

# *Acta Medica Okayama*

---

*Volume 5, Issue 1*

1936

*Article 10*

SEPTEMBER 1936

---

## Einfluß des Waergehaltes der quergestreiften Froschmuskeln auf ihre Kontraktion.

T. Seto\*

\*Okayama University,

Copyright ©1999 OKAYAMA UNIVERSITY MEDICAL SCHOOL. All rights reserved.

Aus dem Physiologischen Institut Okayama  
(Vorstand: Prof. Dr. S. Oinuma).

## Einfluß des Wassergehaltes der quergestreiften Froschmuskeln auf ihre Kontraktion.

Von

**T. Seto.**

*Eingegangen am 25. April 1936.*

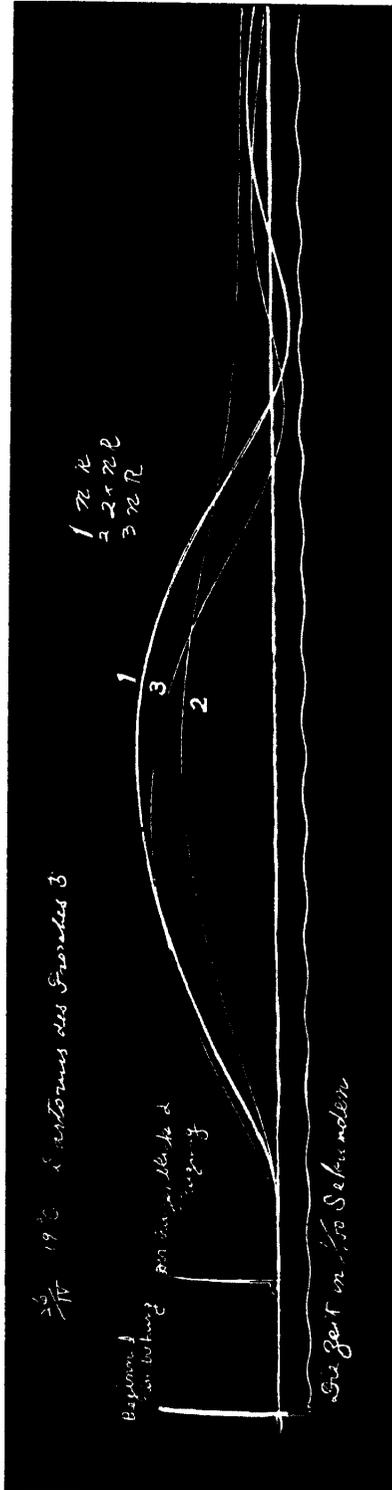
Urano<sup>1)</sup> hat vor ungefähr 30 Jahren über die Zuckungshöhe und den Zuckungsverlauf des Muskels im Doppel-Ringer und Halb-Ringer Untersuchungen angestellt. Wenn ich nicht irre, so sind seine Resultate folgendermaßen zusammenzufassen: Im Doppel-Ringer ist die Zuckungshöhe niedriger und der Zuckungsverlauf langsamer, im Halb-Ringer dagegen höher und schneller. Nach seiner Meinung beruht diese Erscheinung auf der Veränderung der inneren Reibung des Muskels. Da dieses Verhältnis in verschiedener Hinsicht fundamentale Bedeutung hat, habe ich seine Untersuchung wiederholt und außerdem noch die Viskosität des Muskels und die Leitungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle bestimmt.

### Experiment.

#### 1) *Die Aufschreibung der Zuckungskurve.*

Als Versuchsmaterial benutzte ich ausschließlich *M. sartorius* des Frosches. Um eine Erhöhung des Wassergehaltes zu erzielen, tauchte ich den Muskel in doppelt verdünnten Ringer (Halb-Ringer =  $1/2 R.$ ). Ebenso wird eine Verminderung des Wassergehaltes erzielt durch Eintauchen in doppelt konzentrierten Ringer (Doppel-Ringer =  $2R.$ ). Die Zuckungskurve im normalen Ringer wird zuerst isotonisch und isometrisch aufgeschrieben. Bei der isotonischen Schreibweise wird die Trägheit des Hebels möglichst reduziert, um eine Schleuderung zu vermeiden. Die Zeit des Eintauchens schwankt zwischen 5 - 15 Minuten. Hierbei benutzte ich dünnen Sartorius, um

Fig. 1. (isotonisch).



in dieser Zeit die Änderung der Muskelfunktion zu erzielen. Natürlich kann man nicht garantieren, daß durch die Ausgleichung des Wassers das Ziel erreicht wird. Dann habe ich den Muskel wieder in normalen Ringer zurückgebracht und die Zuckungshöhe und den Zuckungsverlauf kontrolliert. Wie die Kurve zeigt, ist der Zuckungsverlauf im Doppel-Ringer deutlich verlangsamt, in Halb-Ringer dagegen verkürzt. Was die Zuckungshöhe anbelangt, so vermindert sie sich in beiden Fällen. Bei der isometrischen Schreibweise beobachtet man ein ähnliches Resultat (Fig. 1, 2, 3 u. 4.).

## 2) Bestimmung der Viskosität.

Die Methode folgte genau dem Prinzip des Extensometers von Bouckaert, Capelln und de Blende<sup>2)</sup> (Fig. 5). Der Muskel ist an einem Ende fixiert, sein freies Ende wird mit einem Arm des zweiarmigen Schreibhebels verbunden. Der andere Arm des Schreibhebels wird mit einem Zusatzgewicht belastet, das mit Hilfe eines anderen starken Hebels zu beliebiger Zeit entlastet werden kann. Beim Versuch unterbricht ein Strombrechen (R) den ersten Kontakt (C<sub>1</sub>), dadurch wird der tetanische Strom zum Muskel geschickt. Während des Tetanus des Muskels wird der zweite Kontakt (C<sub>2</sub>) gelöst, dadurch wird die Zahnvorrichtung,

Fig. 2. (isotonisch).

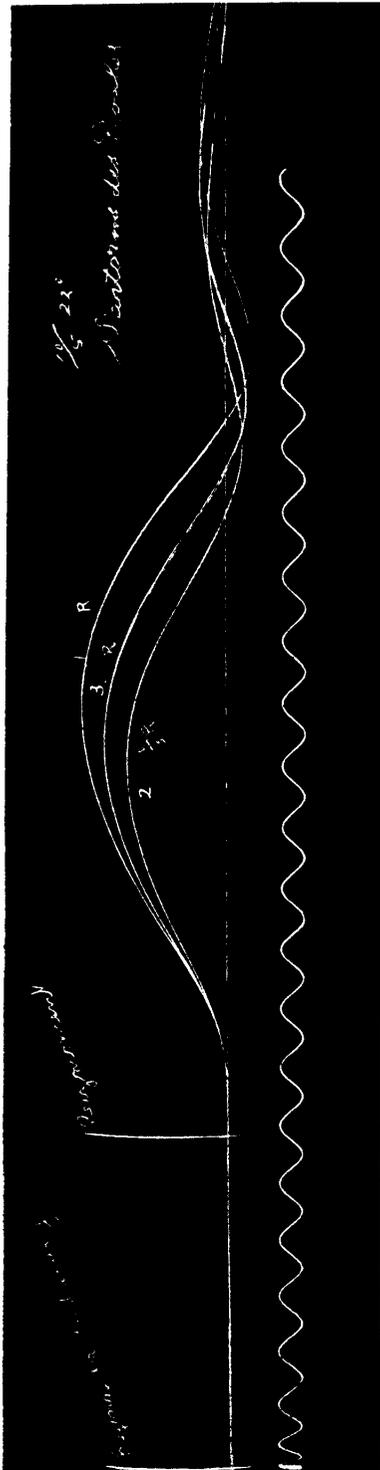
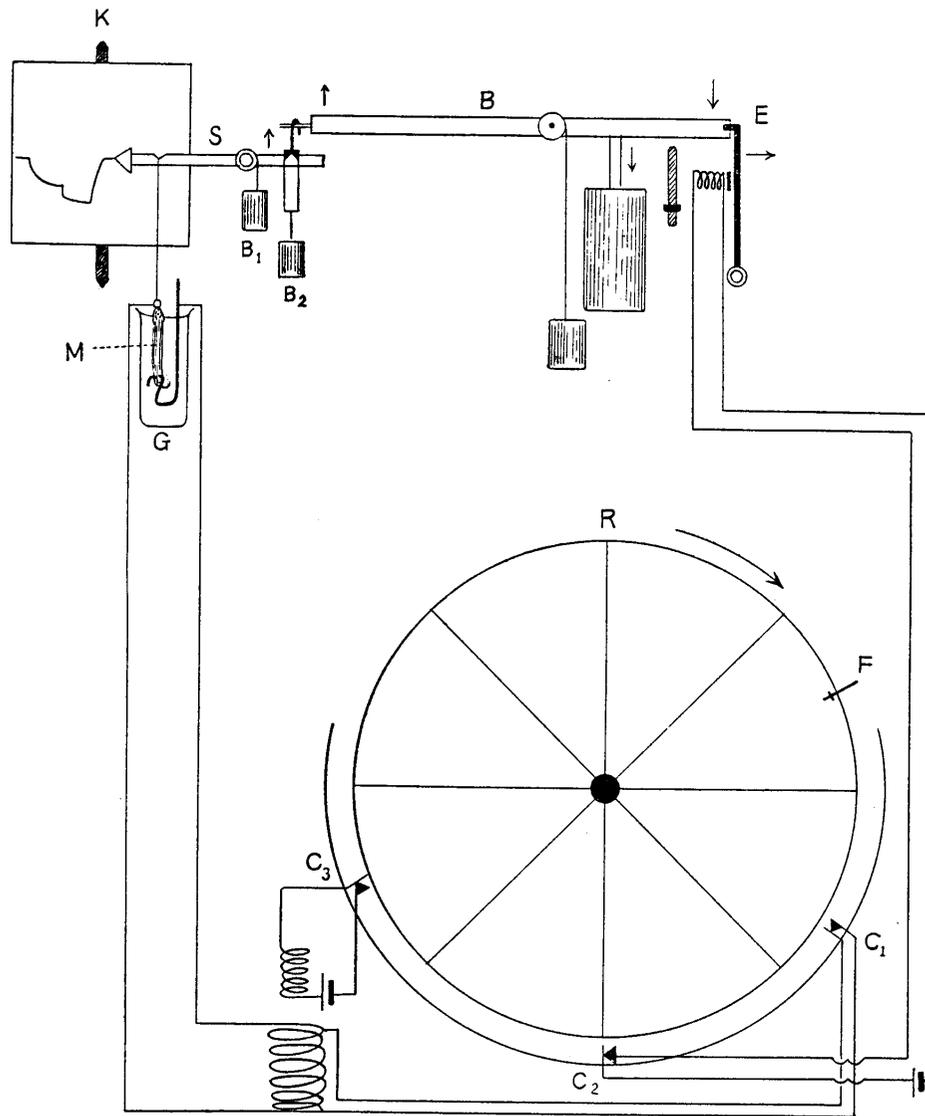


Fig. 3. (isotonisch).

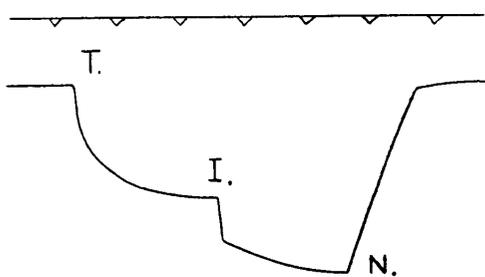




Fig. 5.



Zeitschreiber = Jaquetscher Chronograph.



K = Kymographion.

S = Schreibhebel.

B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> = Belastung.

B = Balken.

E = Elektromagnet.

R = Rheotom (Strombrecher).

G = Gefäß mit Ringer.

M = Muskel.

C<sub>1</sub> C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> = Kontaktvorrichtung.

F = Fortsatz des Rheotoms.

welche den starken Hebel in der bestimmten Stellung festhält, elektromagnetisch gelöst. Dadurch wird das Zusatzgewicht ( $B_2$ ) des Muskels aufgehoben. Durch Unterbrechung des dritten Kontaktes ( $C_3$ ) wird der reizende faradische Strom ausgeschaltet, dadurch wird einer unnötigen Ermüdung des Muskels vorgebeugt. Anhand der aufgeschriebenen Kurve der Muskelkontraktion mißt man die Größe der jeweiligen Kontraktion bei der Entlastung, darauf die folgende allmähliche Kontraktion. Daraus wird die Viskositätskonstanz „R“ nach folgender Formel berechnet.

$$R = \text{visköse Verkürzung} / \text{totale Verkürzung.}$$

Da man an der aufgeschriebenen Kurve den genauen Wert nicht direkt ablesen kann, habe ich den Wert von  $dA/dt$  als eine Funktion von  $A$  (die Größe der Kontraktion) im Koordinatensystem eingetragen. Die entsprechende Größe von  $A$  zu null von  $dA/dt$  ist der Wert der maximalen Verkürzung. Die jeweilige Verkürzung findet man, folgendermaßen: Man trägt  $\log. (\text{totale Verkürzung} - \text{Verkürzung in dem Zeitmoment})$  gegen Zeit (vom Moment der Entlastung gezählt) im Koordinatensystem ein. Der der Zeit null entsprechende Wert ist  $\log.$  einer augenblicklichen Verkürzung (Fig. 6).

Fig. 6.

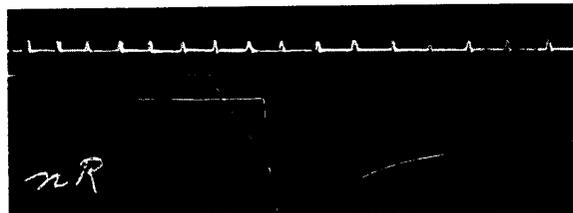
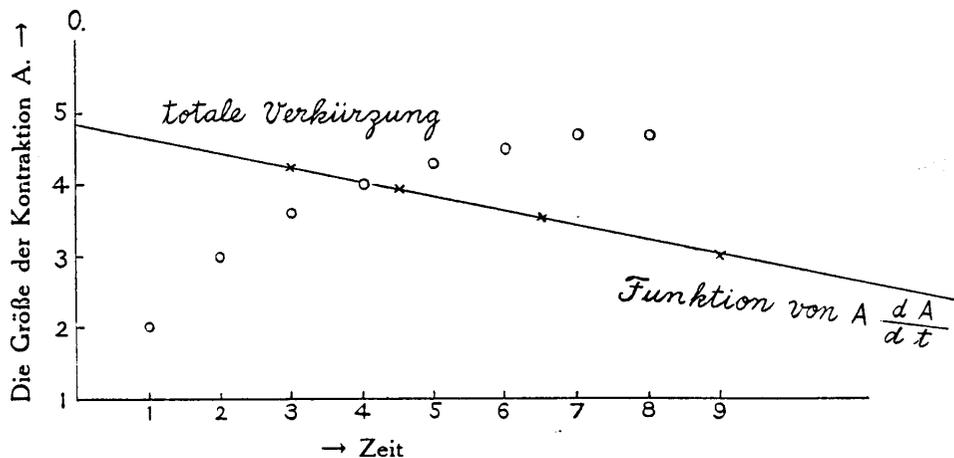


Tabelle 1. Fall 4 \* NR.



Froschmuskeln auf ihre Kontraktion.

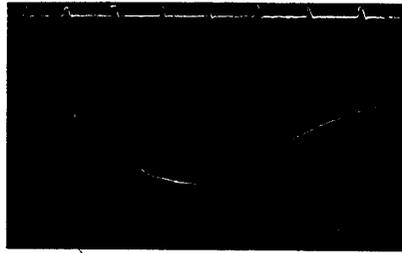
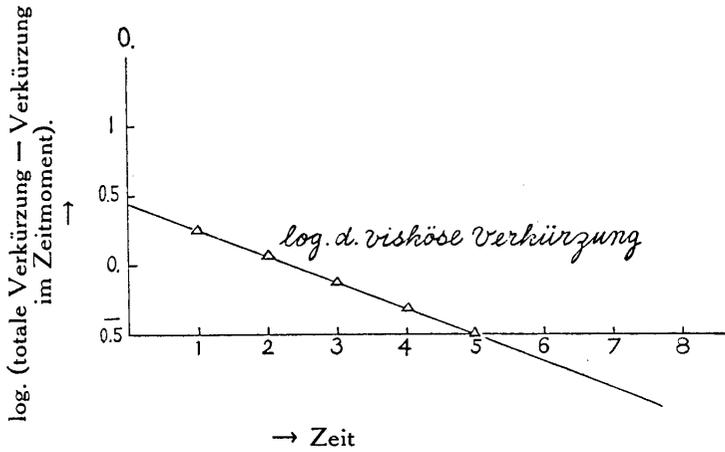
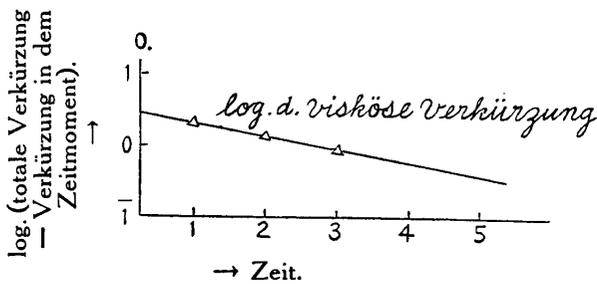
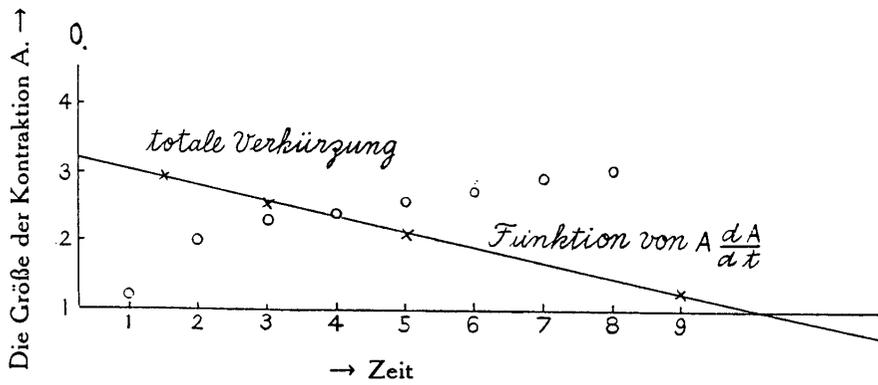


Tabelle 1. Fall 3. 2NR.



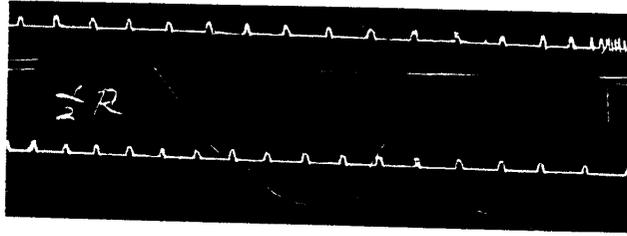
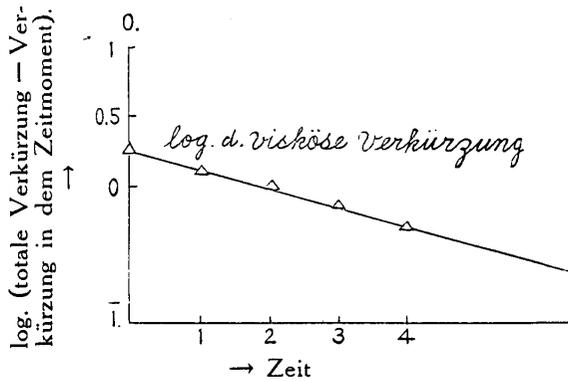
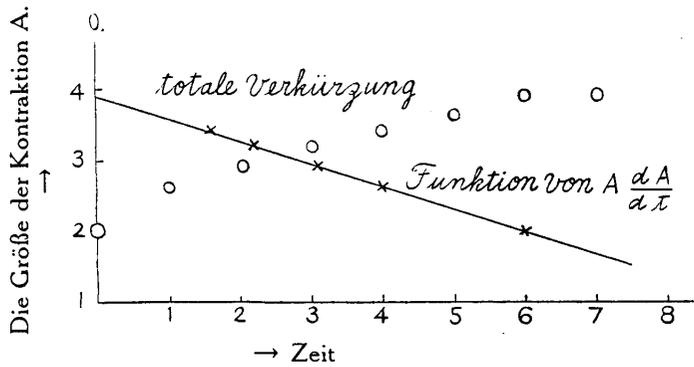


Tabelle 1. Fall 2  $\frac{1}{2}$ NR.



Resultat:

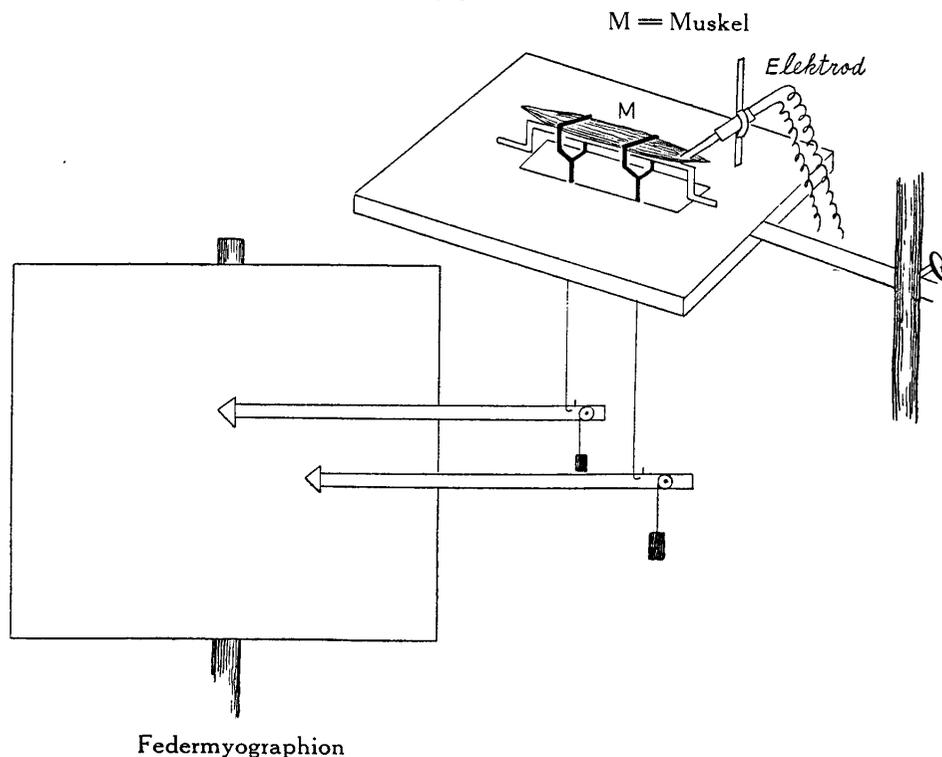
Tabelle 1.

Datum	Temperatur (in Ringer)	Fall	Badeflüssigkeit des Muskels	Viskositätskonstanz „R“
4/Juni	23°C	1	NR.	0.63
			NR.	0.72
			NR.	0.53
			$\frac{1}{2}$ NR.	0.37
			$\frac{1}{2}$ NR.	0.37
			NR.	0.75

Datum	Temperatur (in Ringer)	Fall	Badeflüssigkeit des Muskels	Viskositätskonstanz „R“
4/Juni	23°C	2	NR.	0.78
			1/2NR.	0.45
27/Mai	24°C	3	NR.	0.59
			2NR.	0.85
			NR.	0.665
5/Juni	22°C	4	NR.	0.58
			* NR.	0.58
			NR.	0.56
			2NR.	0.85
			2NR.	0.82
			NR. (nicht erholt)	0.86

Wie oben erwähnt, ist der Kontraktionsverlauf des Muskels im Doppel-Ringer langsam und im Halb-Ringer schneller. Daraus kann angenommen werden, daß die Leitungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle im 1/2R schneller und im 2R langsamer ist.

Fig. 7.



3) *Messung der Leitungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle.*

Als Material gebrauchte ich Semimembranosus des Frosches. Dieser Muskel wird auf einer horizontal gestellten schmalen Hartgummiplatte ausgespannt. Zwei Schreibhebel werden auf den Muskel gelegt (oder mit Bügeln angehängt), daß der eine Hebel möglichst nahe an der Reizstelle, der andere möglichst von ihr entfernt ist. Reizelektroden, welche aus Silberdrähten bestehen, werden an dem einen Ende der Platte angebracht. Das eine Ende des Muskels muß natürlich darauf gelegt werden (Fig. 7). Die Berechnung wurde wie üblich vorgenommen.

Resultat:

Tabelle 2.

Nr. des Frosches	Datum	Temp. (C)	L.M. (mm)	A.H. (mm)	D.Z./G.T. (mm)	Geschw. (Meter pro Sek.)	Ringer (Tauchzeit)
1	15/Juni	26°	32	24	0.55/130	5.67m/Sek.	in NR.
		"	"	"	0.9 /130	3.47m/Sek.	in 2NR. (20 min.)
2	20/Juni	24.5°	30	18	0.4 /130	5.85m/Sek.	in NR.
		"	"	"	9.5 /130	4.68m/Sek.	in 2NR. (5 min.)
		"	"	"	0.65/130	3.60m/Sek.	in 2NR. (10 min.)
3	21/Juni	21°	30	19	0.5 /120	4.56m/Sek.	in NR.
		"	"	"	0.45/120	5.07m/Sek.	in NR.
		"	"	"	0.8 /120	2.84m/Sek.	in 2NR. (10')
		"	"	"	"	"	" (12')
4	21/Juni	22.5°	32	22	0.75/120	3.52m/Sek.	in NR.
		"	"	"	1.0 /120	2.64m/Sek.	"
		"	"	"	0.35/120	7.54m/Sek.	in 1/2NR. (5')
		"	"	"	0.30/120	8.80m/Sek.	" (10')
		"	"	"	0.80/120	3.30m/Sek.	in NR. (10')
5	21/Juni	21°	28	20	0.85/125	2.94m/Sek.	in NR.
		"	"	19	0.4 /125	5.94m/Sek.	in 1/2NR. (10')
6	22/Juni	12°	27	19	1.0/130	2.28m/Sek.	in NR.
		22°	"	"	0.5/130	4.56m/Sek.	"

L.m. . . . . Das Länge des Muskels.

A.H. . . . . Der Abstand des Hebels.

D.Z. . . . . Der örtliche Unterschied in der Hebung des Hebels durch die Verdickung an den zwei Stellen des Muskels.

G.T. . . . . Die Geschwindigkeit der Trommel in 1 Sekunde.

Geschw. . . . . Leitungsgeschwindigkeit der Kontraktionswelle.

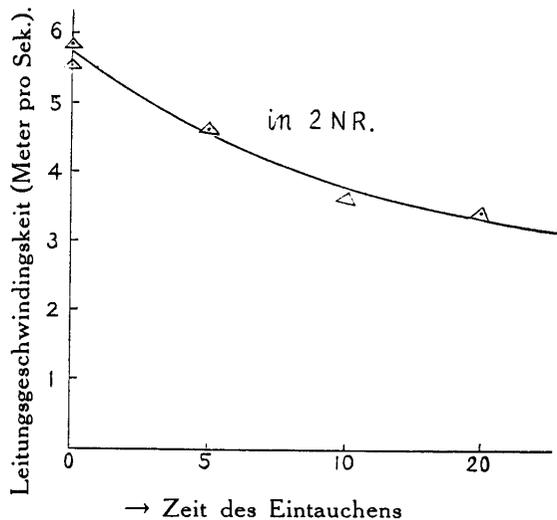
NR. . . . . Normalringer.

2NR. . . . . Doppel-Ringer.

1/2NR. . . . . Halb-Ringer.

Wie Tabelle 2 zeigt, vermindert sich in Doppel-Ringer die Geschwindigkeit (Graphische Darstellung in Fig. 8). Die asymptotische Kurve zeigt die allmähliche Entwässerung des Muskels. Die Daten über die Veränderung im Halb-Ringer unterliegen leider großen Schwankungen, aber die Vergrößerung der Geschwindigkeit ist unverkennbar.

Fig. 8.



### Schluß.

Im Jahre 1891 *Schafer*<sup>3)</sup> die mikroskopischen Veränderungen bei der Kontraktionsphase des einzelnen Muskelsegmentes mittels photographischer Aufnahmen eingehend studiert und dabei die interessante Tatsache festgestellt, daß in der anisotropen Schicht, der Faserrichtung entsprechend bis nahe zu der *Hensenschen* Mittelscheibe parallel nebeneinander liegende, äußerst feine Röhrrchen verlaufen, in welche die isotrope Substanz bei der Kontraktion hineinfließt, so daß das Lumen der Röhrrchen dadurch erweitert und das ganze Segment breiter und niedriger wird. Der ganze Vorgang der Kontraktion pflanzt sich nun blitzschnell von einem Muskelsegment auf das folgende und so weiter fort, so daß eine Kontraktionswelle durch sämtliche Teile der ganzen Muskelfaser läuft.

Die oben erwähnten Tatsachen stimmen genau mit dem physikalischen Gesetz und auch mit der Hypothese der Muskelkontraktion von *Schafer* überein. So vermindert die Vergrößerung des Wassergehaltes die innere Reibung bei dem Hineinfließen der isotropen

84 T. Seto: Einfluß d. Wassergehaltes d. quergestreiften Froschmuskeln usw.

Substanz in die Röhren der anisotropen Substanz. Die Zunahme der Geschwindigkeit der Kontraktionswelle und die Verkürzung der Kontraktionsdauer in dem wasserreichen Muskel ist die Folge der Verminderung der inneren Reibung. Ein ganz entgegengesetztes Ergebnis bekommt man bei dem Muskel, dessen Wassergehalt vermindert worden ist. Die Viskosität ändert sich entsprechend der Veränderung der inneren Reibung.

Über die Verminderung der Zuckungshöhe sowohl im 2NR. wie auch im 1/2NR. mittels einer Hilfhypothese werden wir bei anderer Gelegenheit näher eingehen.

Hier will ich nur die festgestellten Tatsachen kurz zusammenfassen.

1. Die Zuckungsdauer des Muskels wird im 2NR. verlängert und im 1/2NR. verkürzt.
2. Die Zuckungshöhe vermindert sich sowohl im 2NR. wie auch im 1/2NR.
3. Die Geschwindigkeit der Kontraktionswelle verringert sich im 2NR., vergrößert sich im 1/2NR.
4. Die Viskosität vergrößert sich im 2NR., vermindert sich im 1/2NR.

Zum Schluß halte ich es für meine angenehme Pflicht, meinen hochverehrten Lehrern Herrn Prof. Dr. S. Oinuma, Herrn Dr. K. Hayasi und Herrn Dr. H. Kosağa für ihre wohlwollende Freundlichkeit, mit der sie mir mit Rat und Tat zur Seite standen, meinen wärmsten Dank auszusprechen.

### Literatur.

<sup>1</sup> Urano, Leider konnte ich seine Mitteilung nicht finden. — <sup>2</sup> J. P. Bouckaert, L. Capelln and J. de Blende, Journal of physiology Vol. 69, 1930. — <sup>3</sup> Schafer, Zit. nach Max Verworn. Allgemeine Physiologie. 7. Aufl. 1930.