

A r c h i v
für
pathologische Anatomie und Physiologie
und für
klinische Medicin.

Bd. 122. (Zwölfte Folge Bd. II.) Hft. 1.

I.

**Experimentelle Untersuchungen über die
Entstehung der Darmperistaltik.**

Von Dr. Carl Lüderitz in Berlin.

II. Abtheilung.

Die nachstehenden Mittheilungen bilden die Fortsetzung der im 118. Bande dieses Archivs veröffentlichten Untersuchungen über Darmperistaltik.

Nach Feststellung der Thatsache, dass Dehnung des Darmes mittelst eines Kautschukballons bei genügender Erregbarkeit des Organs eine dicht oberhalb des Ballons sich zeigende und ihn abwärts drückende Contraction der Ringmusculatur und weiterhin durch erneute, von immer tiefer gelegenen gedehnten Strecken ausgehende Reizung peristaltische Bewegung hervorruft, drängten sich naturgemäss folgende Fragen auf. In welchem Umfange kommt diese experimentell zu erzeugende Peristaltik bei den spontanen Darmbewegungen vor? Ist sie die einzige Art, durch welche der Darminhalt abwärts transportirt wird, oder giebt es ausserdem abwärts verlaufende Contractionen der Ringmuskeln, welche in anderer Weise vom Inhalt abhängig sind oder auch, ganz unabhängig von ihm, einer „automatischen“ Erregung ihre Entstehung verdanken?

Mit der Beantwortung der genannten Fragen beschäftigt sich die folgende Abhandlung. Als Versuchsthier diente auch dieses

Mal ausschliesslich das Kaninchen, die Untersuchung wurde, nach Betäubung der Thiere durch subcutane Aetherinjectionen, wie früher in einem, auf 38° C. temperirten Bade von 0,6 procentiger Kochsalzlösung vorgenommen. Die Zahl der für den vorliegenden Zweck benutzten Thiere betrug 34.

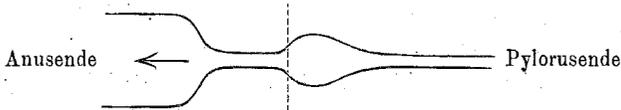
Um zunächst Aufschluss zu erhalten über die Frage, in welchem Umfange jener experimentell erzeugte Modus der Peristaltik bei den spontan auftretenden Darmbewegungen sich etwa nachweisen lässt, schien mir folgendes Verfahren geeignet. In ihrem ganzen Umkreise wurde die Darmwand auf eine schmale Strecke durch Quetschung zerstört, so dass an dieser Stelle der Hohlraum des Darmes für den Durchgang der Inhaltmassen frei blieb, in der Darmwand dagegen die organische Leitung unterbrochen war; alsdann wurde während längerer Zeit beobachtet, wie in der Gegend der Quetschung der Ablauf der Bewegungen sich verhielt. Am Dickdarm stets, mehrmals auch am Dünndarm, geschah die Quetschung mittelst einer schmalarmigen Pinzette; es ergoss sich dabei etwas Blut in die Darmhöhle, doch wurde dieselbe nicht sonderlich verengt, und beim Vorrücken von Inhalt in diese Gegend entfaltete sich das Organ und gestattete dem Inhalt freien Durchgang. Am Dünndarm bestand das Verfahren meist darin, dass durch einen Schlitz ein Glasrohr oder ein kleiner schlaffer Kautschukballon 6—8 cm weit in die Höhlung vorgeschoben und alsdann der Darm sammt dem Glasrohr bezw. dem ausgedehnten Ballon mittelst eines Fadens umschnürt wurde. Die Blutung war hierbei ganz unbedeutend oder fehlte völlig, die zerquetschte Stelle präsentirte sich als eine, die Darmwand durchsetzende, feine blutrünstige Marke. Der Schlitz wurde durch die Naht geschlossen. Allerdings wird hierbei der ganze Abschnitt des Darmes, an dem manipulirt wird, hyperämisch; bei genügender Sorgfalt jedoch ist er nach 10 bis 20 Minuten wieder von normaler Blässe, und die an ihm sichtbaren Bewegungen zeigen sich gegen die Norm nicht merklich verändert. Die Quetschung bezw. Umschnürung an sich hatten keine bemerkbaren Bewegungen zur Folge; auch contrahirten sich bei faradischer Reizung die pylorus- und afterwärts an den zerstörten Gewebsring dicht angrenzenden Darmpartien in der gewöhnlichen Weise und beiderseits etwa gleich kräftig,

und das Beschränktbleiben der Contraction auf die diesseits des Ringes gelegene gereizte Partie gab den Beweis, dass wirklich eine Leitungsunterbrechung der Darmwand bestand.

Da auch beim Kaninchen die spontan auftretenden Bewegungen im Allgemeinen wenig umfangreich, bisweilen nur am Duodenum und oberen Jejunum während einiger Zeit wahrzunehmen sind, so war bezüglich ihres Verhaltens in der Gegend gequetschter Stellen die Ausbeute keine grosse. Mehrmals aber hatte ich Gelegenheit, in dieser Beziehung auch ausgedehnte Peristaltik, durch welche reichliche Inhaltsmassen grosse Strecken weit befördert wurden, sowohl am Dünn- als am Dickdarm zu beobachten. Ausserdem wurden noch die postmortalen, gleich nach dem Erstickungstode auftretenden kräftigen Bewegungen, die von den normalen sich in nichts unterscheiden, in Betracht genommen. Das Ergebniss war folgendes.

Traten am oberen Abschnitte des Dünndarmes in der Gegend der Quetschung ringförmige Einschnürungen auf, so blieb eine $\frac{1}{2}$ —1 cm lange, oberhalb dieser Stelle befindliche Darmstrecke häufig, nicht immer, frei davon. Verengte sich eine längere, 1—3 cm lange, Darmstrecke, so ging die Verengung meistens nicht bis zur Stelle der Quetschung abwärts, sondern hörte etwas oberhalb derselben auf. Dagegen grenzte sie, wenn auf der abwärts befindlichen Strecke entstehend, nach oben hin häufig an dieselbe an, nahm häufig sogar hier ihren Anfang. Wurde eine grössere Menge flüssigen oder breiigen Inhalts abwärts getrieben, so war das beschriebene Verhalten noch mehr ausgesprochen: Die Ringmuskelperistaltik rückte nicht in gleicher Stärke bis an die gequetschte Stelle vor, sondern wurde meist in der Nähe derselben schwächer oder hörte etwa 1 cm oberhalb derselben ganz auf, ging dagegen abwärts dieser Stelle, nachdem sie etwa $\frac{1}{2}$ cm unterhalb, meist aber dicht an derselben, neu begonnen hatte, rasch und kräftig weiter. Am übrigen Dünndarm wurde nur das Verhalten weiterhin schreitender, viel Inhalt fortbewegender Peristaltik beobachtet. In einem Falle war die fortbewegte Masse sehr beträchtlich und die treibende Constriction verlief sehr rasch: hier schritt letztere über die zerstörte Stelle hinweg, als ob diese gar nicht vorhanden wäre. Bei weniger stürmischem Verlauf dagegen wurde sie, nachdem sich in der

Gegend der Quetschung der Darm durch den andrängenden Inhalt gleichmässig angefüllt hatte, hinter ihm herlaufend etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ bis 2 cm oberhalb jener Stelle langsamer und schwächer, schritt aber dann abwärts derselben, dicht an ihr oder einige Millimeter unterhalb neu beginnend, kräftig weiter; erst etwas später wurde auch die oberhalb befindliche Darmpartie stärker verengt. Die beigefügte Abbildung veranschaulicht diesen Vorgang.



In einigen Fällen, in denen die treibende Verengung noch langsamer verlief, verschwand dieselbe 1—2 cm oberhalb der gequetschten Stelle ganz, setzte sich abwärts derselben nicht fort. Ein ähnliches Bild wie in der Zeichnung sah ich ferner einige Male am oberen Dickdarm: nachdem durch Contractionen des Blinddarmes breiige Massen in diesen Darmtheil übergeführt waren und ihn in längerer Ausdehnung, auch an einer vorher dort angelegten Druckstelle, angefüllt hatten, machte die von oben her kommende Ringmuskelperistaltik 2 cm oberhalb der Stelle Halt und begann gleich darauf, weiter abwärts laufend, dicht unterhalb derselben von Neuem. Gerathen nach dem Tode des Thieres die im unteren Dickdarm befindlichen Kothballen in Bewegung, so bildet solche Stelle mitunter überhaupt kein deutliches Hinderniss, andere Male bewegt sich der Ballen daselbst langsamer oder kommt zum Stillstand.

Obgleich die Anzahl der Fälle, in denen ausgedehntere Peristaltik in ihrem Verhalten zu der künstlich gesetzten Störung beobachtet wurde, nur gering war, etwa 16 betrug, so lehren diese Fälle doch Folgendes. Wie bei der Dehnungsperistaltik, die man an erregbaren Darmstrecken mittelst eines Kautschukballons erzeugen kann, die Fortpflanzung der Welle nach unten durch wiederholte aufwärts verlaufende Erregungen entsteht, so lassen sich auch bei den spontan auftretenden Bewegungen, wenn durch sie grössere, den Darm mehr oder weniger ausdehnende Inhaltsmengen befördert werden, ähnliche, in der Darmwand aufwärts sich ausbreitende Erregungen nachweisen und sind

an dem Abwärtsschreiten der Welle betheiligt. Indessen ist die Mechanik des Vorganges hierbei doch viel weniger klar wie bei der Bewegung des Ballons oder eines Fäcalballens; man versteht nicht, weshalb an einer durch den Inhalt ausgedehnten längeren Darmstrecke die Verengung nicht sogleich auf der ganzen Strecke, sondern immer zuerst am oberen Ende derselben sich ausbildet.

Eine etwas genauere Betrachtung des am unversehrten Darm, besonders am oberen Dünndarm, bemerkbaren peristaltischen Spieles der Längs- und der Ringmuskeln macht nun in der That mit Erscheinungen bekannt, die darauf hinweisen, dass bei der Peristaltik die Contraction einer bestimmten Darmstrecke nicht, wie durch den Kautschukballon, immer erzeugt wird direct durch eine Wirkung des abwärts dieser Stelle nächstgelegenen Darm-inhalts, sondern dass sie, was von vorn herein wahrscheinlich war, auch auf andere Weise entsteht. Mit Bestimmtheit lässt sich dies sagen von jener Action der Längsmusculatur, die bisweilen als deutliche peristaltische Welle über eine längere, mehrere Centimeter, ja 1 Decimeter lange Strecke hin verfolgt werden kann. Als ähnliche Längsperistaltik enthüllen sich bei genauerem Zusehen nicht selten auch die bekannten pendelnden Bewegungen einzelner Darmschlingen, während in anderen Fällen von Pendelbewegung nur zwei von einander getrennte Stellen der Schlinge abwechselnd sich verkürzen und dadurch die letztere pendelnd verlagern. Wichtig ist ferner, dass die Action der Längsmuskeln einen ausgeprägt rhythmischen Charakter hat, und dass das Tempo des Rhythmus ein ziemlich bestimmtes, nicht überall am Darmtractus gleiches ist. So erfolgt am Duodenum und oberen Jejunum die Verkürzung und die sich anschliessende Wiedererschaffung des Darmes 19—22 Mal in der Minute, am übrigen Dünndarm und am Dickdarm nur etwa 12 bis 18 Mal. Auch an der Ringfaserthätigkeit ist der gleiche Rhythmus bisweilen wahrzunehmen. Werden am oberen Dünndarm die Längsmuskelcontractionen allmählich stärker, so gesellen sich ihnen, unmittelbar an das Maximum der Verkürzung sich anschliessend, an einzelnen Stellen schmale oder breitere Schnürringe hinzu, welche, bevor es zu ausgedehnterer, abwärts schreitender Verengung kommt, eine Zeit lang — 10—15 Se-

cunden und länger — in demselben Tempo wie die Verkürzungen wieder verschwinden und von Neuem sich ausbilden können. Es ist diese rhythmische Thätigkeit der Darmmuskulatur nichts Neues, sie ist auch von Untersuchern, die nach anderer Methode gearbeitet haben, beobachtet und beschrieben worden [so von Legros und Onimus¹⁾, von Bechterew und Mislawski²⁾], auch beim Menschen hat man Aehnliches nachgewiesen [W. Busch³⁾]. Aber gerade bei Untersuchung der Thiere im lauen Kochsalzbade lassen sich diese Bewegungen, die mitunter das Vorspiel bilden zu energischer, weithin fortgepflanzter Ringperistaltik, in anderen Fällen ohne ersichtlichen Grund wieder aufhören, klar überblicken und während längerer Zeit beobachten.

Es ist nun nicht einzusehen, wie dieselben nach Analogie der Ballonperistaltik durch Einwirkung des Inhalts auf den im Zustande erhöhter Erregbarkeit befindlichen motorischen Apparat zu Stande kommen können. Sondern die Erscheinungen sprechen dafür, dass auch unabhängig vom Inhalt oder in anderer als der eben erwähnten Weise von ihm abhängig die Erregung des Apparates denselben zu abwärts verlaufenden Contractionen der Längs- und der Ringmuskeln befähigt.

Um über diesen Punkt Aufklärung zu erhalten, beschloss ich, im Gegensatz zu dem früher gewählten Verfahren, bei welchem durch eine local beschränkte, vom Inhalt (Kautschukballon) ausgehende Wirkung Peristaltik erzeugt wurde, abgegrenzte Darmstrecken unabhängig vom Inhalt in stärkere Erregung zu versetzen und, was bisher nicht genügend geschehen ist, die dabei auftretenden Bewegungen zu beobachten.

Von den verschiedenen, für diesen Zweck zu Gebote stehenden Mitteln — wie Vagusreizung, Einführung gewisser den Darm reizender Substanzen in die Blutbahn, Kreislaufshemmung — wählte ich, als einfachstes und energisch wirksames, die Unterbrechung des Kreislaufs in einer bestimmten Strecke des Darmrohrs. An zwei Stellen wurde der Darm mit einem Faden

¹⁾ Legros et Onimus, Journal de l'anatomie et de la physiol. norm. et pathol. VI. Année. 1869.

²⁾ W. Bechterew und N. Mislawski, Archiv für Anat. und Physiol. Physiol. Abtheilung. 1889. Suppl.-Bd.

³⁾ W. Busch, dieses Archiv Bd. 14. 1858.

fest umschnürt, und nachdem etwaige Längsmuskelbewegungen, die eine Folge der bisweilen unvermeidlichen Berührung und Zerrung des Darmes sind, sich beruhigt hatten, wurde durch eine dritte Umschnürung das zugehörige Mesenterium sammt allen daselbst verlaufenden Nerven und Gefässen abgetrennt. Die Umschnürung des Darmes mit einem Faden hat, wie des Oefteren bereits erwähnt, keine bemerkbaren Erregungen zur Folge. Auch eine etwaige Reizung der im Mesenterium hinzuziehenden Gebilde durch Unterbindung desselben ist nicht ersichtlich: Der Darm bleibt ganz ruhig dabei. Die weiterhin in den abgetrennten Darmsegmenten auftretenden Bewegungen sind ganz wesentlich, wahrscheinlich ausschliesslich, die Folge der Sistirung des Kreislaufs. Die stark erregende Wirkung dieses Momentes ist seit lange bekannt; Krause¹⁾, Mayer und von Basch²⁾, van Braam-Houckgeest³⁾ besprechen sie, besonders A. Bokai⁴⁾ hebt die ausschliesslich peripherische, im Darne selbst gelegene Ursache der Erregung, wenn seine Gefässe mit dyspnoischem Blute gefüllt sind, hervor. Zu der Auffassung van Braam-Houckgeest's, dass am Zustandekommen der postmortalen, nach der Erstickung des Thieres auftretenden, oft überraschend lebhaften Bewegungen auch die Vagi theilhaftig seien, da nach der Durchschneidung dieser Nerven am Halse die postmortale Rollbewegung sich nicht zeige, sondern nur unregelmässige Rollbewegung in verschiedenen Abschnitten des Dünndarmes, möchte ich hier bemerken, dass auch bei unversehrten Vagis, wenn sich das Thier längere Zeit im Kochsalzbade befand, die postmortalen Bewegungen nicht selten nur von mässiger Intensität sind, und dass ich andererseits, nachdem beide Vagi am Halse durchschnitten waren, heftige, durch den ganzen Dünndarm verlaufende Rollbewegung, genau wie bei erhaltenen Vagis, beobachtet habe. Eine Theilnehmung des Vagus an der

1) A. Krause, Studien des physiol. Instituts zu Breslau. Herausgeg. von Heidenhain. II. Heft. Leipzig 1863.

2) S. Mayer und S. v. Basch, Sitzungsber. der Wiener Akad. der Wiss. Math.-naturw. Klasse. 62. Bd. 2. Abth. 1870.

3) van Braam-Houckgeest, Pflüger's Archiv für Physiol. Bd. VI. 1872.

4) A. Bokai, Archiv für experim. Path. u. Pharmak. Bd. 23. 1887.

Entstehung dieser Bewegungen scheint mir daher nicht erwiesen. Ferner sei noch bemerkt, dass die an abgetrennten Darmsegmenten wahrnehmbaren Bewegungen, die des Näheren gleich geschildert werden sollen, von gleichem Charakter sind wie diejenigen, die an doppelt unterbundenen, aber nicht im Mesenterium abgetrennten Darmstrecken, also bei anatomischer Integrität der Mesenterialnerven, nach der Erstickung des Thieres sich einstellen.

Zuvörderst wurden leere, vollkommen ruhig liegende Darmstrecken — und zwar, da der Dickdarm stets voller Inhalt war, Strecken aus den verschiedensten Höhen des Dünndarms — in der genannten Weise behandelt. Gleich nach dem Abbinden beginnen in der abgetrennten Strecke Bewegungen. Anfangs sind sie sehr schwach, mit zunehmender Cyanose der Strecke werden sie stärker und erreichen gewöhnlich erst nach einigen Minuten ihre grösste Intensität. Sie betreffen anfänglich allein die Längsmuskeln, erst später auch die Ringmuskellage. Charakter und Intensität der Bewegungen sind im Einzelnen verschieden, vor Allem kommt hierbei die Länge des gereizten Darmsegmentes in Betracht. Nimmt man ganz kurze, etwa 1 bis 3 cm lange Abschnitte, so gerathen die Ringmuskeln überhaupt fast niemals in Thätigkeit, sondern nur die Längsmuskellage zieht sich zusammen: auf der ganzen Strecke tritt etwas Verkürzung ein, und meist erfolgt rhythmisch, erst zunehmend, später wieder nachlassend, stärkere Contraction. Benutzt man längere Darmsegmente, 4 bis 6 bis 10 cm lange, so werden ebenfalls zu Anfang allein die Längsmuskeln in Erregung versetzt: erst ganz schwach, dann immer stärker verkürzen sie sich, im Ganzen wohl stärker wie bei den kurzen Segmenten, und rhythmisch, wie unter normalen Verhältnissen, wird die Schlinge hin und her gezogen. Gar nicht selten ist deutliche Peristaltik wahrzunehmen, in anderen Fällen verkürzt sich erst das obere, dann das untere Ende des Segments, während die Mitte desselben weniger theilhaft ist, in vielen Fällen übrigens ist an dieser rhythmischen Thätigkeit nichts von einem absteigenden Verlauf zu bemerken. Ausser den Längsmuskeln gerathen ferner die Ringmuskeln in Contraction. Durchaus nicht immer ist dies der Fall; selbst an 10 cm langen Strecken kann bisweilen, zumal

wenn das benutzte Darmstück dem Ileum entstammt, die Contraction ausbleiben, doch ist nicht zu verkennen, dass sie in den längeren Segmenten kräftiger und ausgedehnter auftritt als in den kürzeren. Sie beginnt mitunter schon eine halbe Minute nach Anlegung der Ligatur, meist aber erst nach 2—3 Minuten, auch noch später. Hervorzuheben ist nun, dass die Verengung des Darmes ausnahmslos zuerst auftritt am pyloruswärts gelegenen Theile des Segments, ja in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle (etwa 70 pCt.) am obersten, der Schnürstelle dicht angrenzenden Theile desselben, und von hier abwärts schreitend auf immer längere Strecken sich ausdehnt. Der gewöhnliche Vorgang ist der folgende. In demselben Rhythmus wie die Längsmuskeln, deren Thätigkeit sich allmählich gesteigert hat, und der stärksten Verkürzung derselben unmittelbar folgend, contrahirt sich, zuerst nur dicht neben der oberen Ligatur und dann mit jedem neuen Impulse von hier aus immer längere Strecken des Segments peristaltisch ergreifend, die Ringmuskellage, und die Contraction kann bis fast an das untere Ende der Strecke sich fortpflanzen. Oft ist sie mehr anhaltend, rhythmisch sich verstärkend. Allmählich, binnen Minuten, lässt darauf ihre Intensität wieder nach. Der Rhythmus ist derselbe oder etwas langsamer wie bei erhaltenem Blutkreislauf, 12—16 Mal in der Minute. Mitunter werden, während die Contraction abwärts schreitet, die oberen Partien wieder weiter, es laufen dann also peristaltische Wellen nach abwärts. Sie können unmittelbar an eine Längswelle sich anschliessen, so dass die Peristaltik sich in der von Exner¹⁾ gemuthmaassten, auch am normalen Darne bisweilen wahrnehmbaren Form darstellt, „dass sich erst die Längfasern, dann die Ringfasern contrahiren, und dass beide Contractionen so verlaufen, dass die der Längfasern immer um etwas voraus ist“. Von Einzelheiten sei noch erwähnt, dass, wenn die Verengung nicht am obersten Ende des Segments, sondern etwas abwärts von ihm beginnt, sie von hier aus sich oft nach beiden Seiten hin, mitunter auch wohl eine kurze Strecke nur nach oben hin ausbreitet, dass sie ferner an mehreren Stellen der oberen Hälfte des

¹⁾ S. Exner, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. 34. 1884.

Segments gleichzeitig beginnen kann; immer aber ist die Bevorzugung der oberen oder obersten Abschnitte und der von hier aus peristaltisch abwärts gerichtete Verlauf der Verengung deutlich. Ist das abgeschnürte Darmsegment länger als etwa 10 cm — die grösste Länge der benutzten Stücke betrug 20 cm —, so erscheint die erste Verengung meistens nicht ganz oben, sondern in der Mitte oder anderswo, vorwiegend in der oberen Hälfte des Stückes; mit zunehmender Ausbreitung entwickelt sich aber meist der weiter oben beginnende und nach unten hin gerichtete Verlauf, nicht selten befindet sich noch nach 15 bis 20 Minuten die ganze Strecke mit Ausnahme der untersten 2 bis 3 cm in leichter tonischer Ringcontraction. Der umgekehrte, am unteren Ende des Segments beginnende und aufwärts gerichtete Verlauf der Verengung würde in keinem einzigen Falle beobachtet.

Bevor ich auf die Deutung dieser Bewegungen eingehe, sei ferner mitgeteilt, wie dieselben an Darmstrecken, die mit dem normalen Inhalt gefüllt sind, sich darstellen. Der Charakter der Bewegungen ist ganz derselbe wie an leeren Darmstrecken, auch der Unterschied in dem Verhalten ganz kurzer und längerer Segmente ist der gleiche. Im Allgemeinen aber entstehen die Bewegungen rascher und sind kräftiger. Auch hier zwar, besonders am Ileum und zumal bei spärlicher Füllung, bleibt die Verengung bisweilen aus, dagegen gerathen die mit flüssigen Massen gefüllten oberen Partien des Dünndarms nach der mesenterialen Ligirung meist in recht lebhaftes Contraction, durch welche in Kurzem der ganze Inhalt am unteren Ende des Segments angestaut wird. Noch mehr tritt dies hervor, wenn schon vor der Unterbindung die Schlinge sich in leichter Längsbewegung befand. Beginnt an längeren Darmabschnitten die Verengung nicht blos oben, sondern auch an anderen Stellen der Strecke, so staut sich mitunter, spindelförmig sich anhäufend, die eingeschlossene Masse, bald aber löst sich distalwärts die Contraction, während sie oberwärts zunimmt und dadurch den Inhalt nach unten hin weitertreibt. Besonders erregbar zeigen sich gashaltige Partien, wie denn der erregende Einfluss der Darmgase schon von mehreren Autoren betont und von Bokai¹⁾ ge-

¹⁾ a. a. O.

nauer festgestellt worden ist. Befindet sich das Gas nur im unteren Abschnitte einer doppeltligirten Darmpartie, so entsteht die Verengung in der Regel hart oberhalb der gashaltigen Strecke, entweder hier zuerst oder doch deutlich getrennt von der am oberen Ende beginnenden, und treibt von hier aus den Inhalt nach unten. Man hat sich übrigens sowohl bei Untersuchung leerer, als besonders bei derjenigen gefüllter Darmabschnitte vorzusehen, dass man nicht durch Berührung derselben local die Erregbarkeit erhöht und dadurch den Ablauf der Bewegungserscheinungen modificirt. Es scheint dies selbstverständlich, ist aber besonders zu betonen. Während nemlich der normale, von sauerstoffhaltigem Blute durchströmte Darm für mechanische Reize nur wenig erregbar ist, indem er selbst auf starke Quetschung nur mit einer rein localen, auf die direct betroffene Stelle beschränkten Muskelcontraction antwortet und nur bei rasch geschehender Dehnung seiner Wand, und zwar auch dann nur bei bereits vorhandener starker Erregbarkeit, sich auf eine längere Strecke peristaltisch verengt, ist dies am cyanotischen, des normalen Stoffwechsels entbehrenden Darm anders: sind bereits mehrere Minuten seit dem Abbinden verflossen, so erzeugt sehr häufig, besonders an gefüllten Partien, der Druck der Pincette, mitunter schon leichter Fingerdruck, eine mehrere Centimeter lange Contraction der Ringmuskulatur, die entweder von der angegriffenen Stelle pyloruswärts oder von der oberen Ligatur ausgehend und dann abwärts verläuft, oder auch, keine bestimmte Richtung innehaltend, oberhalb jener Stelle sich ausbildet. In einzelnen Fällen war diese mechanische Erregbarkeit des Darmes noch 20 Minuten nach dem Abbinden nachweisbar.

Viel weniger als der Dünndarm wurde der Dickdarm durch die Kreislaufshemmung betroffen. Hier blieben gar nicht selten die abgetrennten, 4 bis 7 cm langen Segmente völlig unbewegt. Trat jedoch, was gewöhnlich der Fall war, geringere oder stärkere Bewegung auf, so begann sie nur sehr selten ziemlich gleichmässig an verschiedenen Stellen der Strecke, sondern fast stets, nur um Vieles langsamer als am Dünndarm, im oberen Abschnitt, und einige Male waren auch langsame rhythmische Ringmuskelwellen, die den Inhalt allmählich nach unten hin

drängten, wahrzunehmen. Mitunter gingen auch deutliche Längs-contractionen dem Beginn der Ringfaserthätigkeit voraus. An Abschnitten, wo der Inhalt die Form geballter Kothmassen hatte, bildete die Gegend eines Kothballens keine deutliche Anfangsstelle der Verengerung; erreichte jedoch letztere von oben her die durch den Ballen erweiterte Strecke, so trieb sie denselben dann meist weiter abwärts. Viel energischer wirkte, ähnlich wie am Dünndarm, die Anwesenheit von Gas bestimmend auf die Bewegungen ein.

Aus den mitgetheilten Versuchen ergibt sich zunächst als einfache Thatsache: die durch örtliche Unterbrechung des Kreislaufs gesetzte Erregung eines abgegrenzten Darinsegments erzeugt in demselben Bewegungen, welche der normalen Peristaltik ganz gleich sind. Für die Erkenntniss der Entstehung dieser Bewegungen ist aber von besonderer Wichtigkeit das Resultat, dass schon die Erregung völlig leerer Darmsegmente dieselben hervorruft. Es ergibt sich daraus, dass in der That, wie vermuthet wurde, die Peristaltik auch auf andere Weise als nach Analogie der Ballonperistaltik entsteht, dass auch, vom Inhalt ganz unabhängig, die gleichzeitig auf einer ganzen Strecke geschehende Erregung des motorischen Apparats denselben zur Ausführung peristaltischer Bewegungen veranlasst.

Eine weitere Aufgabe ist nun, diese Bewegungen, vor Allem die am meisten augenfällige Thatsache der absteigenden Verengerung des Darmes, zu erklären, sie wenigstens auf einfachere, dem Causalitätsbedürfniss mehr genügende Vorstellungen zurückzuführen. Der Versuch dazu ist im Folgenden gemacht.

Gegenstand der Reizung ist das, dem Blutkreislauf soeben entzogene und von allen nervösen Verbindungen mit dem übrigen Körper befreite, leere Darmsegment, als reizendes Agens können wir die in den Geweben sich anhäufenden Producte des Stoffwechsels ansehen. Es ist zunächst wohl mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dass die peristaltisch fortschreitende Contraction nicht auf directer Reizung der glatten Musculatur, auf Fortleitung der Erregung von Muskelfaser zu Muskelfaser beruht. Denn es lässt sich zeigen, dass andere — mechanische, elektrische, chemische — auf den Darm direct applicirte Reize,

wenn sie nach auf- oder abwärts fortschreitende Contractionen bewirken, immer dabei den Nervenapparat erregen, dass ferner, wenn nach dem Tode die spontane Peristaltik erlischt, auch die genannte künstliche Reizung keine fortlaufende Contraction mehr, sondern nur noch durch directe Muskelreizung eine, auch sonst bisweilen deutliche und bei galvanischer Reizung stets ausgeprägte, locale Zusammenziehung hervorruft. Das peristaltische Fortschreiten der Contraction entsteht also, so ist man wohl zu schliessen berechtigt, unter Vermittelung des Nervenapparates. Wenn dies aber der Fall ist, so ist weiter zu schliessen, dass dort, wo die Contraction zuerst auftritt, also am proximalen Ende des Segments, auch der Nervenapparat zuerst, d. h. früher als an anderen Stellen, erregt wird oder vielmehr, genauer ausgedrückt, zuerst die zur Muskelzusammenziehung ausreichende Grösse der Erregung erlangt, und dass diese Grösse der Erregung an anderen Stellen des Nervenapparates um so später erreicht wird, je mehr distalwärts dieselben gelegen sind. Da es nun ganz unzulässig ist anzunehmen, dass vor Beginn des Versuchs die Erregbarkeit der nervösen und musculären Elemente in den proximalen Theilen des Segments grösser ist als in den distalen, oder dass die dyspnoische Reizung an sich in jenen Theilen stärker wirkt als in diesen, so dürfte für das Zustandekommen der proximalwärts stärkeren Erregung des nervösen Apparats nur eine Möglichkeit bleiben: diese Erregung wird nicht bloß local durch die daselbst einwirkenden dyspnoischen Reize, sondern gleichzeitig durch Reize, die aus den distalen Abschnitten der Strecke aufwärts sich verbreiten, verursacht. Und in Verfolgung dieses Gedankens ergiebt sich: Indem eine längere Strecke des Nervenapparates dyspnoisch gereizt wird und indem alle, an den verschiedensten Punkten der Strecke dadurch bewirkten Erregungen sich gleichzeitig pyloruswärts ausbreiten und hier sich zu den vorhandenen summiren, erreicht diese Summe zuerst im oberen Abschnitte der Strecke und erst später in den mehr distalwärts gelegenen die zur Muskelcontraction genügende Grösse, es entsteht daher eine abwärts sich ausbreitende Verengung des Darmrohres. Das Ergebniss dieses Schlussverfahrens besteht somit in einer besonderen Verbindung folgender zwei Sätze:

1. Die bei dyspnoischer Reizung einer Darmstrecke an einer umschriebenen Stelle des nervösen Apparates entstehende Erregung bleibt nicht auf diese Stelle beschränkt, sondern verbreitet sich über eine pyloruswärts an sie angrenzende Strecke desselben.

2. Die zur Contraction der Ringmuskeln führende Erregung des nervösen Apparates kommt nicht durch einen einfachen Reizanstoss, sondern durch eine Summirung von Reizen zu Stande.

Zur Verständigung sei bemerkt, dass, wie aus dem Vorstehenden schon ersichtlich ist, unter Erregung des Apparates nicht bereits jener Zustand desselben, der direct sich auf die Muskelfasern fortpflanzt und dadurch Contraction derselben zur Folge hat, zu verstehen ist. Im Nervenapparat des Darmes scheinen eben, ähnlich wie in den grauen Massen der nervösen Centralorgane, die Vorgänge, die man als Zunahme der Erregbarkeit und als Erregung bezeichnet, von etwas anderer Beschaffenheit wie in einem einfachen Bündel von Nervenfasern zu sein. Ich werde daher, wie bisher schon geschehen, auch im Folgenden den mit Muskelcontraction verbundenen Zustand des Nervenapparates nicht einfach als Erregung, sondern durch einen entsprechenden Zusatz besonders bezeichnen.

Zur weiteren Begründung der vorhin aufgestellten Sätze dienen zunächst die Beobachtungen, die oben im beschreibenden Theile angegeben sind. Insbesondere wird auf die Thatsache, dass bei ganz kurzen Darmabschnitten die Ringmuskelcontraction ausbleibt, jetzt Licht geworfen. Die Summe der am oberen Ende der Strecke anlangenden Erregungen genügt eben nicht, um auch den Muskelapparat zu erregen. Dass bei den längsten der benutzten Darmsegmente, den 12 bis 20 cm langen, die Ringmuskelcontraction in der Regel nicht zuerst am oberen Ende, sondern anderswo sich zeigt, ist schwer mit Sicherheit zu deuten; vielleicht wird dies Verhalten dadurch verursacht, dass durch das Manipuliren beim Anstellen des Versuches oder auch ohne dies jene Stellen sich bereits in einem Zustande erhöhter Erregbarkeit befanden. Denn weiterhin ist es sehr wahrscheinlich und speciell die an gefüllten Darmabschnitten angestellten Versuche sprechen dafür, dass nicht allein die dyspnoischen Erregungen des Apparates sich zu einander summiren, sondern dass diese auch durch

Erregungen, die vom Inhalt des Darmes aus zugeleitet werden, einen Zuwachs erfahren. Denn gefüllte Darmabschnitte gerathen bei Kreislaufshemmung im Allgemeinen in stärkere Bewegung als leere. Besonders an gashaltigen Darmschlingen war dies deutlich; auch wenn vorher keine Spur einer Contraction der Ringmuskeln hier zu bemerken war, trat dieselbe rascher und energischer als an leeren Darmschlingen auf. Dabei zeigte sich ferner, dass die durch den gasigen Inhalt gesteigerte Erregbarkeit sich wesentlich auf die direct von ihm berührte Partie der Darmwand beschränkte, indem nach der Kreislaufshemmung die Verengerung zuerst, oder getrennt von der an der oberen Ligatur entstehenden, am oberen Ende des gashaltigen Abschnittes bemerkbar wurde. Allerdings ist hierbei nicht ausgeschlossen, dass die schon vorher bestehende gesteigerte Erregbarkeit nicht blos den Nervenapparat, sondern auch die Muskeln oder gar letztere allein betraf. Doch ist dieser Einwand nicht gültig bei folgendem Versuch. In eine 12 cm lange, doppelt unterbundene Darmschlinge wurde durch einen am unteren Ende angebrachten Schlitz ein kleiner, mit Gummischlauch versehener Kautschukballon, wie ich denselben in früheren Versuchen gebraucht habe, schlaff bis etwa in die Mitte der Strecke eingeschoben, sodann langsam aufgeblasen. Eine aufsteigende Constriction des Darmes blieb hierbei aus, und unterhalb sowohl wie dicht oberhalb des Fremdkörpers war die Darmwandung schlaff, collabirt. Wurde nun aber das Mesenterium der Schlinge unterbunden, so trat in der Regel, wenn nemlich die Dehnung des Darmes nicht zu gering war, die Constriction nicht blos am oberen Ende, sondern, getrennt von dieser, etwas früher oder später als sie, auch dicht oberhalb der durch den Ballon gedehnten Strecke auf, und die letztere Contraction ging von hier aus 1—2 cm aufwärts und gleichzeitig, den Ballon nach unten treibend, abwärts. Da wir am Darm eine Fortleitung der Erregung von Muskelring zu Muskelring nach unseren heutigen Kenntnissen nicht mehr annehmen können, so beweist dieser Versuch, dass ein an beschränkter Stelle bestehender nervöser Erregungszustand sich zu der dyspnoischen Erregung der ganzen Strecke örtlich summirt.

Von besonderer Wichtigkeit scheint mir, die Bewegungserscheinungen, welche wir bei umschriebener Reizung

der äusseren Oberfläche des Darmes und bei circumscript geschehender Dehnung desselben auftreten sehen, mit Rücksicht auf die vorgetragene Auffassung von der Entstehung der Peristaltik einer Prüfung zu unterziehen. Diese Bewegungsercheinungen, auf deren nähere Beschreibung ich hier nicht einzugehen habe¹⁾, sind für die verschiedensten Reize von im Wesentlichen gleichem Charakter und bestehen, was die Ringmusculatur anbelangt, in einer, etwa an der gereizten Stelle beginnenden, pyloruswärts verlaufenden Contraction²⁾. Dass auch hier der Nervenapparat nicht durch einen einfachen Reizanstoss, sondern durch eine Summe von Reizen erregt wird, ist ersichtlich aus der, nach der Stärke der Reize und nach dem jeweiligen Zustande der Erregbarkeit des Darmes, wechselnden, oft merkwürdig längen Zeit, welche vom Beginn der Reizung bis zum Eintritt der Muskelzusammenziehung vergeht. Während bei directer Reizung der Darmmusculatur eine solche Latenzzeit, vor Allem ein solcher Wechsel derselben, fehlt — zur Demonstration dieses Unterschiedes der directen und indirecten Muskeleerregung scheint mir besonders die Benutzung des constanten galvanischen Stromes geeignet —, beginnt die aufsteigende Constriction nach um so längerer Zeit, oft erst nach 8—10 Secunden, und ihr Verlauf ist im Allgemeinen um so langsamer, je schwächere Reize angewendet werden. Benutzt man faradische Ströme von geringer Intensität, so kann man von derselben Darmstelle aus bei kurzdauernder Einwirkung oft gar keine Contraction, bei wiederholter oder länger dauernder dagegen ausgedehnte aufsteigende Muskel-

1) Ueber chemische Reizung s. Nothnagel, dieses Archiv Bd. 88. — Mechanische Reizung: Lüderitz, ebendasselbst Bd. 118. — Faradische Reizung: Derselbe, ebendasselbst Bd. 119. — Galvanische Reizung: Derselbe, Pflüger's Archiv f. Physiol. Bd. 48.

2) Beiläufig sei erwähnt, dass ich auch am Magen von Kaninchen einige Male dieselbe Erscheinung beobachtet habe. Wenige Minuten nach dem Tode des Thieres entstand bei Reizung mit einem starken Inductionsstrom, wenn die (nahestehenden) Platinelektroden etwa auf die Mitte des Organs in der Nähe der grossen Curvatur aufgesetzt waren, eine schmale, den Magen an dieser Stelle ringförmig umgreifende Contraction, die in den nächsten Secunden noch eine kurze Strecke, $\frac{3}{4}$ —1 cm weit, das Organ in gleicher Weise verengend, in der Richtung nach der Cardia hin sich ausbreitete.

action hervorrufen. Der Nervenapparat der Darmwand verhält sich in dieser Beziehung also ganz ähnlich, wie andere nervöse „Centren“, z. B. wie das durch sensible Reizung zu Reflexbewegungen angeregte Rückenmark oder, nach den Untersuchungen von Bubnoff und Heidenhain¹⁾, die direct gereizten motorischen Centren der Hirnrinde.

Was den anderen Punkt, die Verbreitung der Erregung nach oben hin, anbelangt, so kann diese Verbreitung nicht deutlicher zum Ausdruck kommen, als es in der, an der gereizten Stelle beginnenden, aufsteigenden Verengung des Darmes geschieht, wie denn auch dies Phänomen schon früher von mir als der Ausdruck einer solchen eigenthümlichen Einrichtung des Nervenapparates gedeutet wurde. Und zwar lehrt die Betrachtung der Einzelheiten jener Verengung, dass nicht, wie es beim ersten Anblick wohl scheinen könnte, die Erregung im Nervenapparat immer erst dann weiter aufwärts schreitet, wenn abwärts die zur Wirkung auf den Muskel genügende Summe erreicht ist, sondern auch hier werden, wie bei der dyspnoischen Reizung, die Erregungen ganzer Strecken des Apparates gleichsam übereinander geschichtet. Denn nicht selten kann man beobachten, dass die Verengung in Gestalt einzelner Schnürringe auftritt, die durch uncontrahirte, erst später oder auch gar nicht sich verengende Darmstrecken getrennt sind; beweisend für jene „Schichtung“ scheint mir die Thatsache, dass bei schwacher faradischer Reizung mit zwei, in der Längsrichtung des Darmes mehrere Millimeter von einander abstehenden Platinelektroden die erste Ringmuskelcontraction in der Regel an der pyloruswärts gelegenen Elektrode sich ausbildet, was man noch überzeugender, als beim Kaninchen, am Darne von Meerschweinchen oder Katzen beobachten kann. Dass die Verengung des Darmes eine aufsteigende ist, zuerst also in der Nähe der direct gereizten Stelle auftritt, dürfte nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, dass die Ausdehnung der Verengung eine beschränkte ist, im Allgemeinen einen bis mehrere Centimeter beträgt, dass also die Erregung auf ihrem Wege nach aufwärts schliesslich erlischt, somit vermuthlich wohl in der Gegend der Anfangsstelle zuerst ihre höchsten Werthe erreicht. Genau frei-

¹⁾ Bubnoff u. Heidenhain, Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. 26. 1880.

lich entspricht der Anfang der Constriction nicht der direct gereizten Stelle, sondern sie beginnt sehr häufig einige Millimeter oberhalb derselben, ein Verhalten, dessen Zweckmässigkeit uns schwer einzusehen ist, das jedoch ohne neue Hypothese nicht gedeutet werden kann.

Die Verbreitung der Erregung nach oben hin anlangend, so ist ferner bemerkenswerth, dass bei gleich starker künstlicher Reizung (farad. Strom) die aufsteigende Constriction um so ausgedehnter ist, je erregbarer der Darm: an ruhigen, wenig gefüllten Darmschlingen erhält man, am besten bei gleichzeitiger Splanchnicus-Reizung — die man reflectorisch sehr einfach durch mässigen Druck auf das Parietalperitonäum erzielt, die Därme werden dabei blass und ganz ruhig —, eine bedeutend weniger ausgedehnte Constriction, als wenn man den gleichen Reiz auf Darmschlingen, die bereits in leichter Bewegung begriffen sind, oder gar auf den Darm des eben getödteten Thieres einwirken lässt. Das heisst: je höher die Erregbarkeit des Nervenapparates ist, um so länger ist die Strecke, über welche sich die durch einen Reizanstoss von bestimmter Stärke gesetzte Erregung nach aufwärts hin ausbreitet. Es steht dieses Verhalten mit den Ergebnissen der dyspnoischen Reizung, nach denen selbst an 10 cm langen Segmenten die Ringmuskelcontraction zuerst am Pylorusende auftritt, in völligem Einklang. Diese Ergebnisse würden weniger oder gar nicht verständlich sein, wenn die Weiterwirkung einer an umschriebener Stelle geschehenden Reizung stets etwa eine gleich lange Strecke weit sich vollzöge; wenn aber diese Strecke um so länger ist, je grösser die bereits vorhandene Erregung, so muss — bei Ausschluss etwaiger anderer, noch unbekannter Factoren — selbst in langen Darmsegmenten bei zunehmender Gesammtirregung das Maximum derselben immer schärfer am Pylorusende sich localisiren.

Wenn nun wirklich die absteigende peristaltische Contraction abgetrennter Darmstücke auf die beschriebene Weise zu Stande kommt, so müsste, wie man meinen sollte, eine ebensolche Bewegung sich auch dadurch erzeugen lassen, dass man von der Serosa aus die Reizung, etwa mit Natronsalzen, nicht an einer umschriebenen Stelle, sondern an einer längeren Strecke des Darmes vornimmt. Ich benutzte hierzu eine 10procentige Koch-

salzlösung und übertrug dieselbe mittelst eines feinen Haarpinsels auf eine aus dem Badewasser gehobene Darmschlinge, indem eine Strecke von 4—5 cm Länge mehrmals hintereinander möglichst gleichmässig einige Millimeter breit damit bestrichen wurde. War der benutzte Darmabschnitt vor dem Versuche in Ruhe, wenig oder gar nicht gefüllt, so trat die erste Einschnürung zwar mitunter am oberen Ende der gereizten Strecke auf, meist aber begann an mehreren Stellen der Strecke, etwa zu gleicher Zeit, Verengung, und eine absteigende Zusammenziehung war meist nicht deutlich. Die typische aufsteigende Constriction blieb natürlich stets aus. Wurde dagegen eine mit flüssigem Inhalt gefüllte Schlinge, deren glattere Oberfläche eine mehr gleichmässige Applicirung der Salzlösung gestattete, gewählt, zumal eine solche, die bereits leichte Contractions der Längsmuskeln zeigte, so schnürte sich in der Mehrzahl der Fälle der Darm zuerst an der oberen Grenze des Anstrichs zusammen, und die Verengung schritt von hier aus etwa 2 cm aufwärts und gleichzeitig bis an das untere Ende der gereizten Strecke, also 4—5 cm weit, nach unten hin. Wenn man bedenkt, dass die Versuchsordnung eine gleichmässige Benetzung mit der reizenden Lösung nicht zuliess, und dass ausserdem die Reizung sicherlich in viel brüskerer Weise vor sich ging als bei spontaner Erregung absterbender Darmabschnitte, so bildet das Ergebniss jener Versuche sicherlich keinen Einwand gegen die über die Entstehung der Peristaltik gewonnene Vorstellung, sondern ist vielmehr dieselbe zu unterstützen geeignet.

Es harmoniren somit, wie die vorstehenden Erörterungen gelehrt haben, die Ergebnisse der Reizung der äusseren Darmoberfläche, zumal der an umschriebener Stelle geschehenden Reizung, in vollkommener Weise mit den Folgerungen, zu welchen das bei der Kreislaufshemmung auftretende hauptsächlichste Bewegungsphänomen, die Ringmuskelperistaltik, Veranlassung gegeben hat.

Es würden nun ferner die sonstigen hierbei auftretenden Bewegungen zu erklären sein, dies ist jedoch nur in sehr unvollkommener Weise möglich. So fehlt für das rhythmische Auftreten der Ringcontraction jede Erklärung. Dieser Rhythmus ist, ganz wie bei den normalen Bewegungen, am meisten ausgeprägt

bei den wenig ausgedehnten Contractionen; bei den stärkeren, weit ausgedehnten wird er meist undeutlich, auch bleibt der Darm dann oft während längerer Zeit contrahirt. Es bedürfte ferner der Aufklärung, weshalb die Verengerung bald einfach absteigend, ohne sich dabei in den oberen Abschnitten zu lösen, in anderen Fällen als peristaltische Welle, also mit Nachlass der Contraction in den proximalen Theilen, auftritt. Nicht unwichtig ist in dieser Beziehung, dass man die verschiedensten Uebergänge zwischen den beiden Arten fortschreitender Constriction wahrnehmen kann; und Erwähnung verdient, dass man am stark erregbaren Darm der Katze einige Zeit nach dem Tode durch faradische Reizung eine von der gereizten Stelle aus sowohl aufwärts als abwärts sich ausbreitende Welle contrahirter Ringmuskeln erzeugen kann, während unter gleichen Verhältnissen der Kaninchendarm mit einer, hauptsächlich aufwärts, auch wohl auf eine längere Strecke abwärts sich verbreitenden, andauernden, also nicht als Welle fortschreitenden Contraction antwortet. Aber eine Erklärung dieses Verhaltens fehlt.

Was ferner die, mitunter allein wahrzunehmende, Action der Längsmuskellage betrifft, so scheint mir eine theilweise Deutung der Thatsachen hier möglich. Auch hier dürfen wir annehmen, dass die Bewegungen nicht durch directe Reizung der glatten Muskelfasern, sondern vom Nervenapparat aus entstehen, wofür einmal die Analogie mit den Ringmuskeln, sodann der nicht selten zu beobachtende, über den ganzen Darmabschnitt sich ausdehnende, peristaltische Ablauf spricht. Aus denselben Gründen ist es auch hier wahrscheinlich, dass, wie für die Ringmuskeln, die Reize im Nervenapparat sich summiren, ehe daselbst die zur Muskelaction genügende Erregung erreicht wird. Auch hier ferner scheinen im Nervenapparat die Reize sich leichter in der aufsteigenden Richtung als in der entgegengesetzten zu verbreiten, denn der peristaltische Verlauf der Verkürzung dürfte eine ähnliche Erklärung, wie sie für die Ringperistaltik gegeben, erfordern. Doch ist eine solche Verbreitung viel weniger deutlich als bei den Ringmuskeln, ja in einer sehr grossen Anzahl der Fälle ist überhaupt nichts davon zu bemerken: *die Action der Längsmuskeln kann gleich nach der Abschnürung des Darmes an jedem Theile desselben sich zeigen und sogar in den*

distalen Abschnitten kräftiger als in den proximalen auftreten. Auch das Ergebniss der an umschriebener Stelle von der Serosa aus geschehenden Reizung lässt sich hiermit ganz wohl vereinigen. Während hierbei die Ringmuskeln ausschliesslich oder vorwiegend pyloruswärts von der gereizten Stelle sich zusammenziehen, findet die Verkürzung des Darmes sowohl aufwärts als abwärts derselben statt. Zu weiteren Schlüssen jedoch reichen die vorhandenen Thatsachen nicht aus. Bemerkenswerth ist, dass (an abgebundenen Darmstrecken) die Thätigkeit der Längsmuskeln stets früher sich einstellt als die der circulären Fasern, ja dass die der letzteren ganz ausbleiben kann, während die Längsfasern in allen Fällen, und zwar schon ganz kurze Zeit — wenige Secunden — nach dem Abbinden des Darmes, in Contraction gerathen. Aehnliches sieht man auch bei anderen Arten der Reizung. Auch bei den spontanen Bewegungen des lebenden Thieres, wenn solche an vorher ruhigen Darmschlingen auftreten und allmählich sich steigern, gehen im Allgemeinen der Verengerung erst Verkürzungen und Streckungen, pendelnde Bewegungen, voraus, und das Gleiche ist der Fall, wenn durch den Reiz der Dehnung, durch grössere Mengen in das Darmrohr injicirter indifferenten Flüssigkeit, die Bewegungen angeregt werden. Auch bei circumscribter Reizung von der Serosa aus, nach meinen Erfahrungen besonders bei Benutzung von Inductionsströmen, sieht man Aehnliches; häufiger freilich ist von einer deutlichen Action der Längsmuskeln hier nichts zu bemerken, sondern es tritt nur aufsteigende Verengerung des Darmes ein. Wenn aber beide Muskelschichten in Thätigkeit gerathen, so geschieht dies an der longitudinalen stets früher als an der circulären Schicht. —

Als Resultat der vorstehenden, an die Beschreibung der Vorgänge, die am Darm nach Kreislaufshemmung zu beobachten sind, angeknüpften Erörterungen, ergeben sich somit folgende Sätze:

Der in der Darmwand gelegene excitomotorische Nervenapparat hat die Eigenschaft, dass er, durch einen Reiz beliebiger Art in Erregung versetzt, nicht blös an der direct von dem Reize betroffenen Stelle sondern ausserdem, je nach der Stärke des Reizes und nach dem Grade der vorhandenen Erregbarkeit in verschie-

dener Ausdehnung, auf einer pyloruswärts an jene Stelle angrenzenden Strecke erregt wird. Dies Aufwärtsfliessen der Erregung ist in ausgeprägter Weise nur für solche Reize deutlich, die zu einer Contraction der Ringmuskeln führen. Ausserdem vollzieht sich in dem Apparat, ähnlich wie in der grauen Substanz des Gehirns und des Rückenmarks, eine Summirung der Reizerfolge, wodurch ein allmähliches Anwachsen des Erregungszustandes bis zu der zur Muskelcontraction ausreichenden Grösse bewirkt wird. Eine an umschriebener Stelle geschehende Reizung des Nervenapparates bewirkt somit, wenn sie genügend stark ist, eine pyloruswärts eine Strecke weit sich ausdehnende, aufsteigende Verengung des Darmes. Geschieht dagegen, wie bei Sistirung der Blutcirculation in einem Darmsegment, die Reizung gleichmässig auf einer längeren Strecke des Apparates und im ganzen Umfang des Darmes, so tritt, durch stärkste Summirung der Erregungen am proximalen Ende des Segments, eine hier selbst beginnende und peristaltisch abwärts schreitende Contraction der Ringmuskeln ein, die bei Anwesenheit von Inhalt im Darm denselben an das untere Ende des Abschnittes treibt.

Eine weitere Frage ist, ob die beschriebene Einrichtung des Nervenapparates physiologischer oder gröberer, histologisch erkennbarer Natur ist. Ich halte Ersteres für wahrscheinlicher. Denn bei starker Erregbarkeit des Apparates bezüglich bei sehr grosser Intensität der auf die Serosa circumscript einwirkenden Reize verbreitet sich die Erregung, wie das Auftreten der Verengung lehrt, nicht nur nach oben, sondern auch eine kürzere Strecke von der gereizten Stelle aus abwärts. Uebrigens ist am lebenden Thiere, selbst bei den höchsten Graden der in der Norm vorkommenden Erregbarkeit, die aufwärts verengte Strecke stets ganz bedeutend länger als die kurze absteigend verengte. Von Interesse ist das schon mehrfach erwähnte Verhalten des Katzendarmes; während beim lebenden Thiere die verschiedenen auf die Serosa gebrachten Reize eine mehr oder weniger deutliche, aufsteigende oder oberhalb der gereizten Stelle auftretende

Verengerung hervorrufen, während gleich nach dem Tode des Thieres (Untersuchung in physiologischer Kochsalzlösung, Tod durch Erstickung) diese Bewegungen noch typischer ausgeprägt sind, verschwinden etwas später die dem Abfluss der Reize nach unten hin im Darm entgegenstehenden Hemmungen, und etwa 10 Minuten nach dem Aufhören der Athmung oder später geht die der Reizung folgende Ringmuskelcontraction nicht bloß aufwärts, sondern mit gleicher Kraft abwärts, und kann den ganzen Dünndarm, also aufwärts bis zum Pylorus, abwärts bis zur Bauhin'schen Klappe, durchwandern. Gewiss spricht ein solches Verhalten dafür, dass jene Hemmungsvorrichtung in einer feineren, molecularen Anordnung begründet, also „physiologischer“ Natur ist.

Wie dem auch sei, so ist der Nachweis dieser Einrichtung geeignet, die bisher unerklärte Thatsache, dass im Allgemeinen, und in der Norm stets, die Bewegungen des Darmes den Inhalt in der Richtung nach unten, nach dem After zu weiter befördern, dem wissenschaftlichen Verständniss näher zu bringen. Wir wissen, dass die Peristaltik sowohl durch den Inhalt des Darmes, als auch, unabhängig von jenem, durch nervöse, ausserhalb des Darmes entspringende Einflüsse angeregt wird. Wir sehen den normalen ganz gleiche Bewegungen bei Reizung des Darmes durch Kreislaufshemmung auftreten und können ihr Zustandekommen, insbesondere die Entstehung der für die Abwärtsbeförderung des Inhalts allein nothwendigen Ringmuskelperistaltik, ableiten aus einer besonderen Einrichtung des Nervenapparates. Es liegt daher die Annahme nahe, dass auch bei Reizung des Darmes durch die Inhaltmassen und durch nervöse Zuflüsse die Peristaltik auf die gleiche Weise in Gang gebracht wird. Aber noch fehlen ausreichende experimentelle Beweise. Auch im Folgenden bringe ich nur einen geringen thatsächlichen Beitrag.

Bezüglich der nervösen Einflüsse sei nur der gegenwärtige Stand der Frage kurz erwähnt. Allgemein anerkannt ist die erregende Wirkung, welche Reizung des N. vagus auf die Bewegungen des Dünndarmes hat. Auch dass dieser Nerv mit den glatten Muskelzellen des Darmes wohl nicht in derselben Weise verbunden ist, wie etwa die motorischen Nerven der Extremi-

täten mit ihren Muskeln, geht aus der relativ langen Zeit, die in der Regel vom Beginn der Reizung bis zum Bemerkbarwerden der Bewegungen vergeht, und aus der Verschiedenheit der Intensität derselben hervor. Schon aus den Versuchen von Kupffer und Ludwig¹⁾ ist dies ersichtlich, und Mayer und von Basch²⁾ weisen darauf hin, dass man hierbei an eine Summation von Reizen denken könne. Im Vergleich zu dem Vorgange der Vaguswirkung betont van Braam-Houckgeest³⁾ ferner die viel geringere Zeitdauer, die bei Splanchnicusreizung bis zum Stillstand der Gedärme vergeht. Doch über die Art, wie durch die erregende Wirkung die Peristaltik entsteht, ist nichts bekannt. Auch in der neuesten die Darmbewegungen behandelnden Untersuchung [von Bechterew und Mislawski⁴⁾] wird dieser Punkt nicht besprochen. Ja, es wird nicht einmal die Frage, ob diese in den Vagi zum Darm verlaufenden Fasern, wie man von vorn herein wohl annehmen möchte, das ganze, aus Längs- und Ringmuskeln bestehende motorische System des Darmes oder nur eine der beiden Muskelschichten erregend beeinflussen, von allen Untersuchern in gleicher Weise beantwortet. So zieht S. Ehrmann⁵⁾ aus seinen Versuchen den Schluss, dass der Vagus motorischer Nerv sei für die Ringfasern des Dünndarmes, dagegen die Thätigkeit der Längsfasern hemme, während umgekehrt der Splanchnicus auf die Längsfasern des Dünndarmes erregend, auf die Ringfasern hemmend einwirke. Da das ganze, zur Peristaltik zusammenwirkende Spiel der Längs- und Ringfasern auch an abgetrennten Darmsegmenten sich vollzieht, so ist zur Erzeugung desselben die Mitwirkung der zum Darm tretenden Nerven, zumal der Vagi und Splanchnici, nicht nothwendig; eine andere Frage freilich ist, ob nicht ausserdem noch Innervationsverhältnisse, wie sie Ehrmann angegeben hat, existiren. Aber ich halte diese Frage noch nicht für entschie-

1) C. Kupffer und C. Ludwig, Sitzungsber. der Wiener Akad. der Wiss. Bd. 25. Wien 1857.

2) a. a. O.

3) van Braam-Houckgeest, Pflüger's Archiv für Physiol. Bd. VIII. 1874.

4) a. a. O.

5) S. Ehrmann, Wiener med. Jahrbücher. Jahrg. 1885.

den. Die Ehrmann'schen Angaben stehen mit denen anderer Untersucher, welche bei Splanchnicusreizung Erschlaffung der Ring- und der Längsfasern [Pflüger¹⁾], bei Vagusreizung neben Verengerungen auch Pendelbewegungen, also Längsmuskelthätigkeit beobachtet haben [van Braam-Houckgeest²⁾], in thatsächlichem Widerspruch, und eine Klärung des Sachverhalts dürfte nur von weiteren Untersuchungen zu erwarten sein.

Was die zweite Frage, die Anregung der Peristaltik des Darmes durch den Inhalt, anbelangt, so lehrt die Beobachtung der annähernd normalen (im lauen Kochsalzbade zu sehenden) Darmbewegungen des Kaninchens, dass dieselben nur an Abschnitten, in denen sich Inhalt befindet, vor sich gehen, während leere Darmschlingen unbewegt sind. Ob aber die Bewegungen dadurch entstehen, dass der Inhalt mittelst der sensiblen Schleimhautnerven direct den Nervenapparat erregt und bei Afficirung einer längeren Schleimhautstrecke mit Hilfe der beschriebenen Einrichtung dieses Apparates zuerst am oberen Ende der Strecke Muskelcontraction hervorruft, ist noch besonders zu entscheiden. Das am Duodenum bei zunehmender Anfüllung desselben mit galligem Inhalt sichtbare und allmählich an immer tiefer gelegenen Darmabschnitten, wenn die Flüssigkeit dahin gelangt, auftretende Muskelspiel entspricht jener Vorstellung freilich vollkommen; immerhin ist es möglich, dass das wirkliche Geschehen verwickelter ist, als der angedeutete einfache Reflexvorgang.

Um zu erfahren, ob überhaupt auf letztere Art Peristaltik entsteht, verfuhr ich folgendermaassen: Eine 12—20 cm lange, möglichst leere Dünndarmstrecke wurde oben und unten unterbunden, das zugehörige Mesenterium lose mit einem Faden umschlungen, und in das Lumen des Darms, etwa in der Mitte der Strecke, die feine Canüle einer, mit concentrirter, durch Fuchsin roth gefärbter Kochsalzlösung gefüllten Spritze eingestochen. Nachdem die durch den Einstich hervorgerufene ganz beschränkte Muskelcontraction sich gelöst hatte, wurde die Mesenterialschlinge von einem Gehülfen zugeschnürt und gleich oder wenige Secun-

¹⁾ E. Pflüger, Ueber das Hemmungsnervensystem für die peristaltischen Bewegungen der Gedärme. Berlin 1857.

²⁾ van Braam-Houckgeest, Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. VI. 1872.

den nach Sistirung des Kreislaufs ein Quantum von $1-1\frac{1}{2}$ ccm der Kochsalzlösung injicirt. Trotz der starken Reizung des Darms entwickelte sich in 16 derartigen Versuchen 4mal die Ringfaser-contraction nur sehr langsam: die Lösung verbreitete sich durch die ganze Schlinge, und ganz allmählich bildete sich eine am oberen Ende beginnende und von hier sich weiter ausdehnende Verengerung. In den 12 anderen Versuchen dagegen schnürte sich sofort oder wenige Secunden nach vollendeter Injection der Darm oberhalb der rothen Flüssigkeit, und zwar nicht am Pylorusende der Strecke, sondern mehrere Centimeter von demselben entfernt — wie nachher die Besichtigung der Schleimhaut ergab, etwa an der oberen Grenze des roth gefärbten Abschnittes —, kräftig zusammen, und die Schnürung verlief bis ganz unten, die Flüssigkeit im untersten Abschnitt anhäufend. Dieser Vorgang ist wohl eindeutig. Die Contraction kann nicht durch die automatische Reizung bedingt sein, denn sie müsste dann viel weniger acut entstehen und viel träger, auch nicht sogleich bis an's untere Ende verlaufen. Auch jene 4 Versuche mit negativem Resultat scheinen mir kein Einwand zu sein gegen die Schlussfolgerung, dass in den anderen Versuchen die Peristaltik in der That auf die oben angedeutete Art ausgelöst wurde: also durch Schleimhautreizung Erregung des excitomotorischen Apparates, stärkste Summirung der Reize am oberen Ende der von der Lösung benetzten Strecke, hier daher Beginn der Verengerung, und weiterhin nach Abwärtstreibung der Flüssigkeit derselbe Vorgang von immer neuen Schleimhautflächen aus.

Die Möglichkeit also, dass auf die vermuthete Art durch vom Inhalt ausgehende chemische Reizung Peristaltik entsteht, dürfte hiermit erwiesen sein; ob die vom Inhalt durch chemische Reizung angeregte stets so entsteht, bleibt noch fraglich.

Auch die Fortbewegung grösserer, den Darm ausdehnender Inhaltsmengen — ich verweise auf die 1. Abtheilung dieser Untersuchungen und auf die ersten Seiten der vorliegenden Abhandlung — geschieht wohl auf die gleiche, vom Inhalt eingeleitete Weise, wenigstens ist der Inhalt ein auf diese Weise mitwirkender wichtiger Factor.

Um endlich zurückzukommen auf die am Eingang dieser Arbeit erwähnte Art der Peristaltik, die Fortbewegung eines

Kothballens oder eines im Lumen des Darmes ausgedehnten Kautschukballons, so ist dieser Modus in seiner Besonderheit jetzt besser verständlich. Hier ist die nach aufwärts zunehmende Summirung der von der Dehnungsstrecke ausgehenden Reize nicht deutlich, vielleicht auch in Wirklichkeit nur wenig vorhanden, es kann daher die bei Reizung längerer Strecken des Nervenapparates, wie bei Kreislaufshemmung, auftretende absteigende Verengung nicht zum Ausdruck gelangen; im Uebrigen aber ist der Vorgang derselbe wie der bei der Abwärtsbewegung chemisch reizenden Inhalts vorhin besprochene. —

Mit wenigen Worten sei noch der Frage der Antiperistaltik gedacht. Die vornehmste hier in Betracht kommende Thatsache, wohl die einzige, die jeder Kritik Stand hält, ist die von Nothnagel¹⁾ im Thierexperiment gemachte Entdeckung, dass stark reizende Substanzen (z. B. concentrirte Kochsalzlösung), wenn sie durch ein Klyisma oder sonstwie an irgend einer Stelle direct in das Darmlumen eingeführt werden, Erregungen hervorrufen, welche zu einer Fortbewegung der eingebrachten Flüssigkeit nicht bloß nach abwärts, sondern auch nach oben hin, also in antiperistaltischer Richtung; führen. Dass den älteren Angaben, welche das Vorkommen einer Antiperistaltik beweisen sollen, die genügende Beweiskraft fehlt, hat der letztgenannte Autor ausgeführt. Die neuerdings von Kirstein²⁾ mitgetheilten Versuche, speciell jene, in denen bei zwei Hunden längere Stücke des Dünndarms reseziert und in umgekehrter Lage in die Darmcontinuität wieder eingenäht wurden, ohne dass die Thiere nachher erbrachen und ihre Defäcation gestört wurde, scheinen ja das Vorkommen einer Antiperistaltik auch bei normalem Darminhalt zu beweisen, aber die Möglichkeit eines anderen Verhaltens ist doch nicht völlig ausgeschlossen. Bezüglich der Wirkung stark reizender Substanzen ist nun Folgendes zu bemerken: Wie erwähnt, führt der Reiz der starken Kochsalzlösung nicht bloß zu antiperistaltischer Fortbewegung, sondern gleichzeitig wird die Flüssigkeit nach unten hin weiterbewegt, und die Beobachtung des Vorganges am Dickdarm, wenn die Flüssigkeit als Klyisma eingeführt wurde, lehrt, dass die analwärts gelegene Länge des

¹⁾ Nothnagel, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. IV.

²⁾ Kirstein, Deutsche med. Wochenschr. 1889. No. 49.

Darmstückes, in welchem peristaltische, nach dem Anus zu gerichtete Bewegungen vor sich gehen, allmählich zunimmt; es scheint also, dass bei länger dauernder Einwirkung der reizenden Substanz die betreffende Darmstrecke allmählich wesentlich zu den normalen, peristaltisch verlaufenden Bewegungen angeregt wird. Fügt man hierzu die vorhin mitgetheilte Thatsache, dass an dem stark erregbaren abgetrennten Darm die Kochsalzlösung nicht antiperistaltisch fortbewegt, sondern sofort von einer abwärtsschreitenden Contraction ergriffen wird, so scheint ein wichtiger Umstand für das Zustandekommen der Antiperistaltik ein besonderer Grad der Erregbarkeit des betreffenden Darmabschnittes zu sein. Man kann annehmen, dass die concentrirte Kochsalzlösung, wenn sie in Darmpartien von mittlerer oder geringer Erregbarkeit eingebracht wird, dadurch Antiperistaltik erzeugt, dass die zur normalen Abwärtsbewegung nöthige, nach oben hin stärkste Anhäufung der Erregungen hier nicht rasch genug vor sich geht, um zu verhüten, dass schon vorher durch den starken Reiz die Ringmuskeln an den verschiedensten Stellen der ganzen Strecke zur Contraction gebracht werden, — ähnlich wie beim Aufstreichen starker Kochsalzlösung auf eine wenig erregbare Darmstrecke solche Contractionen sich zeigen. Der Inhalt würde dann natürlich nicht bloß nach unten, sondern auch nach oben hin weggedrückt werden, und an letzterer Stelle würde sich der Vorgang wiederholen, die Flüssigkeit also antiperistaltisch weiterwandern. Ich lasse dahingestellt, ob das wirkliche Verhalten dem angenommenen entspricht, doch zeigt diese Betrachtung, dass die von Nothnagel entdeckten Thatsachen sich mit der über die Entstehung der Darmperistaltik vorgetragenen Anschauung ganz wohl vereinigen lassen.
