

232/53

# PFLÜGER'S ARCHIV

FÜR DIE GESAMTE

# PHYSIOLOGIE

## DES MENSCHEN UND DER TIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

**E. ABDERHALDEN**  
HALLE A. S.

**A. BETHE**  
FRANKFURT A. M.

**R. HÖBER**  
KIEL

*Sonderabdruck aus Band 207, Heft 2/3*

W

**F. Verzár und G. Kovács:**  
**Aktionsströme bei scheinbar tonischen  
Muskelkontraktionen beim Menschen**

| 12



BERLIN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER

1925

In „Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere“ können alle solche Forschungsergebnisse veröffentlicht werden, welche die Physiologie in ihrem weitesten Sinn als die Lehre von den Lebenserscheinungen zu fördern geeignet sind. Entsprechend den drei Hauptarten der methodischen Behandlung physiologischer Fragen wird die Herausgabe der Beiträge durch die drei unterzeichneten Herausgeber besorgt.

Das Archiv erscheint zwanglos, in einzeln berechneten Heften; 6 Hefte bilden einen Band.

Beiträge mit vorwiegend chemischer Fragestellung und Methodik sind an

*E. Abderhalden, Halle a. S., Physiologisches Institut,*

Beiträge mit vorwiegend physikalischer Fragestellung und physikalischer, operativer und rein beobachtender Methodik an

*A. Bethe, Frankfurt a. M., Theodor-Stern-Haus, Weigertstraße,*  
oder an

*R. Höber, Kiel, Physiologisches Institut,*

Beiträge mit vorwiegend physikalisch-chemischer Fragestellung und Methodik an

*R. Höber, Kiel, Physiologisches Institut*

zu richten.

Die von den Herausgebern angenommenen Arbeiten gelangen, mit dem Datum des Einganges versehen, so schnell wie irgend möglich zur Veröffentlichung, und zwar in der Reihenfolge des Einganges. Ausnahmen von dieser Reihenfolge können bei längeren Arbeiten, bei solchen mit technisch schwierigen Abbildungen und bei verzögerter Erledigung der Korrekturen durch den Verfasser eintreten. Die erforderlichen Abbildungen im Text und auf Tafeln werden im allgemeinen ohne Kosten für den Verfasser beigegeben.

Arbeiten, welche einen Vermerk des Autors „Kurze Mitteilung“ tragen, werden sobald als möglich außerhalb der Reihenfolge des Einganges abgedruckt. Ihr Umfang darf 4 Druckseiten nicht überschreiten; die Beigabe von Abbildungen ist nur in Ausnahmefällen angängig.

An Sonderdrucken werden den Herren Mitarbeitern von jeder Arbeit im Umfange von nicht mehr als 24 Druckseiten bis 100 Exemplare, von größeren Arbeiten bis zu 60 Exemplare kostenlos geliefert. Doch bittet die Verlagsbuchhandlung, nur die zur tatsächlichen Verwendung benötigten Exemplare zu bestellen. Über die Freiexemplarzahl hinaus bestellte Exemplare werden berechnet. Die Herren Mitarbeiter werden jedoch in ihrem eigenen Interesse dringend ersucht, die Kosten vorher vom Verlage zu erfragen, um spätere unliebsame Überraschungen zu vermeiden.

Die Herausgeber:

**Abderhalden.      Bethe.      Höber.**

**Verlagsbuchhandlung Julius Springer in Berlin W9, Linkstr. 23/24**

*Fernsprecher: Amt Kurfürst, 6050—6053. Drahtanschrift: Springerbuch-Berlin*

*Reichsbank-Giro-Konto u. Deutsche Bank, Berlin, Dep.-Kasse C*

Postscheck-  
Konten: { für Bezug von Zeitschriften und einzelnen Heften: Berlin Nr. 20120 Julius  
                  { Springer, Bezugsabteilung für Zeitschriften;  
                  { für Anzeigen, Beilagen und Bücherbezug: Berlin Nr. 118985 Julius Springer.

## Bedingungen zur Aufnahme von Arbeiten in Pflügers Archiv.

1. Kurze, prägnante, druckfertige Darstellung (in fehlerfreiem Deutsch) unter Weglassung eingehender literarischer Behandlung der Vorgeschichte. 2. Nebensächliches, Methodisches und Versuchsprotokolle (nur Einzelbeispiele) am Rande für Petittdruck anmerken. 3. Abbildungen an Zahl und Ausdehnung auf das Notwendigste einschränken und auf gesonderten Blättern einliefern. 4. Legenden zu den Abbildungen und Tabellen auf gesonderten Blättern. 5. Literaturangaben ohne Titel der Arbeiten, mit Angabe von Band, Seitenzahl und Jahreszahl als Fußnoten. 6. Rein theoretische, referierende und polemische Artikel sind unerwünscht. 7. Am Schluß der Arbeit eine kurze Zusammenfassung des Inhalts.

Die Herausgeber:

**Abderhalden.      Bethe.      Höber.**

*Inhaltsverzeichnis siehe III. Umschlagseite!*



# Aktionsströme bei scheinbar tonischen Muskelkontraktionen beim Menschen.

Von

F. Verzár und G. Kovács.

[Aus dem Physiologischen Institut der Universität in Debreczen<sup>1</sup>.]

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 8. September 1924.)

Inhalt:

- I. Kohnstamm'sches Phänomen.
- II. Die Wirkung lokaler Abkühlung auf dieses.
- III. Idiomuskuläre Kontraktion.

Die Aktionsströme bei Kontraktionen, die infolge ihrer langen Dauer als tonisch bezeichnet werden, sind oft untersucht worden. Trotzdem hat sich bisher keine einheitliche Meinung ausgebildet, wie sich der Tonus in elektrographischer Hinsicht verhält. Die bisher untersuchten Fälle sind meist pathologischer Natur, so die Enthirnungsstarre, katatonische Muskelstarre, Parkinsonismus, Tetanusstarre<sup>2</sup>).

Unter *physiologischen* Bedingungen verlaufende „tonische Kontraktionen“ sind die der Schließmuskeln der Teichschnecke, bei denen Fröhlich<sup>3</sup>) und H. H. Meyer keine Aktionsströme sahen. Beim Umklammerungsreflex des Frosches fand man früher auch keine Aktionsströme in den beständig kontrahierten Muskeln, während neuerdings Wachholder<sup>4</sup>) hierbei sehr seltene, etwa alle  $\frac{2}{5}$  Sek. auftretende Aktionsstromwellen beschrieb. Bei willkürlicher Verstärkung der Kontraktion nimmt die Wellenzahl zu, so daß es zu einem regelrechten Tetanus kommt. Nach seiner Ansicht ist man also nicht genötigt, einen aktionsstromlosen Tonus bei diesem Umklammerungsreflex anzunehmen. Doch muß ich bemerken, daß aus diesem Befund doch nicht hervorgeht, daß die tonische Kontraktion ihrem Wesen nach identisch mit einem Tetanus ist. Denn wenn man einen Muskel mit so seltenen Reizen (2—3 pro Sek.) reizt, so erhält man keine konstante, schwache Kontraktion wie hier, sondern einzelne Zuckungen. Diese konstant gespannten Muskeln müssen also dennoch in irgendeinem anderen Zustand sein als bei tetanischer Kontraktion bzw. im tonuslosen Zustand, wenn mindestens 16 Reize pro Sek. eine konstante Verkürzung bedingen.

<sup>1</sup>) Ausgeführt mit Unterstützung des ungarischen Komitees zur Unterstützung der wissenschaftlichen Arbeit, dem wir unseren besten Dank auch an dieser Stelle aussprechen.

<sup>2</sup>) Literatur siehe bei Spiegel, Zur Physiologie und Pathologie des Skelettmuskeltonus (Springer) und Lewy, Die Lehre vom Tonus und der Bewegung. Springer 1923.

<sup>3</sup>) Fröhlich und H. H. Meyer, Zentralbl. f. Physiol. **26**, 269. 1912.

<sup>4</sup>) K. Wachholder, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **200**, 511. 1923.

*Fujita*<sup>1)</sup> sowie *Ken Kure*<sup>2)</sup> haben beim motorischen Tonus des Skelettmuskels, ersterer speziell am Zwerchfell, gleichmäßige Oscillationen von geringer Amplitude gesehen, die als Ausdruck des Tonus betrachtet werden. Die Größe der Wellen könne durch Sympathicus und Vagus beeinflusst werden.

Vielleicht gehören hierher auch die Beobachtungen von *P. Hoffmann*<sup>3)</sup> sowie *Wachholder*<sup>4)</sup>, die bei vollkommener Muskelruhe menschlicher Muskeln einzelne Oscillationen sahen, die mit zunehmender Spannung an Zahl zunahmen, so daß eine Entscheidung zwischen Tonus und Tetanus nicht zu bringen war<sup>5)</sup>.

Bei der Atmungstetanie kommen ganz neuerdings *Dittler* und *Freudenberg*<sup>6)</sup> zu dem Resultat, daß der tonische Kontraktionszustand des Muskels ein aktionsstromloser Zustand ist. Trotzdem findet man oscillatorische Aktionsströme, die aber reflektorischer Natur seien, weil sie nach Novocainisierung des Muskels fortfallen. Diese Feststellung ist sehr wichtig und macht dieselbe Fragestellung bei allen Tonusformen nötig, wo Aktionsströme beschrieben sind, denn sie zeigt, daß oscillierende Aktionsströme eine sekundäre Begleiterscheinung des Tonus sein können. In dieser Richtung weisen auch die Befunde der Beeinflussung der Rhythmenzahl der Enthirnungsstarre durch zentripetale Reize, die von *Dusser de Barenne*<sup>7)</sup> beschrieben wurden.

Wenn man nur die jüngsten Veröffentlichungen überblickt, so findet man also als Ausdruck von Tonus teils keine, teils rhythmische, teils nur reflektorisch bedingte Aktionsströme angegeben. Es ist deshalb wünschenswert, weitere Erfahrungen zu sammeln, ehe man zu einer Entscheidung der Tonusfrage übergehen kann. Wir haben deshalb zwei Kontraktionsformen untersucht, die durch ihre nicht willkürliche Natur und relativ lange Dauer den Eindruck des Tonischen machen. Bei dem Mangel einer entsprechenden Definition des Tonusbegriffes lassen wir es aber ganz undiskutiert, inwiefern diese Kontraktionsformen tatsächlich mit anderen tonischen Kontraktionen in dieselbe Gruppe gehören.

#### *Die Kohnstammsche Nachbewegung.*

Die Nachbewegung<sup>8)</sup> besteht in einer nach einer starken Kontraktion unwillkürlich im selben Muskel auftretenden erneuten langsamen Kontraktion.

Als unsere Untersuchungen bereits weit fortgeschritten waren, erschien in diesem Archiv eine ausführliche Beschreibung der Erscheinung und Besprechung der Literatur von *Matthaei*<sup>9)</sup>, auf die wir hier verweisen.

<sup>1)</sup> *U. Fujita*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **203**, 472. 1924.

<sup>2)</sup> *Ken Kure* usw., Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. **26**, 28. 1922; nach *Fujita*, l. c. 7.

<sup>3)</sup> *Hoffmann*, Zeitschr. f. Biol. **73**, 247. 1921 u. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. 1913, Nr. 23.

<sup>4)</sup> *K. Wachholder*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **199**, 595 u. 625. 1923.

<sup>5)</sup> Auch hier gilt das über den Umklammerungsreflex oben Gesagte.

<sup>6)</sup> *R. Dittler* und *E. Freudenberg*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **201**, 182. 1923.

<sup>7)</sup> *Dusser de Barenne*, Skandinav. Arch. f. Physiol. **43**, 107. 1923.

<sup>8)</sup> *O. Kohnstamm*, Neurol. Zentralbl. 1915, Nr. 290.

<sup>9)</sup> *R. Matthaei*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **202**, 88. 1924.

Nach den Analysen der Erscheinung, die bisher vorliegen von *Kohnstamm*<sup>1)</sup>, *Rothmann*<sup>2)</sup>, *Csiky*<sup>3)</sup>, *Pinkhoff*<sup>4)</sup>, *Matthaei*<sup>5)</sup> scheint es sich bei der Nachbewegung um die Fortdauer subkortikaler tonischer Impulse zu handeln, die beim Aufhören der Kontraktion durch den Willen plötzlich gehemmt werden, bei Ausschaltung des Willens aber wieder erscheinen.

Wir untersuchten die Nachbewegung des *M. biceps*. Die Versuchsperson saß und hob mit dem rechten Arm ein Gewicht von 5 kg, wobei der Unterarm horizontal, im Winkel von 90° gegen den Oberarm gehalten wurde. Das Gewicht wurde 1 bis 1,5 Minute gehoben, was zu beträchtlicher Ermüdung führt. Dann wurde das Gewicht auf einen Schemel abgesetzt und der Arm erschlafft. Nach einer kurzen Pause tritt dann eine erneute, diesmal unwillkürliche Beugung des Armes ein, die häufig noch über die Größe der willkürlichen Beugung geht und langsam wieder aufhört.

Die Ableitung der Aktionsströme geschah mit Stahlnadeln, die in die Haut über dem *Biceps* eingestochen waren. Bestandströme, die sehr gering waren, wurden kompensiert. Zur Registrierung wurde das große Edelmannsche Saitengalvanometer mit einer Platinsaite von 8000  $\Omega$  Widerstand benützt.

Die Aktionsströme während der Nachbewegung des *M. deltoideus* und *biceps* sind bereits von *Pinkhoff* registriert worden. Er fand auch während der Nachbewegung oscillatorische Aktionsströme, die von der Willkürbewegung durch eine Pause getrennt sind, während welcher die Saite vollkommene Ruhe zeigt.

Wir haben die Nachbewegung an 15 Personen untersucht. Bei allen, bis auf eine, war die Erscheinung regelmäßig und deutlich. Bei dieser — einem gesunden Studenten, der die Erscheinung gut kannte und sich zweifellos Mühe gab, seine Aufmerksamkeit abzulenken — gelang es niemals, an keinem Muskel, eine Nachbewegung auszulösen und niemals erschienen auch die Oscillationen. Das Gegenstück zu diesem bildete ein anderer Student, bei welchem die Nachbewegung immer eine ganz ungewöhnliche Dauer hatte. Der Arm erhob sich bis auf 120° und blieb dann überhaupt in dieser Stellung und wurde nur durch einen Willkürimpuls wieder heruntergelassen. Bei einer Person sahen wir die Nachbewegung sich öfters wiederholen, wie das auch von anderen schon beobachtet ist.

Um den Verlauf der Nachbewegung im Elektrogramm zu markieren, hielt entweder ein Beobachter oder die Versuchsperson selbst

---

<sup>1)</sup> l. c.

<sup>2)</sup> *Rothmann*, Neurol. Zentralbl. 1915. 421.

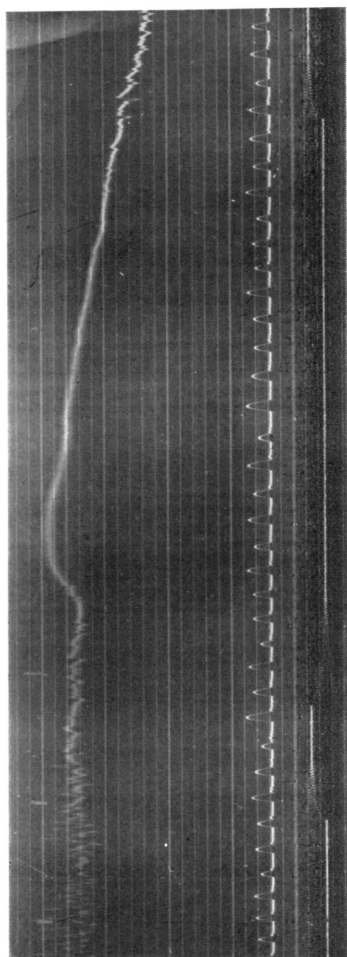
<sup>3)</sup> *Csiky*, Neurolog. Zentralbl. 20. 1915.

<sup>4)</sup> *Pinkhoff*, Arch. néerland. de physiol. de l'homme et des anim. 6, 516. 1922.

<sup>5)</sup> l. c.

in ihrer anderen Hand einen Kontaktschlüssel, der mittels eines elektrischen Signals neben dem Seitenbild registrierte. Das erste Zeichen zeigte den Anfang, das zweite die Höhe, das dritte das Aufhören der Nachbewegung an.

Die Erscheinung konnte bei 6 Personen fortlaufend registriert



Anfang -

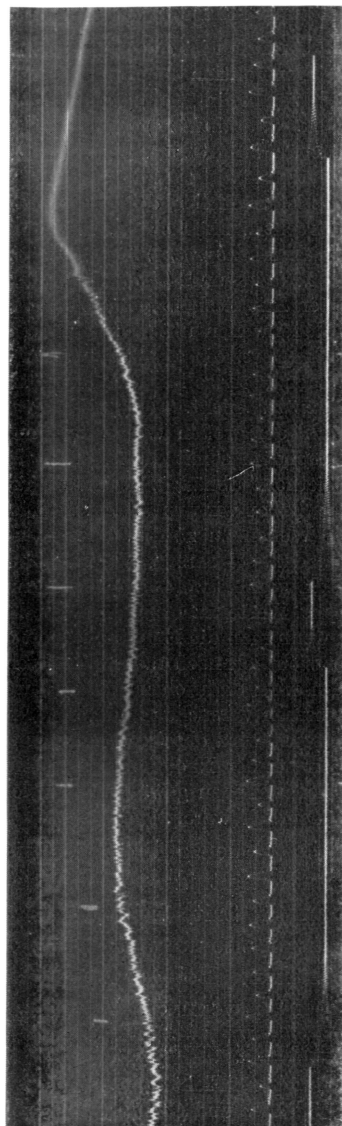
Abb. 1 a,

Ende der Willkürbewegung

*Eig*

*Z*

*R*



Höhe

Abb. 1 b,

Ende des Phänomens

*Eig*

*Z*

*R*

werden. In Abb. 1 geben wir die Kurve eines solchen Versuches bei langsamer Registrierung und wenig gespannter Saite. Sie ist eine

Bestätigung der von *Pinkhoff* registrierten Kurven. Man sieht nach dem Aufhören der Bewegung die stromlose Pause. Dann beginnen einzelne Stromstöße. Beim dritten Signal ist die Erscheinung ganz ausgebildet. In Abb. 2 und 3 sind Ausschnitte aus ebensolchen Aufnahmen wiedergegeben.

Bekanntlich ist die Frage nach der Zahl der Aktionsstromwellen bei willkürlicher Kontraktion menschlicher Muskeln ein Gegenstand lebhafter Diskussion. *Piper*<sup>1)</sup> zählte im Durchschnitt 50—60, *Dittler* und *Günther*<sup>2)</sup> 150—180 Wellen pro Sek. *Wachholder*<sup>3)</sup> nimmt zuletzt einen vermittelnden Standpunkt ein: er zählt etwa 50 große Wellen (A-Rhythmus) und daneben 160 kleine Wellen (B-Rhythmus).

Es ist zweifellos, daß das Auszählen eine höchst unsichere Sache ist und daß es oft recht willkürlich ist, was man zum A- und zum B-Rhythmus rechnet, wie das auch *Altenburger*<sup>4)</sup> bemerkt.

*Henriques* und *Lindhard*<sup>5)</sup>, die auch 40—65 Wellen zählen, äußern sich in jüngster Zeit deshalb geradezu so, daß es rein willkürlich sei, zwischen Haupt- und Nebenwellen unterscheiden zu wollen (l. c., S. 16) und ähnlich auch *Forbes* und *Rapplee*, die auch etwa 50 Wellen zählen.

Nach *Piper* soll bei der Ermüdung die Zahl der Wellen abnehmen, nach *Dittler* und *Günther* nicht. Nach *Altenburger* scheint beides insofern richtig zu sein, als die Zahl der großen Wellen tatsächlich abnähme, jene der kleinen aber nicht.

Nachdem somit die Zahl der Wellen sehr von der Saitenspannung und der Zählmethode abhängt, besonders auch die Bestimmung, ob Haupt- oder Nebenwellen, haben wir uns entschlossen, einfach alle als besondere Zacken unterscheidbaren Wellen zu zählen, ohne zwischen diesen Arten zu unterscheiden. Es ist sicher, daß bei derselben Person, bei der mit entspannter Saite etwa 40 Wellen pro Sek. gezählt werden, mit gespannter Saite und rascher Registrierung 3—4 mal so hohe Werte zu erhalten sind. Man wird dabei auf den Gedanken gebracht, daß, wenn man die Empfindlichkeit des Instrumentes noch weiter steigern könnte, voraussichtlich noch mehr Einzelwellen auszählbar wären. Die absolute Zahl der Wellen wird dadurch zu einem durch die Methode beeinflussten relativen Wert. Bei unseren Versuchen konnten wir nicht über eine gewisse Saitenspannung gehen, denn sonst wird das Galvanometer so unempfindlich, daß es die kleinen Schwankungen bei der Nachbewegung nicht mehr registriert. Wir haben deshalb solche Saitenspannungen gewählt, bei welchen diese kleinen Wellen der Nachbewegung noch deutlich waren.

Die Wellenzahl der willkürlichen Muskelkontraktion war unter diesen Verhältnissen bei 6 Versuchspersonen 35—63 pro Sekunde. Mit gespannter Saite bekamen wir aber Werte bis zu 112 pro Sekunde. Man kann also nur unter ganz gleichen Bedingungen registrierte Kurven vergleichen. Bei der Ermüdung schien die Zahl der Wellen abzunehmen<sup>6)</sup>; wenn die Versuchsperson das Gewicht absetzte, so traten stoßweise Wellengruppen auf, was dem von *P. Hoffmann* beim Nach-

1) *Piper*, Elektrophysiologie menschlicher Muskeln.

2) *Dittler* und *Günther*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.

3) *K. Wachholder*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **199**, 595. 1923.

4) *Altenburger*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **202**, 644. 1924; s. dort die ältere Literatur.

5) *Henriques* und *J. Lindhard*, Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **200**, 11. 1923.

6) Siehe hierzu den Einwand von *Henriques* und *Lindhard*, l. c. S. 21.

lassen der Verkürzung, und von *Wachholder* bei geringerer Spannung beobachteten periodenweisen Verschwinden und Wiederauftreten der Aktionsströme entspricht.

Der Willkürbewegung folgt, wie erwähnt, erst ein vollkommen aktionsstromloses Stadium. Dann beginnen zuerst vereinzelt, dann gruppenweise, endlich aber in voller Zahl, Oscillationen, die zwar bedeutend kleiner als die während der Willkürverkürzung, immerhin aber sehr deutlich sind und langsam seltener werden, sowie die Nachbewegung verschwindet. Die Zahl der Wellen war in den meisten Fällen geringer als während der Willkürkontraktion. Wir haben bei verschiedenen, mit verschiedener Saitenspannung registrierten Versuchen die folgenden Zahlen gefunden:

Tabelle 1.  
*Wellen pro Sek. (Mittelwerte).*

Nummer	Versuchsperson	Willkürliche Kontraktion	Nachbewegung	Saitenspannung
1	K. G.	36	30	mittelstarke Spannung
2	„ „	40	35	
3	„ „	70	75	
4	„ „	70	57	
5	„ „	103	48	
6	K. L.	43	27	große Spannung
7	Gy. L.	37	25	
8	J. J.	35	35	
9	„ „	48	53	
10	„ „	59	38	mittelstarke Spannung
11	„ „	45	47	
12	B. B.	36	32	
13	„ „	58	55	
14	„ „	63	51	

Gelegentlich fanden wir während der Nachbewegung ebensoviel oder mehr Wellen. Vielleicht hat in diesen Fällen eine Willkürbewegung die Nachbewegung gestört.

Im allgemeinen scheint die Nachbewegung aber eine geringere Wellenzahl zu haben. Doch müssen wir bemerken, daß, nachdem die Wellen hier niedriger sind, es denkbar ist, daß auch bei gleicher Zahl von Impulsen weniger Wellen zählbar sind. Diesen Einwand können wir nicht widerlegen. Nachdem die Nachbewegung mit geringerer Spannung (ohne Belastung) ausgeführt wird, kann dieses Resultat in Übereinstimmung gebracht werden mit der Erfahrung, daß bei stärkerer Anstrengung die Wellenzahl zunimmt. Man wird also aus der Differenz der Phasenzahl nur mit Vorbehalt die Ansicht stützen können, daß die Nachbewegung ein andersartiger Vorgang ist als die willkürliche tetanische Kontraktion.

*Die Änderung der Wellenzahl bei Abkühlung.*

*Forbes* und *Rappleye*<sup>1)</sup> haben die wichtige Beobachtung gemacht, daß, wenn man die Unterarm- und die Fingermuskeln des Menschen abkühlt, die Zahl der Aktionsstromwellen, die auch bei ihren Versuchen rund 50 betrug, abnimmt und bei Erwärmung zunimmt. Sie haben daraus gefolgert, daß die Wellen den Eigenrhythmus des Muskels darstellen. *Wachholder* (l. c.) hält ohne diese Untersuchung zu erwähnen, es nicht für ausgeschlossen, daß der B-Rhythmus der Eigenrhythmus des Muskels ist, äußert sich aber doch nicht für diese Auffassung. Durch diese Versuche der amerikanischen Autoren ist aber bewiesen worden, daß der Aktionsstromrhythmus peripher beeinflusst wird (zumindest der von ihnen registrierte 50er Rhythmus), und auch *Cooper* und *Adrian*<sup>2)</sup> haben, trotzdem sie zu ganz anderen Folgerungen kommen, auch eine gewisse Beeinflussung des Rhythmus durch periphere Abkühlung gesehen.

Um einen Anhaltspunkt für die Frage zu bekommen, ob der (tetanischen) Willkürkontraktion und der (scheinbar tonischen) Nachbewegung wesensgleiche Prozesse zugrunde liegen, haben wir den Einfluß der Abkühlung auf die Wellenzahl bei dieser bestimmt. Zuerst wurde das E. G. der Nachbewegung registriert. Dann wurde der Biceps abgekühlt, indem, ohne die Elektroden zu entfernen, ein Eisbeutel aus dünnem Gummi aufgelegt wurde, den wir mit einer Binde so um den Oberarm banden, daß der ganze Biceps umgeben war. Die Armbewegung und Aktionsstromregistrierung war nicht gestört. Nach einer Viertelstunde wurde die Abkühlung unangenehm empfunden. Besonders geeignet war die Versuchsperson K. G., die von sehr gracilem Körperbau, ohne subcutanes Fettgewebe, einen ganz durch die Haut abtastbaren Biceps hatte und die Nachbewegung sehr deutlich gezeigt hat. Wir fanden bei dieser die folgenden Werte:

Tabelle 2.  
*Wellen pro Sek. (Mittelwerte).*

Versuchsperson	Willkürliche Kontraktion	Nachbewegung	Anmerkung
K. G. VI. 15.	103	48	ungekühlt
	72	39	12 Min. Kühlung
	65	38	25 Min. Kühlung
G. G. VI. 12.	70	57	ungekühlt
	61	46	10 Min. Kühlung

Als Beispiel sind in Abb. 2 und 3 Ausschnitte aus zwei nacheinander gemachten Versuchen mitgeteilt (K. G. VI. 15.). Der erste war ungekühlt, der zweite sogleich darauf mit 25 Min. langer Kühlung. Die Elektroden blieben dazwischen liegen. Saitenspannung und Registrierungsgeschwindigkeit blieb auch die gleiche. In Abb. 2 ist a ein Teil der Aufnahme während der 1½ Min. langen willkürlichen Hebung. Dann kommen Ausschnitte aus dem Aktionsstrom der Nachbewegung,

1) *A. Forbes* und *W. C. Rappleye*, *Americ. Journ. of Physiol.* **42**, 228. 1917.

2) *Cooper S.* und *E. D. Adrian*, *Journ. of Physiol.* **58**, 209. 1923.

b auf der Höhe, c gegen Ende, d ganz am Schluß derselben. Abb. 3: a und b sind am gekühlten Muskel während der Willkürkontraktion, c auf der Höhe, d gegen Ende, e ganz am Schluß der Nachbewegung aufgenommen.

Die Versuche führen uns also zu einer Bestätigung des Befundes von *Forbes* und *Rappleye*, indem sie zeigen, daß tatsächlich bei peripherer Abkühlung die Zahl der Aktionsstromwellen abnimmt.

Aber auch die Zahl der Wellen der Nachbewegung nimmt ab, und zwar etwa im gleichen Maße wie bei der Willkürbewegung. In Vers. VI. 15.

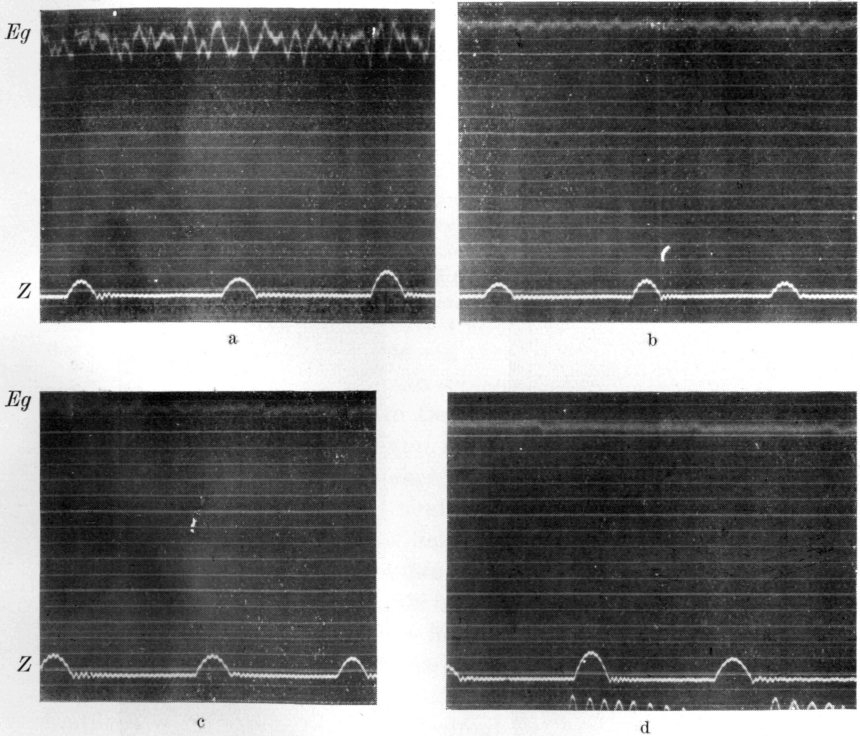


Abb. 2 a—d.

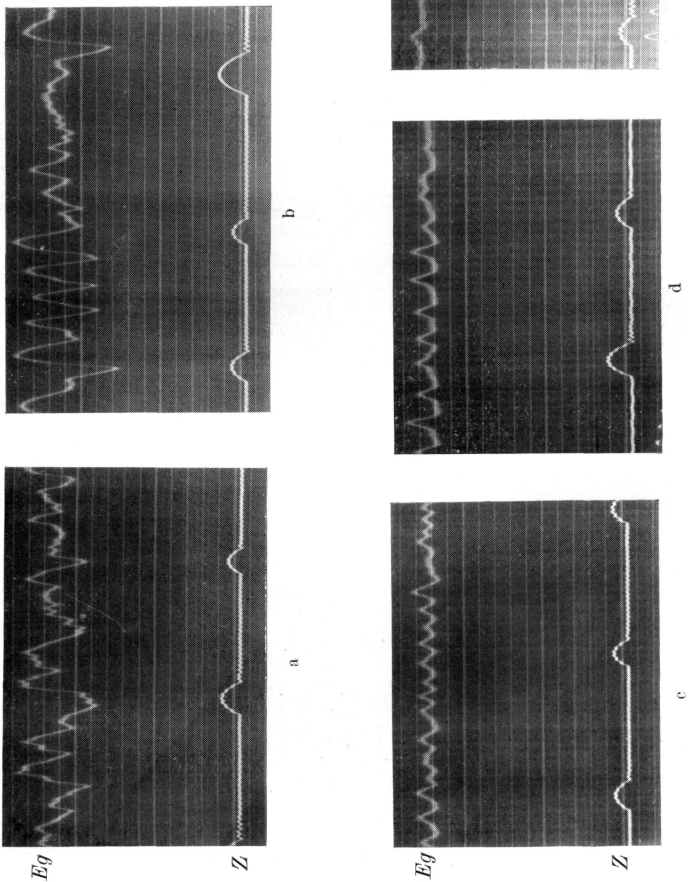
bei der Willkürbewegung — 26 %, bei der Nachbewegung — 19%, in Vers. VI. 12. bei ersterer — 13%, bei letzterer — 19%.

Auch bei der Kühlung zeigt es sich sehr deutlich, daß die Wellenzahl bei der Nachbewegung immer weit unterhalb der der Willkürbewegung bleibt. Mit demselben Vorbehalt wie oben kann man daran denken, daß die Nachbewegung etwas grundsätzlich anderes sein könnte als die Willkürkontraktion. Aber ebenso wie die Wellenzahl der Willkürbewegung demnach nicht der direkte Ausdruck der zentralen Impulse ist, sondern vom Muskel aus beeinflußt ist, so wird auch der

Rhythmus der Nachbewegung im Muskel beeinflusst, und es läßt sich aus ihm nicht auf die Zahl der zentralen Erregungswellen schließen. Die Wellenzahl sagt also auch nichts darüber aus, ob der Nachkontraktion eine andere Innervation zugrunde liegt als der Willkürkontraktion.

*Idiomuskuläre Kontraktion.*

Die idiomuskuläre Kontraktion, jener Muskelwulst, der bei direkter mechanischer Muskelreizung entsteht,



d  
Abb. 3.

ist neuerdings wieder von *Ebbecke*<sup>1)</sup> mit der (tonischen) Dauerverkürzung des Muskels in Parallele gesetzt worden. Er sieht in ihr den Aus-

<sup>1)</sup> U. *Ebbecke*, Skandinav. Arch. f. Physiol. **43**, 138. 1923.

druck der langsamen Kontraktionsart des Muskels, zu der dieser neben der raschen Zuckung noch befähigt ist (l. c. S. 144). Diese Dauerverkürzung entsteht unter dem Einfluß einer lokalen mechanischen Reizung und dürfte besonders vergleichbar sein mit der Aldehyd-Dauerverkürzung usw.<sup>1)</sup> Schon seit *Czermak*<sup>2)</sup> ist bekannt, daß der idiomuskuläre Wulst sich elektro-negativ verhält zum übrigen Muskel, was auch *Ebbecke* mittels Spiegelgalvanometer bestätigt.

Eine elektrographische Untersuchung mittels Saitengalvanometer scheint noch nicht vorgenommen zu sein, hat aber für die „Tonus“-Frage von obigem Gesichtspunkt aus Interesse. Die Ähnlichkeit zwischen der tonischen Nachkontraktion des Kohnstamm-Phänomens und dem idiomuskulären Wulst hat schon *Csiky*<sup>3)</sup> gefühlt, als er die Nachbewegung als eine den ganzen Muskel umfassende idiomuskuläre Kontraktion aufgefaßt hat.

Der Versuchsperson wurden über dem Biceps zwei Stahlnadeln in die Haut gestochen, die etwa 8 cm voneinander entfernt waren. Sie wurden durch Heftpflaster fixiert und mit leichten Drähten mit dem Saitengalvanometer verbunden. Zwischen beiden Nadeln wurde der Muskel mit Daumen und Zeigefinger umfaßt und „gekniffen“. Dabei entwickelt sich bei entsprechenden Versuchspersonen ein lange dauernder starker idiomuskulärer Wulst. Es ist nicht zu vermeiden, daß die mechanische Reizung „Deformationsströme“ durch die Verschiebung der Elektroden verursacht; langgestreckte Unregelmäßigkeiten des Seitenbildes sind der Ausdruck davon, die aber nicht mit Oscillationen zu verwechseln sind.

Im Reizmoment erhält man einen großen Ausschlag der Saite. Inwiefern in diesem neben dem Deformationsstrom noch ein Zuckungs-Aktionsstrom versteckt ist, kann man schwer entscheiden. Wesentlich ist, daß während dem Bestehen des idiomuskulären Wulstes auch Aktionsstromwellen zu sehen sind. Allerdings haben diese nur einen Rhythmus von 20 bis 30 pro Sekunde. Soweit man sich durch den Augenschein überzeugen kann, dauern sie etwa so lange, als der Muskelwulst sichtbar ist. Man könnte sie als den Ausdruck eines lokalen Tetanus auffassen. Eine weitere Möglichkeit ist jedoch, daß es „Deformations-Ströme“, bedingt durch die mechanische Erschütterung, die durch die Reizung hervorgerufen ist, sind. Das scheint nicht wahrscheinlich. Endlich könnten sie dadurch bedingt sein, daß der idiomuskuläre Wulst gegen die Enden des Muskels sich verbreitet und dabei Negativitätswellen über den Muskel fließen. Sichtbar sind diese mechanischen Wellen jedoch nicht. Endlich ist auf Grund der Befunde von *Dittler* und *Freudenberg* (l. c.) auch daran zu denken inwiefern vom Muskel ausgelöste reflektorische Einflüsse hier eine Rolle spielen. Die Entscheidung zwischen diesen Möglichkeiten behalten wir uns weiteren Versuchen an Tiermuskeln vor und betrachten diese am Mensch gemachten Erfahrungen nur als vorläufige.

<sup>1)</sup> Siehe die vorige Arbeit von *Verzár* und *Péter*.

<sup>2)</sup> Zit. nach *Ebbecke*, l. c.

<sup>3)</sup> *J. Csiky*, Neurol. Zentralbl. 1915, Nr. 20.

Abb. 4 zeigt die Erscheinung in einem typischen Fall. Dieselben Kurven wurden an insgesamt 3 Personen erhalten, die deutliche idio-

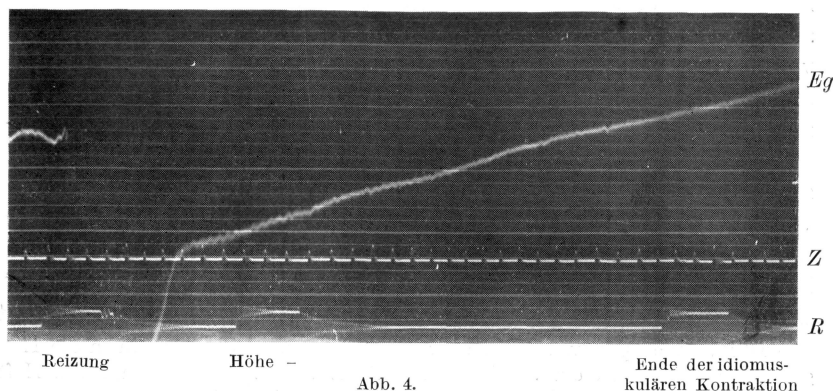


Abb. 4.

muskuläre Wulste hatten. Mit dem Signal wurde Anfang, Höhe und Ende des idiomuskulären Wulstes von einem Beobachter signalisiert.

Zusammenfassend können wir also feststellen, daß wir sowohl bei der Nachbewegung als bei der idiomuskulären Kontraktion oscillatorische Aktionsströme gefunden haben. Bei der ersteren ist ihr Rhythmus zwar verschieden von dem der Willkürinnervation, was aber verschiedene Ursache haben kann. Erstens könnten Zählschwierigkeiten vorhanden sein, indem niedrigere Wellen nicht bemerkbar werden. Oder es kann das durch die relativ schwächere Kontraktion bedingt sein. Endlich muß man nach der *Dittler-Freudenbergschen* Arbeit auch daran denken, daß auch reflektorische Einflüsse dabei eine Rolle spielen können. Auch dieser Rhythmus wird vom Muskel aus durch Abkühlung beeinflusst. — Auch vom idiomuskulären Wulst lassen sich rhythmische Aktionsstromwellen ableiten, die allerdings auch verschiedene Erklärungsmöglichkeiten zulassen. Es scheint besonders vom letzteren Beispiel aus wieder klar, daß der Nachweis oscillatorischer Aktionsstromwellen an sich noch nicht entscheiden kann, ob ein Vorgang „tonisch“ ist oder nicht<sup>1)</sup>.

#### Zusammenfassung.

1. Bei der Nachbewegung (Kohnstammsches Phänomen) findet man Aktionsstromwellen, deren Zahl etwa um 10–20% geringer ist als die bei der willkürlichen Muskelkontraktion.

2. Durch Abkühlung des Muskels wird sowohl die Zahl der Wellen der Willkürkontraktion als auch die der Nachbewegung vermindert.

3. Bei der idiomuskulären Dauerverkürzung des Muskels findet man (außer einem starken Saitenausschlag) unregelmäßige Oscillationen von etwa 20–30 per Sekunde.

<sup>1)</sup> Sehr richtig bemerkt das auch *Dittler und Freudenberg*, l. c.

1423-1967

	Seite
<b>Abderhalden, Emil.</b> Beitrag zur Frage der Möglichkeit der Re- und Transplantation von Augen. (Mit 1 Textabbildung) . . . . .	129
<b>Karplus, I. P., und Alois Kreidl.</b> Zur Kenntnis der Schmerzleitung im Rückenmark. II. Mitteilung . . . . .	134
<b>Hasebroek, K.</b> Neues zur Entwicklung des Schmetterlingsflügels, speziell nach dem Schlüpfen des Falters aus der Puppe. (Mit 8 Textabbildungen) . . . . .	140
<b>Wels, Paul, und Mathilde Osann.</b> Die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Hefezelle. (Mit 3 Textabbildungen) . . . . .	156
<b>Fraenkel, Marta, und Gempel Morita.</b> Versuche über die Wirkung von Contractursubstanzen an glatten Muskeln von Warmblütern. (Mit 7 Textabbildungen) . . . . .	165
<b>Masuda, Sogi.</b> Die ultramikroskopischen Vorgänge bei der Blutgerinnung von Warmblütern . . . . .	180
<b>Schüller, Heinrich.</b> Zur Kenntnis der Bedingungen der Gewichtsbeurteilung V . . . . .	187
<b>Verzár, F., und F. Péter.</b> Die Aktionsströme des Muskels bei der Aldehydkontraktion und ähnlichen Verkürzungen. (Mit 9 Textabbildungen) . . . . .	192
<b>Verzár, F., und G. Kovács.</b> Aktionsströme bei scheinbar tonischen Muskelkontraktionen beim Menschen. (Mit 4 Textabbildungen) . . . . .	204
<b>Abderhalden, Emil, und Ernst Wertheimer.</b> Studien über den Einfluß der Ernährung auf Zellfunktionen . . . . .	215
<b>Abderhalden, Emil, und Ernst Wertheimer.</b> Studien über den Einfluß der Ernährung auf die Wirkung bestimmter Inkretstoffe. V. Mitteilung. (Mit 8 Textabbildungen) . . . . .	222
<b>Abderhalden, Emil, und Hans Paffrath.</b> Beitrag zur Frage der Inkret-(Hormon-)Wirkung des Cholins auf die motorischen Funktionen des Verdauungskanales. I. Mitteilung. (Mit 3 Textabbildungen) . . . . .	228
<b>Abderhalden, Emil, Hans Paffrath und Hans Sichel.</b> Beitrag zur Frage der Inkret-(Hormon-)Wirkung des Cholins auf die motorischen Funktionen des Verdauungskanales. II. Mitteilung. (Mit 9 Textabbildungen) . . . . .	241
<b>Wertheimer, Ernst, und Hans Paffrath.</b> Beziehungen zwischen Permeabilität und Wirkung bei den Vertretern der Cholingruppe. (Mit 11 Textabbildungen) . . . . .	254
<b>Lurje, H. S.</b> Untersuchungen über die motorische Funktion des Dickdarms. I. Mitteilung. Die Einwirkung natürlicher chemischer Reizmittel auf die Bewegung des Dickdarms. (Mit 2 Textabbildungen) . . . . .	269
<b>Woronzow, S.</b> Wie schnell stellt der konstante Strom die Leitungsfähigkeit des mit einigen Salzen behandelten Nerven wieder her? (Mit 3 Textabbildungen) . . . . .	279
<b>Riesser, Otto, und Fritz Richter.</b> Weitere Beiträge zur Kenntnis der Erregungscontractur des Froschmuskels. (Mit 8 Textabbildungen) . . . . .	287
<b>Riesser, Otto, und Nagayoshi Heianzan.</b> Über den Mechanismus der Ammoniakcontractur und seine Beziehungen zum Lactacidogenumsatz im Muskel . . . . .	302
Kurze Mitteilungen:	
<b>Lueg, Werner.</b> Das Herzfenster . . . . .	314
<b>Lehmann, Hans.</b> Über den Willkürversuch du Bois-Reymonds . . . . .	316
<b>Fraenkel, Marta.</b> Rhythmische Kontraktionen an kontinuierlich gereizten Muskeln . . . . .	320
Berichtigung zur Arbeit W. R. Hess und K. v. Neergaard in Bd. 205, S. 506 . . . . .	322

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

Sobien erschien:

### **Die Theorie der Emulsionen und der Emulgierung.**

Von Dr. **William Clayton**, Schriftführer des Ausschusses für Kolloidchemie der „British Association“. Mit einem Geleitwort von Professor **F. C. Donnan**, Vorsitzender des Ausschusses für Kolloidchemie der „British Association“. Deutsche, vom Verfasser erweiterte Ausgabe von Dr. **L. Farmer Loeb**. 150 Seiten mit 18 Abbildungen.

7.80 Goldmark; gebunden 8.70 Goldmark

Sobien erschien:

### **Die Eiweißkörper und die Theorie der kolloidalen Erscheinungen.** Von

**Jacques Loeb** †, Mitglied des Rockefeller-Instituts für Medizinische Forschung, New York. 306 Seiten mit 115 Abbildungen.

15 Goldmark; gebunden 16.50 Goldmark

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

# Lehrbuch der Physiologie des Menschen

Von **Dr. med. Rudolf Höber**

o. ö. Professor der Physiologie und Direktor des physiologischen  
Instituts der Universität Kiel

Dritte, neubearbeitete Auflage

576 Seiten mit 256 Textabbildungen. 1922 · Gebunden nur 12 Goldmark

Um jedem Studierenden die Anschaffung dieses allbekanntes und ein-  
geführten Lehrbuches zu ermöglichen, ist der Preis vom Januar 1925  
ab von 18 Goldmark auf 12 Goldmark herabgesetzt worden.

**Praktische Übungen in der Physiologie.** Eine Anleitung für Studierende. Von Dr. L. A. S. h. e. r, o. Professor der Physiologie, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Bern. **Zweite, verbesserte und wesentlich vermehrte Auflage.** 274 Seiten mit 40 Abbildungen. 1924. 9 Goldmark

**Allgemeine Physiologie.** Eine systematische Darstellung der Grundlagen sowie der allgemeinen Ergebnisse und Probleme der Lehre vom tierischen und pflanzlichen Leben. Von A. v. T. s. c. h. e. r. m. a. k, o. ö. Professor, Direktor des Physiologischen Instituts der Deutschen Universität Prag.

Erster Band: Grundlagen der allgemeinen Physiologie.

I. Teil: Allgemeine Charakteristik des Lebens, physikalische und chemische Beschaffenheit der lebenden Substanz. IX und 280 Seiten mit 12 Textabbildungen. 1916. (Einzelne nicht mehr lieferbar.)

II. Teil: Morphologische Eigenschaften der lebenden Substanz und Zellulärphysiologie. XIV und Seite 285—796. Mit 109 Textabbildungen. 1924. 30 Goldmark

Beide Teile XIV und 796 Seiten in einem Bande gebunden 48 Goldmark

**Vorlesungen über Physiologie.** Von Dr. M. v. o. n. F. r. e. y, Professor der Physiologie und Vorstand des Physiologischen Instituts an der Universität Würzburg. 406 Seiten mit 142 Textfiguren. **Dritte, neubearbeitete Auflage.** 1920. 10.50 Goldmark, gebunden 13.30 Goldmark

**Kurzes Lehrbuch der physiologischen Chemie.** Von Dr. P. a. u. l. H. á. r. i, o. ö. Professor der physiologischen und pathologischen Chemie an der Universität Budapest. **Zweite, verbesserte Auflage.** 364 Seiten mit 6 Textabbildungen. 1922. Gebunden 11 Goldmark

**Physiologisches Praktikum.** Chemische, physikalisch-chemische, physikalische und physiologische Methoden. Von Geh. Med.-Rat Professor Dr. med. et phil. h. c. E. m. i. l. A. b. d. e. r. h. a. l. d. e. n, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. **Dritte, neubearbeitete und vermehrte Auflage.** 362 Seiten mit 310 Textabbildungen. 1922. 12.60 Goldmark

**Die Abderhaldensche Reaktion.** Ein Beitrag zur Kenntnis von Substraten mit zellspezifischem Bau und der auf diese eingestellten Fermente und zur Methodik des Nachweises von auf Proteine und ihre Abkömmlinge zusammengesetzter Natur eingestellten Fermenten. Von Professor Dr. med. et phil. h. c. E. m. i. l. A. b. d. e. r. h. a. l. d. e. n, Direktor des Physiologischen Instituts der Universität Halle a. S. (Fünfte Auflage der „Abwehrfermente.“) 378 Seiten mit 80 Textabbildungen und 1 Tafel. 1922. 13.25 Goldmark