gegentheil ist sie wahrscheinlich gar keine spezifische Eigenthümlichkeit des Muskels, sondern ihm mit anderen Geweben, die eine „Sehnenverkürzung“²⁾ zeigen, gemeinsam; in der That findet sich beim geronnenen Lig. nuchae eine ganz analoge Erscheinung³⁾.

Das Postulat der Theorie Engelmanns über die Entstehung der Muskelkraft, dass das thermische Verkürzungsvermögen die Starre überdauern muss, ist also nicht erfüllt, wodurch dieser Theorie nicht unerhebliche Schwierigkeiten erwachsen; dass der gerinnungsstarre Muskel durch weitere Veränderungen ein anderes, neues Verkürzungsvermögen erwerben kann, ist natürlich hierfür ganz irrelevant. —

Die hier besprochenen Thatsachen erheischen eine Aenderung meiner früher gegebenen Begriffsbestimmung der Starre⁴⁾, worin ich die thermische Reaktionslosigkeit schlechthin als Kriterium aufstellte; diese Definition ist aber unzutreffend für den bei 70° geronnenen Muskel; ausserdem erscheint es geboten, für die beiden grundsätzlich verschiedenen Zustände, welche der starre Muskel zeigt, je nachdem er nur auf 40—50° oder auf 70° erwärmt war, auch einen festen Unterschied in der Benennung einzuführen. Der erstere Zustand trägt von jeher den treffenden Namen „*Todtenstarre*“, weil er in der That identisch mit dem durch spontanes Absterben des Muskels erreichten Zustand zu sein scheint; für den zweiten wäre etwa der Name „*Eiweisstarre*“ vorzuschlagen. Die Bezeichnung „*Wärmestarre*“, die ich früher synonym mit *Todtenstarre* gebrauchte, möchte ich dagegen ganz fallen lassen; sie ist unnöthig und könnte ausserdem, weil mit gleichem Rechte auf die *Eiweisstarre* anwendbar, zu Missverständnissen

1) Pflüger's Archiv. Bd. 54. S. 128 ff.

2) Ebenda Bd. 7. S. 477 ff.

3) Ebenda Bd. 54. S. 117.

4) Ebenda Bd. 54. S. 125 f.

Anlass geben. Beide Zustände, Todtenstarre und Eiweissstarre, gehören unter den gemeinsamen Begriff der „Starre“, d. h. des völligen Fehlens aller Lebenseigenschaften des Muskels. Demnach gelten folgende Definitionen:

1. Starr oder todt im allgemeinsten Sinne des Wortes ist der Muskel, wenn er keine thermische Dauerverkürzung mehr zu bilden vermag.

2. Todtenstarr im engeren Sinne des Wortes ist der Muskel, wenn er bei Erwärmung bis 60° sich nicht verkürzt.

3. Eiweissstarr ist der Muskel, wenn er sich, analog dem Lig. nuchae, bei Erwärmung verkürzt, bei Abkühlung verlängert.

Versuchs-Beispiele.

Tabelle I.

Sartorius.

Ablesungs- zeit	Tempera- tur	Verkürzung in cm Verg. 7,5	Ablesungs- zeit	Tempera- tur	Verkürzung in cm Verg. 7,5
8. VI.					
12h4'	18 ⁰	0	12h35'	21,5 ⁰	8,1
12 5 ¹ / ₂ '	50	8,4	12h35 ¹ / ₂ '	30 ⁰	8,2
12 6'	55	7,6	12 36'	50	8,4
12 7'	28	7,2	12 37'	70	8,9
12 10'	17	7,2	12 38'	53	8,5
12h11'	56 ⁰	7,2	12 39'	39	8,4
12 14'	18	7,2	12 40'	17,5	8,2
12h15 ¹ / ₂ '	56 ⁰	7,2	12h47 ¹ / ₂ '	40 ⁰	8,4
12 20'	18	7,2	12 48'	70	9,0
12h20 ¹ / ₂ '	50 ⁰	7,2	12 49'	88	9,1
12 20 ³ / ₄ '	60	7,4	12 50'	85	9,0
12 21 ¹ / ₄ '	70	8,2	12 52'	40	8,4
12 22'	80	9,3	12 56'	22	8,3
12 23'	86	9,3			
12 25'	60	8,5			
12 30'	20,5	8,2			
12h30 ¹ / ₂ '	60 ⁰	8,4			
12 30 ³ / ₄ '	70	8,5			
12 31'	60	8,4			

Tabelle II.

Sartorius.

Ablesungs- zeit	Tempera- tur	Verkürzung in cm Vergr. 7,5	Ablesungs- zeit	Tempera- tur	Verkürzung in cm Vergr. 7,5
8. VI.					
4h23' Nachm.	17,5 ⁰	0	4h56'	20'	7,0
4h24 ¹ / ₄ '	55	8,5	4h56 ¹ / ₂ '	50 ⁰	7,1
4 24 ¹ / ₂ '	62	7,4	4 57'	62	7,3
4 26'	42	7,2	4 59'	80	7,5
4 29'	24	7,2	5 3'	23	7,1
4h30'	52 ⁰	7,1	9. VI.		
4 33'	23,5	7,1	8h42'	17 ⁰	7,0
4h34 ¹ / ₂ '	61 ⁰	6,9	8 43'	40	7,05
4 38'	23,5	6,7	8 44'	65	7,3
4h38 ¹ / ₂ '	50 ⁰	6,6	8 45'	60	7,25
4 39'	65	6,6	8 50'	18	7,1
4 39 ¹ / ₂ '	80	7,1			
4 40 ¹ / ₂ '	83	7,2			
4 45'	26	6,8			
4h50'	20,5 ⁰	6,8			
4 50 ¹ / ₂ '	60	6,9			
4 51'	70	7,2			
4 52'	80	7,4			
4 53'	50	7,1			

Tabelle III.

Sartorius.

9. VI.					
9h4'	14 ⁰	0	9h39'	60 ⁰	11,3
9 5'	20	0	9 40'	70	12,0
9 6'	35	1,2	9 43'	79	12,5
9 7'	40	7,2	9 45'	81	12,5
9 7 ¹ / ₂ '	42	12,8	9 52'	19	12,1
9 8'	45	12,4	9h53'	40 ⁰	12,15
9 8 ¹ / ₂ '	49	12,2	9 57'	77	12,5
9 9'	45	12,1	9 58'	60	12,3
9 13'	17	12,1	10 5'	18	12,0
9h14'	38 ⁰	12,1	10h7'	58 ⁰	12,3
9 15'	45	12,0	10 12'	75	12,5
9 16'	50	11,9	10 14'	50	12,3
9 17'	51	11,7	10 22'	19	12,1
9 21'	20	11,5	10h25'	65 ⁰	12,3
9h23'	58,5 ⁰	11,2	10 27'	79	12,5
9 28'	19	11,2	10 29'	51	12,3
9h29'	42 ⁰	11,15	10 32'	18	12,1
9 30'	62	11,3			