



BEOBSACHTUNGEN  
UEBER  
DEN BEWEGUNGSAPPARAT UND DIE BEWEGUNG  
DER DARMZOTTEN SOWIE DEREN BEDEUTUNG  
FÜR DEN CHYLUSSTROM.

AKADEMISCHE HABILITATIONSSCHRIFT

DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT ZU KIEL

BEHUFES ERLANGUNG DER VENIA LEGENDI

VORGELEGT VON

**DR. FERDINAND GRAF SPEE.**



LEIPZIG,  
VEIT & COMP.

1885.

Abgedruckt  
im  
Archiv für Anatomie und Physiologie. 1885. Anat. Abtheilung.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Das Vorkommen der die Darmschleimhaut vom Duodenum bis zur Ileocoecalklappe besetzenden kleinen im Allgemeinen als Darmzotten bezeichneten Schleimhautanhänge würde durch die damit verbundene Oberflächenvergrößerung in einem Organe wie dem Dünndarme, dessen Bestimmung in so hohem Grade die der Resorption ist, an sich eine befriedigende Erklärung finden. Der eigenthümliche Bau der Zotten selbst schien indess doch noch auf speciellere Functionen derselben hinzuweisen. Unter anderen hat man mit Rücksicht auf den Umstand, dass die Zotten mit eigenen Bewegungsapparaten ausgerüstet sind, vermöge deren sie sich strecken und verkürzen können und unter der stillschweigenden Voraussetzung, dass ihr Volum sich bei der Verkürzung verringere, bei der Streckung vergrößere, denselben die Aufgabe zugeschrieben, bei ihrer Verkürzung den im Chylusgefäß enthaltenen Speisebrei in tieferliegende Bahnen zu befördern, bei ihrer Streckung aber vermöge eines negativen Druckes, der sich dabei in ihrem Innern entwickeln sollte, den noch im Darm enthaltenen Speisebrei aufzusaugen.

So plausibel diese Anschauung erscheinen mag, so genügten doch die bisher gemachten Beobachtungen weder bezüglich des Bewegungsapparates der Zotte, noch bezüglich ihrer Gestaltveränderung bei der Bewegung dazu,

obige Annahme thatsächlich zu begründen. In Anbetracht dessen, dass bei der grossen Massenhaftigkeit der Zotten doch auch die specielleren Functionen derselben erheblichere Bedeutung gewinnen, war es wünschenswerth, obige Anschauungen einer erneuten Prüfung zu unterziehen.

Der Umstand, dass die eingehender über die Bewegung der Darmzotten handelnden Aufsätze meist aus schon entlegenerer Zeit stammen, durfte vielleicht zu der Hoffnung ermutigen, mit Hülfe der in neuester Zeit sehr verbesserten technischen Hilfsmittel das bisher Gefundene zu vervollständigen und genauer zu präcisiren oder zu berichtigen.

Die ersten Beobachtungen über die Bewegung der Darmzotten stammen von französischen Physiologen. Ungefähr gleichzeitig und unabhängig von einander erschienen in den Jahren 1842 und 1843 zwei Abhandlungen darüber, die eine von Lacauchie, die andere von Gruby und Delafond.

Lacauchie<sup>1</sup> untersuchte den Darm sofort nach dem Tode des Thieres und bemerkte, dass dann die Zotten kürzer, breiter, in der Mitte regelmässiger gestreift, oberflächlich querrunzelig erscheinen. Dieser Zustand der Verkürzung dauert jedoch nach seinen Beobachtungen nur kurze Zeit an. An einer Stelle seines Aufsatzes heisst es: *Portant mes recherches sur les grand tronc lymphatiques et chyliques dans le but de découvrir quel est l'agent contractile de la villosité je suis . . . arrivé à reconnaître la nature musculieuse des conduits de la lymphe et du chyle.* Jedenfalls scheint er hiernach Muskeln auch in den Zotten vermuthet zu haben.

Gruby und Delafond,<sup>2</sup> die ihre Beobachtungen an 120 lebenden Thieren machten, überzeugten sich von der Bewegung der Zotten während des Lebens. Sie unterscheiden dreierlei Arten activer Bewegung der Zotten, nämlich Contraction in der Längsrichtung einhergehend mit Verkürzung, Verbreiterung und oberflächlicher Querrunzelung, Contraction in der Querrichtung einhergehend mit Streckung der Zotte und seitliche Bewegungen nach Art eines Pendels. Ueber das bewegende Moment sprechen sie sich nicht aus.

Die erste histologische Beschreibung musculöser Elemente in den Zotten findet sich bei Henle,<sup>3</sup> der stäbchenförmige Kerne in den Zotten auffand, deren Bedeutung aber verkennend als Endothelien deutete.

---

<sup>1</sup> *Comptes rendus.* 1843. p. 1128 ff.

<sup>2</sup> *Ebenda.* p. 1195 ff. Die beiden genannten Aufsätze enthalten fast nur Resultate ohne jede Angabe der bei den immerhin nicht leichten Beobachtungen sehr wissenswerthen Methode ihrer Experimente. Vielleicht sind gerade aus diesem Grunde, d. h. weil ihre Angaben uncontrolirbar sind, manche schöne Beobachtungen dieser Forscher unbeachtet geblieben.

<sup>3</sup> *Handbuch der Anatomie des Menschen.*

Ihre wahre Bedeutung als Kerne glatter Muskelfasern erkannte erst Brücke.<sup>1</sup> Er fand bei seinen Untersuchungen über die Chylusgefäße ein System von Faserzellen innerhalb der Capillaren der Zotte auf, die er aus morphologischen Gründen, zumal nachdem er sich von der durch die französischen Forscher behaupteten Contractilität der Zotten durch eigene Experimente überzeugt zu haben glaubte, mit Entschiedenheit für glatte Muskelfasern erklärte. Es fand deren nur solche, die der Längsaxe der Zotten parallel verliefen und damit übereinstimmend auch nur Verkürzung der Zotten. Ihre Streckung hält er für ein „Erschlaffungsphaenomen“. Seitlich pendelnde Bewegungen beobachtete er nicht, hält aber ihr Zustandekommen durch einseitige Muskelcontraction für möglich.

Aehnlich wie Brücke beschreibt Kölliker<sup>2</sup> den Verlauf der Muskeln in den Zotten. Beim Menschen beschreibt er sie als feine Bündel, die aus der Muscularis mucosae aufsteigen, nur der Längsaxe der Zotte parallel verlaufen und in der Spitze der letzteren leicht convergirend enden. In den schmälern Zotten fand er sie ähnlich wie bei Thieren mehr in der Axe, in den breiteren dagegen als fast zusammenhängende, hautartige Ausbreitung unter der Oberfläche der Zotte und einem Theil der Capillaren.

Während auch die histologischen Lehrbücher<sup>3</sup> nur längs verlaufende oder wenig schräg verlaufende Muskelfasern in den Zotten beschreiben, auch Donders<sup>4</sup> nur hier und da in der Spitze der Zotten des Hundes mehr quer verlaufende Fasern gesehen zu haben angiebt, behauptete Moleschott,<sup>5</sup> dass in den Zotten des Hundes und des Menschen reichlich querverlaufende Muskelfasern vorkämen. Ähnlich lauten neuere Angaben v. Thannhoffer's<sup>6</sup> und Fortunatow's.<sup>7</sup>

In den vorstehenden Abhandlungen sind die über Bewegung und Muskeln der Darmzotten bisher gefundenen Thatsachen hauptsächlich niedergelegt. Die grosse Menge der sonst mit der Darmschleimhaut sich beschäftigenden Aufsätze verfolgt andere von den hier in Betracht kommenden abweichenden Ziele. Da eine ausführliche Zusammenstellung der gesamten Literatur neuerdings in der oben erwähnten Abhandlung v. Thannhoffer's gegeben ist, glaube ich, dieselbe hier vermeiden und zur Besprechung meiner eigenen Untersuchungen übergehen zu dürfen.

<sup>1</sup> *Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften*. Wien 1851. Bd. VI. S. 214.

<sup>2</sup> *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. 1851. Bd. III. S. 238. — Derselbe *Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg*. 1853. Bd. IV.

<sup>3</sup> Vergleiche die Lehrbücher von Kölliker, Toldt, Krause, Stricker.

<sup>4</sup> Donders, *Lehrbuch der Physiologie*. 1860. 2. Aufl. Bd. II. S. 319.

<sup>5</sup> Moleschott's *Untersuchungen zur Naturlehre*. 1860. Bd. VI.

<sup>6</sup> v. Thannhoffer, *Pflüger's Archiv* u. s. w. 1874. Bd. VIII.

<sup>7</sup> Fortunatow, *Ebenda*. 1877. Bd. XIV. S. 288.

Sie bezweckten vor Allem den Bewegungsmechanismus der Zotten festzustellen, um dadurch eine Einsicht in dessen Beziehung zur Resorption einerseits, zum Chylusstrom andererseits, zweier Prozesse, deren anatomische Grenzscheide in der Zotte selbst liegt, zu ermöglichen.

Die Untersuchung in dieser Richtung konnte von zwei wenigstens theoretisch unterscheidbaren Gesichtspunkten den Ausgang nehmen: Einerseits kann man sein Hauptaugenmerk auf den Bewegungsapparat der Zotte die Art und Anordnung der in der Zotte wirksamen Kräfte richten, andererseits kann man die thatsächliche Gestaltveränderung der Zotten in verschiedenen Bewegungsphasen vorwiegend in Betracht ziehen. Die in beiden Fällen gewonnenen Resultate ergänzen sich gegenseitig, controlliren sich aber gleichzeitig, insofern, als sie miteinander nicht in Widerspruch stehen dürfen.

### 1. Gestalt und Musculatur der Darmzotten.

Wenn der Bau der Darmzotten im Principe bei den meisten Säugethieren gleichwerthig erscheinen mag, so zeigen sich doch in Einzelheiten so mannigfache Modificationen desselben, dass es zweckmässig ist, um das durchstehende Typische, von dem wechselnden und weniger Wichtigen unterscheiden zu können, möglichst verschieden gebaute und gestaltete Zotten in den Bereich der Betrachtung zu ziehen. Aus diesem Grunde wählte ich verschiedene Thiere zur Untersuchung und gebe im Folgenden einschlägige Befunde an den Zotten einiger Nager, Fleischfresser und Menschen.

Die Darmwand der Nager ist in Folge sehr geringer Entwicklung ihrer Muskel- und Drüsenschicht so dünn, dass man bei durchfallendem Lichte durch sie hindurch die Zotten als dunklere Flecken erkennen kann. Diese selbst zeigten in allen mir bekannten Fällen das Gemeinsame, dass sie mit schmaler, langer Basis der Schleimhaut aufsitzen und unter gewöhnlichen Verhältnissen sehr flach sind. In unwesentlichen Einzelheiten zeigen sich kleine Unterschiede bei verschiedenen Species, die im Folgenden kurz angedeutet sind.

Die Zotten des Meerschweinchens erscheinen wie niedrige Falten oder Leisten der Schleimhaut, deren Höhe um  $0.35 \text{ mm}$  schwankt, je nach dem Bewegungszustand aber etwas wechselnd ist. Ihre Länge beträgt  $0.7$  bis  $3.0 \text{ mm}$ , ihre Dicke  $0.096$  bis  $0.1 \text{ mm}$ , die längeren unter ihnen zeigen fast regelmässig auf der Höhe ihres Kammes eine oder mehrere sattelför-

nige Einsenkungen,<sup>1</sup> wodurch sie zwei- bis mehrgipfelig werden. Wo solche sich finden, sind die Falten über ihre seitliche Fläche stumpfwinkelig gekrümmt, seltener ganz umgebogen. Gewöhnlich stehen die längeren Basisdurchmesser derselben quer zur Längsaxe des Darmrohres und erscheinen demgemäss streckenweise in Reihen angeordnet, die ungefähr parallel der Ringmusculatur der Darmwand stehen. Innerhalb jeder Falte findet sich ein ihre äussere Gestalt ungefähr nachahmender Lymphbehälter,<sup>2</sup> den man sich leicht am frischen Praeparat im Querschnitt zur Anschauung bringen kann, wenn man die Falte parallel der Schleimhautfläche des Darms durchschneidet (Fig. 1, *ch*). Die ausserordentliche Weite des Chylusbehälters lässt den Vergleich der Falte mit einer flachen, verhältnissmässig dünnwandigen Tasche, die sich in die Lymphräume der Drüschicht öffnet, durchaus zutreffend erscheinen. Schnitte zeigen, dass zwei Drittel der ganzen Zottensubstanz vom Epithel gebildet werden. In das übrige Drittel theilen sich das adenoide Gewebe mit seinen Gefässen und die dünne Endothelwand des Chylusbehälters mit ihren Muskeln. Messungen des Epithels ergaben für die einzelne Zelle eine Höhe von 0.02 bis 0.03<sup>mm</sup>, eine Breite von 0.008 bis 0.0048<sup>mm</sup>. In meinen Praeparaten zeigten sich meistens die Zellen gegen ihr aufsitzendes Ende hin fadenförmig verjüngt und liessen hier Zwischenräume zwischen sich bestehen, die man oft durch Wanderzellen ausgefüllt trifft (Fig. 2 b, *w*). Ein scharfer Contour, der Epithel und adenoides Gewebe continuirlich von einander abgrenzt, war nicht nachweisbar. Nur den in grosser Zahl direct unter dem Epithel liegenden Blutgefässen sassen dessen Zellen öfter mit breiter Basis und scharfer Begrenzung auf Höchst spärliches adenoides Gewebe vermittelt einwärts den Zusammenhalt des Epithels mit der besonders differenzirten Wand des centralen Lymphbehälters. Diese letztere zeigt sich in Fig. 2 a bei *en* in grosser Ausdehnung freigelegt. Sie besteht aus einer einfachen Lage sehr platter, oft unregelmässig contourirter Zellen von 0.0128 bis 0.016<sup>mm</sup> Durchmesser, mit 0.008 bis 0.011<sup>mm</sup> grossen ovalen, regelmässig gestalteten Kernen, die sich ähnlich wie Epithelkerne färben. An der Aussenseite dieser Wand und in unmittelbarem flächenhaften Anschluss an dieselbe findet sich die Musculatur der Darmzotte vertheilt (Fig. 2 a u. b, *m*). Ihre Fasern verlaufen bald einzeln, bald in Bündeln zu zweien oder dreien neben einander liegend, stets der Höhenaxe der Zotte annähernd parallel bis zum blinden Ende

<sup>1</sup> Aehnliche Verhältnisse fand Heller bei der Ratte (vergl. die *Berichte der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1872: Ueber die Blutgefässe des Dünndarms).

<sup>2</sup> Diesen sehr bezeichnenden Ausdruck brauchte zuerst Teichmann in seinem Werke: *Das Saugadersystem*. Leipzig 1861.

des Chylusgefäßes, oberhalb dessen sie sich in das Bindegewebe der Zotte verlieren. An Praeparaten, die mit Chrom-Osmium-Essigsäure-Mischung gehärtet und mit Hämatoxylin gefärbt wurden, lassen sie sich leicht und sicher erkennen, indem nicht nur ihre charakteristischen Contouren deutlich hervortreten, sondern auch eigenthümliche Lichtbrechung die feinfibrilläre Structur und blaubraune Tinction der Faser sie vor allen anderen Elementen der Zotte auszeichnet. Bei Durchsicht einer grossen Zahl von Praeparaten an lückenlosen Schnittreihen vermochte ich ausnahmslos Muskeln nur im engsten Anschluss an die Endothelwand des Chylusgefäßes zu finden. Sie folgen dem Verlaufe des letzteren zwischen die Drüsen und hören etwa in der Mitte der Drüsen-schicht allmählich auf. Da eine Muscularis mucosae beim Meerschweinchen nicht vorkommt (Fig. 2 a u. b), so darf man hier die Zottenmuskeln nicht als letzte Ausläufer einer solchen betrachten; sie erscheinen nach den mitgetheilten Befunden vielmehr als ein specielles Attribut der Chylusgefässe.

Gerade so wie beim Meerschweinchen verhalten sich bezüglich des inneren Baues die Darmzotten des Kaninchens. Betreffs der äusseren Gestalt nur zeigt sich der Unterschied, dass die Zotten des Kaninchens etwas höher und weniger breit sind und manchmal an der Basis mit ihren Nachbarn zusammenhängen. Der Querschnitt derselben stellt gewöhnlich eine sehr flache Ellipse dar. Wie beim Meerschweinchen steht ihr längerer Durchmesser meist quer zur Längsaxe des Darms. Die Chylusgefässe sind ebenfalls sehr weit, einzeln und durchsetzen, nachdem sie zuweilen mit denen benachbarter Zotten in Verbindung getreten sind, senkrecht die Drüsen-schicht. Ihnen folgen die Muskeln in der für die Zotten des Meerschwein-chens beschriebenen Weise bis zu den blinden Drüsenenden hinab, unter denen eine schwach entwickelte Muscularis mucosae auftritt. Mit letzterer scheinen sie zuweilen in Verbindung zu treten, in der Regel liess sich dies indessen nicht nachweisen. Zotten, im Zustande der Extension fixirt, zeigten auf Querschnitten sich so flach, dass die Wände des Chylusbehälters, wie die einer leeren Tasche, dicht an einander lagen, der Chylusbehälter selbst also kaum ein Lumen zeigte. Die Höhe solcher Zotten betrug 0.576 bis 0.595 mm, die längeren Querdurchmesser beliefen sich auf 0.22 bis 0.5 mm, die kürzeren sehr constant 0.076 mm, wovon höchstens 0.01 bis 0.015 mm auf die Weite des Chylusgefäßes kommen.

Es ist klar, dass Zotten dieses Baues, wie auch Fig. 1 veranschaulicht, eine ganz ausserordentliche Erweiterung ihres Chylusgefässe erfahren können, wenn ihr kürzerer Querdurchmesser wächst, indem die flachen Wände desselben auseinanderrücken und der Querschnitt unter geringer Verkürzung seines längeren Durchmessers aus einer flachen in eine breitere Ellipsen-form übergeht. Dies tritt in Folge der eigenthümlichen Stellung der Zotte

mit dem längern Basisdurchmesser quer zur Darmlängsaxe, vielleicht bei mässiger Verengung des Darmrohrs ein. Ich beobachtete es sicher als Folge der Füllung des Chylusgefässes mit Resorptionsmasse. Die Zotte gleicht dann annähernd einem Cylinder oder eher einem Kegel mit elliptischer Grundfläche. Eine weitere Vermehrung des Kubikinhaltes muss noch dadurch eintreten können, dass die Zotte sich ein wenig verkürzt, wobei sie in der Mitte oft bauchig aufgetrieben erscheint und auf dem Längsschnitt mehr der Eiform sich nähert. Ich beobachtete in der That auch derartige Gestalten bei Zotten vom Kaninchen, die sich stark mit Resorptionsmasse gefüllt hatten, nachdem ich sie durch Osmiumsäure darin fixirt hatte. Die Spitze der Zotten zeigte sich dann flacher gewölbt, hie und da zeigten sich stets Andeutungen beginnender Faltung des Epithels, wie die Muskelverkürzung sie zu erzeugen pflegt. Wo stärkere Epithelfalten sich ausgebildet hatten erschien das Chylusgefäss meist etwas enger. Die Höhe der Epithelzellen war dann bedeutender als bei gestreckten Zotten ( $0.024^{\text{mm}}$ ) und betrug  $0.028^{\text{mm}}$ . Gleichzeitig erschien das aufsitzende Ende der Epithelzellen stark verjüngt. Querschnitte solcher Zotten mit natürlich injicirten Chylusgefässen, zeigten das adenoide Gewebe in den Winkeln, wo die Seitenflächen der Zotte zusammenstossen, in der Richtung des kürzern Durchmessers gespannt, was gut übereinstimmt mit dem Umstande, dass die Zotten bei leeren Chylusgefässen flach sind.

Zotten im Zustande der Verkürzung zeigten eine durchschnittliche Höhe von  $0.41^{\text{mm}}$  und zahlreiche Faltungen des Epithels. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie ausserordentlich gross sind und dementsprechend eine bedeutende Tiefe erreichen können, so dass ihre einspringenden Theile oft die Wand des Chylusgefässes verlagern. Dadurch wird eine eigenthümliche Form des Chylusgefässes bei kontrahirter Zotte hervorgerufen, je nachdem wie die Epithelfalten der einen Fläche der Zotte zu denen der gegenüberliegenden sich lagern. Legt sich die einspringende Falte der einen Seite in eine vorspringende der andern Seite, so verläuft das Chylusgefäss parallel den Falten dazwischen als feiner Spaltraum, macht also die Biegung der Falten mit.

Liegen jedoch zwei Falten des Epithels an gegenüberliegenden Flächen der Zotte symmetrisch, so zeigt sich das Chylusgefäss zwischen den vorspringenden Theilen derselben erweitert, zwischen den einspringenden Theilen verengt, so dass es auf Längsschnitten der Zotte etwa perlschnurartig sich ausnehmen kann. Bei starker Verkürzung scheint ersterer Zustand vorwiegend sich auszubilden.

Sehr hübsch konnte ich die beschriebenen Einflüsse der Faltenbildung im Epithel an den Zotten der Maus beobachten, die in jeder Hinsicht denen des Kaninchens ähnlich sind. Dieselben massen bei starker Verkürzung  $0.422$

bis  $0.49^{\text{mm}}$  von der Basis zur Spitze und ergaben bei spaltenartig engem Chylusgefäß dabei eine Dicke von  $0.076^{\text{mm}}$ . Vollkommen extendirte Zotten bei gut gelungener, vollkommener Blutgefäßinjection zeigten sich  $0.76$  bis  $0.8^{\text{mm}}$  hoch, blattartig platt,  $0.06^{\text{mm}}$  dick; das Epithel war vollständig faltenlos, seine Zellen  $0.02^{\text{mm}}$  hoch.

Die Zotten des Kalbes sind weniger breit, das Chylusgefäß nicht von so ausserordentlicher Weite wie bei den Nagern; doch finden sich kaum wichtige Unterschiede. Die Muskeln verlaufen ebenfalls stets nur dicht am Chylusgefäß entlang bis in's adenoide Gewebe der Zottenspitze. Hier sieht man sie in dem Balkenwerke desselben verlaufen (Fig. 3). Ihr Verlauf lässt sich andererseits deutlich bis zur Muscularis mucosae verfolgen. Bemerkenswerth ist die Gestalt des Epithels (Fig. 3) an solchen Zotten, wo dasselbe glatt verläuft. Dasselbe zeigt hier eine niedrigere mehr kubische Form, als an Zotten, wo es in Falten gelegt ist.

Der Darm des Schweines zeigt faltenartige auf lange Strecken zusammenhängende Zotten, mit verzweigten Chylusgefässen. Bezüglich des Baues ähneln sie denen des menschlichen Jejunums auf deren Besprechung wir gleich kommen werden.

Die Darmzotten des Menschen zeigen nach den vorliegenden Angaben der Autoren je nach den Abschnitten des Darmes wechselnde Gestalt. Im Duodenum werden sie als niedrig, breit, faltenähnlich  $0.2$  bis  $0.5^{\text{mm}}$  hoch, bis zu  $1.6^{\text{mm}}$  breit bezeichnet. Im Jejunum sollen neben ähnlichen Formen mehr glatt kegelförmige auftreten, gegen das untere Ende des Dünndarms dann keulenförmige oder walzenartige vorwiegen.

Bezüglich der oberen Hälfte des Jejunums erschöpfen diese Angaben die einschlägigen Thatsachen nicht.<sup>1</sup> Untersuchung der Darmschleimhaut dieser Gegend bei Loupenvergrößerung giebt auch nicht leicht den vollen Aufschluss darüber obwohl dieselben an einer Darmschleimhaut, deren Epithel überall gut erhalten ist, besonders wenn man die Verhältnisse schon kennt, sich der Beachtung nicht ganz entziehen.

Genau und sicher lassen sie sich indessen nur mit Hilfe lückenloser Schnittreihen ermitteln und es empfiehlt sich deren zweierlei Art dazu anzufertigen, nämlich solche aus Querschnitten und solche von Flächenschnitten der Schleimhaut.

Die Schnittreihen der ersten Art ergeben in allen Schnitten Bilder, die für sich betrachtet, Längsschnitte von einfachen Zotten vortäuschen. Durchmustert man jedoch Reihen von sehr vielen Schnitten, so fällt es auf, dass

<sup>1</sup> Der vollen Wahrheit am nächsten kommt eine Abbildung von Hénle im *Handbuch der Anatomie*, Bd. II, S. 169, die sich aber auf die Schleimhaut des Duodenums bezieht. Doch haben die Details derselben nicht ihre volle Würdigung erfahren.

man fast nie das Ende einer Zotte erreicht, sondern auf jedem neuen Schnitte eine Fortsetzung derselben Zotte findet. Weiter ergibt sich, dass die Trennung der Zotte von ihren Nachbarn (Fig. 4, *e*) nicht immer bis auf das Niveau der eigentlichen Drüsenschicht (Fig. 4, *n*) herabgeht und dass die Lieberkühn'schen Drüsen selbst oft eine Strecke weit in der Zotte emporsteigen, einzelne sogar erst an der Spitze der letzteren münden (Fig. 4, *a'*). Schon diese Thatsachen weisen darauf hin, dass zöttchen-tragende Falten<sup>1</sup> vorliegen, in denen Drüsen verlaufen. Noch beweisender geht dies hervor aus der Betrachtung von Flächenschnitt-Serien. In solchen enthalten die oberflächlichsten Schnitte isolirte, längliche oder rundliche Querschnitte, die denen von Zotten entsprechen könnten (Fig. 5, *c*). Je tiefer aber die Ebenen der Schleimhaut sind, aus denen die Schnitte stammen, desto mehr verschmelzen die isolirten Querschnitte untereinander (Fig. 5, *b*) und nehmen sich aus wie die Durchschnitte fast durchweg untereinander zusammenhängender, vielfach gewundener Falten, die leere Räume umschliessen (Fig. 5, *a*, *d*). In einer Höhe von 0,2<sup>mm</sup> oberhalb der Ebene, in der die als eigentliche Drüsenschicht bezeichnete Partie der Schleimhaut aufhörte, ist der Zusammenhang schon ein fast vollständiger. Bis zu dieser Höhe hängen also die Zotten des Jejunums untereinander zusammen und verhalten sich wie vielgipfelige Falten, deren höchste Punkte ich durch Multiplication der Schnittstärke mit der Schnittzahl meiner Serie in einer Höhe von 0,5<sup>mm</sup> oberhalb der Drüsenschicht fand.

In die blindsäckartigen Räume zwischen den Falten münden die Lieberkühn'schen Drüsen, theilweise am Grunde, im Niveau der freien Fläche der Drüsenschicht, theilweise verschieden hoch oberhalb desselben, an der Seite, in einzelnen Fällen sogar nahe der Spitze eines Gipfels der Falte, nachdem sie, in letzterem Falle tiefer in ihrer Substanz (Fig. 5, *a*, *b*, *c*, *d*), sonst aber gewöhnlich dicht unter ihrem Epithelüberzug in ihr emporgestiegen sind. Oberhalb ihrer Mündung scheinen sie gleichsam noch halbrinnenförmige Fortsetzungen ihres Lumens (Fig. 5, *dr*) auf der Fläche der Falten zu haben. Fast regelmässig finden sich Drüsenmündungen entsprechend den Einsenkungen zwischen zwei Gipfeln des freien Randes (Fig. 4, *1*, *d*).

Durch mechanische Dehnung der Schleimhaut lassen sich die beschriebenen Falten nicht ausgleichen. Sie finden sich in gleicher Weise auf und zwischen den Kerkring'schen Falten.

Spezieller habe ich noch auf die Vertheilung der Muskeln in den

<sup>1</sup> Dieser Ausdruck stammt von His (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, Bd. X), der in der Umgebung der Darmfalten entsprechende Formen beschreibt.

Zotten einzugehen, die Hand in Hand mit der verschiedenen Gestalt sich modificirt. Im Allgemeinen finden sie sich wie bei den beschriebenen Zotten der Thiere stets im engsten Anschluss an die Chylusgefässe.

Für die schmäleren Zotten mit solitärem Chylusgefäss, welches dann durch seine centrale Lage und seine grosse Weite von 0.025—0.033<sup>mm</sup> genügend kenntlich ist, lässt sich dieser Nachweis leicht führen. An Längsschnitten zeigt sich, dass nur direkt an der Endothelwand desselben Muskeln in der Zotte vorkommen. Sie begleiten das Chylusgefäss von der Muscularis mucosae an bis zu seinem blinden Ende, oberhalb dessen sie in das Bindegewebe der Zotte auslaufen, ohne dass ich genau ihr definitives Ende hier hätte ermitteln können. Da aber Injectionspraeparate, an denen man die Gefässlumina nicht mit Bindegewebstücken zu verwechseln Gefahr läuft, ergeben, dass das sogen. adenoide Gewebe ausserordentlich spärlich entwickelt ist, kann das Ende derselben kaum weit von dem subepithelialen Gefässnetz und dem Epithel selbst entfernt sein.

In den Falten und breiten Zotten finden sich mehrere Chylusgefässe, deren Weite dann aber bis auf 0.018<sup>mm</sup> herabgesetzt sein kann. Sie nähern sich hierdurch dem Kaliber der Vene, die in den Zotten des Menschen schon in der Nähe der Spitze in Stämmen von 0.016 bis 0.022<sup>mm</sup> Dicke auftreten und nahe der Mitte der Zotte zur Drüsenschichte hinabsteigen, nachdem sie auf diesem Wege häufig schon mit benachbarten Venenstämmen in Verbindung getreten sind. Diese Umstände machen an nicht injicirten Praeparaten eine Verwechslung mit Chylusstämmen leicht möglich. In zweifelhaften Fällen dürfte mit grosser Wahrscheinlichkeit der Nachweis längsverlaufender Muskeln an der Endothelwand des fraglichen Gefässstammes für seine Natur als Chylusstamm entscheidend sein, da solche nirgends den Blutgefässen der Zotten zukommen, während ich sicher erkannte Chylusgefässe niemals ohne sie getroffen habe.

Besonders werthvoll erscheint dieses Unterscheidungsmerkmal für die mit complicirtem Gefässsystem versehenen Falten des Jejunums. In ihnen findet man die Muskelfasern in feinen Büscheln stets in Begleitung von Endothelröhren aus der Drüsenschichte bis in die Gipfel der Falten emporsteigen. Auf dem Wege dorthin theilen sie sich manchmal spitzwinklig, um sich mit benachbarten Bündeln zu verbinden oder isolirt weiter zu laufen. Stets bleiben sie wenigstens annähernd parallel der Höhenaxe der Zotte, niemals fand ich trotz einer grossen Anzahl Praeparate, die ich mit Rücksicht auf die Angaben Moleschott's darauf hin untersuchte, quer verlaufende Muskelfasern.

Muskeln und Chylusgefässe haben ihre Lage stets innerhalb des subepithelialen Capillarnetzes und eines Theils des lockeren Bindegewebes der

Zotte. Wo der Venenstamm, welcher vielfach nahe den Chylusstämmen verläuft, letztere an Dicke übertrifft, liegt er meist centraler.<sup>1</sup>

An Praeparaten mit vollkommenen durch Leimmasse injicirten Blutgefässen zeigten Querschnitte der Zotten und Falten die Chylusgefässe meist platt gedrückt einzeln oder zu zweien neben dem centraler laufenden Venenstamm und diesen halbmondförmig umgreifend 0.010 bis 0.012 <sup>mm</sup> breit 0.020 bis 0.030 <sup>mm</sup> lang. Uebereinstimmendes Verhalten hiermit boten die Chylusgefässe in den zottentragenden Falten des Jejunums eines an Schwefelsäuregenuss Verstorbenen, dessen Darm Hr. Professor Heller mir freundlichst zur Untersuchung anbot. Das Blut in den Gefässen der Zotten war durch die Wirkung der Schiefelsäure *intra vitam* zur Gerinnung gebracht worden, die Blutgefässe prall damit gefüllt, die Chylusstämme dagegen leer und in oben beschriebener Weise durch die anliegenden Venen comprimirt. Darnach will es den Anschein haben, dass starke Blutgefässfüllung der Erweiterung der Chylusgefässe nicht günstig sei. Dies möchte ich durch das letztgenannte natürliche Injection-praeparat besonders für erwiesen halten, als eine Uebersausdehnung der Blutgefässe durch künstlichen Injectiondruck ausgeschlossen ist und für die Annahme einer Schrumpfung weder das histologische Ansehen noch Messungen eine Veranlassung gaben.

Den Zotten der Fleischfresser (Raubthiere: Hund, Katze, Dachs), die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, sind ziemlich gleichartige Abweichungen von den bisher beschriebenen Verhältnissen eigen. Ihre Gestalt ist schlank cylindrisch, verhältnissmässig lang bei derselben Spezies von sehr constant gleichmässiger Beschaffenheit; niemals finden sich faltenförmige Bildungen wie bei Pflanzenfressern und Omnivoren. Die Muskeln der Zotten sind reichlich entwickelt und, wenn auch in der Drüsenschichte spärlicher werdend, doch meist bis zur *Muscularis mucosae* zu verfolgen. Diese selbst ist von erheblicher Mächtigkeit, meist doppelschichtig aus einer äusseren Lage longitudinaler und einer innern Lage circular verlaufender Fasern, die sich an ihrer Grenze etwas unter einander verweben, zusammengesetzt.

Den speciellen Erörterungen der Eigenthümlichkeiten dieser Zotten, so weit sie constante innere Strukturverhältnisse betreffen, sollen die Zotten des Hundes als Paradigma dienen. Die Beschreibung bekannter Thatsachen der Gestalt ist aus Fig. 6, 7, 8 und deren Erklärung ersichtlich. Die Besprechung neu gefundener Thatsachen in dieser Hinsicht ist, um Wiederholungen zu meiden, der Besprechung des Bewegungsmechanismus, mit dem sie in engster Beziehung stehen eingefügt worden.

<sup>1</sup> Teichmann, a. a. O., betont ein ähnliches Verhalten für die verschiedenen Organe.

Das adenoide Gewebe der Zotten des Hundes weist eine ziemliche Menge querverlaufender, derberer Bindegewebsfasern mit oblongen Kernen auf, die jedoch nicht immer gut zu erkennen sind. Während dieselben an gestreckten und dementsprechend schmal erscheinenden Zotten oft fast gar nicht zur Anschauung zu bringen sind, lassen sie sich leicht und regelmässig finden an Zotten im Zustande der Verkürzung, mit welchem ja gleichzeitig eine Verbreiterung verbunden ist (Fig. 6, Fig. 7 a. der Spitze). Man sieht hier die Fasern vollkommen gestreckt, geradlinig, quer zur Axe der Zotte verlaufen und erhält den Eindruck als seien sie gespannt. Da man sie an gestreckten, verschmälerten Zotten nicht oder selten sieht, so liegt der Gedanke nahe, dass sie sich mehr in die Längsaxe derselben gestellt haben. Sie mögen vielleicht ein etwas festeres, bewegliches Gerüst im adenoiden Gewebe der Zotte darstellen und einen Hemmungsmechanismus gegen allzstarke Verbreiterung der Zotte vorstellen. Aus Längsschnittserien kann man erkennen, dass sie zuweilen das Chylusgefäss einschnüren. Vielleicht entstehen auf diese Weise die von Teichmann<sup>1</sup> erwähnten seitlichen Aussackungen der letzteren. Da weder ihre Masse denjenigen von Muskelfasern gleich sind, noch dieselben durch Färbung mit Hämatoxylin nach vorheriger Behandlung des Praeparates mit Chrom-Osmium-Essigsäuremischung mit solchen übereinstimmen, kann ihre bindegewebige Natur kaum zweifelhaft sein.

Muskelfasern verlaufen in den Zotten des Hundes entweder ganz parallel der Längsaxe der letzteren oder doch höchstens wenig von dieser Richtung abweichend, nur innen vom subepithelialen Capillarnetze. Sie steigen in runden oder etwas platten, schlanken Zügen zu drei bis fünf beisammenliegend in der Zotte empor und enden meist dicht unter dem Epithel der Spitze, indem die einzelnen Bündel hier bogenförmig mit benachbarten zusammenfliessen und Schlingen bilden, welche Blutgefässe umfassen. Nicht selten spaltet sich in dem beschriebenen Verlauf ein feiner Zweig von einem Bündel unter sehr spitzem Winkel ab und verläuft etwas, aber nie sehr schräge bis zwischen die Gefässe des peripheren Capillarnetzes und hier weiter aufwärts. Trotz ihrer peripheren Lage, sieht man doch dieselben niemals die Faltenbildung des Epithels contrahirter Zotten mitmachen, wie die Gefässe durch Schlingelung oder das adenoide Gewebe, indem es zipfelförmig in die Vorsprünge der Falten hineingezogen wird. Auf Längsschnitten, die das Chylusgefäss nicht trafen, sieht man bis zu sechs solcher Bündel; auf annähernd queren Schrägschnitten zählt man ihrer bis 15 und mehr (Fig. 8 m). Bezüglich ihrer Vertheilung findet sich einmal der bei den früher besprochenen Thieren beschriebene Typus erhalten, dass Muskeln

<sup>1</sup> Teichmann, a. a. O.

unmittelbar der Wand des centralen Chylusgefässes anliegen. Ausser diesen treten aber noch andere Muskelbündel in einer periphereren Zone mitten im adenoiden Gewebe auf. Diese umstellen in einiger Entfernung das Chylusgefäss und einen (zuweilen zwei) grösseren nahe der Axe der Zotte verlaufenden Blutgefässstamm, die Arterie der Zotte,<sup>1</sup> deren Endothelrohr selbst aber niemals Muskelfasern führt. — Circulär verlaufende Muskelfasern fanden sich niemals in meinen Praeparaten von Zotten. Auf genauen Querschnitten der Zotten sind auch sämtliche Muskelbündel quer durchschnitten.

Ob gegen die Spitze zu eine Vermehrung der Muskelfasern Regel ist, vermochte ich nicht sicher zu entscheiden. Im Ganzen erhielt ich den Eindruck, dass am Grunde der Zotten die Muskeln sich enger um das Chylusgefäss zu sammeln pflegen, um ihm bis zur Muscularis mucosae zu folgen, wobei sie in der Drüsenschicht entschieden an Mächtigkeit abnehmen. —

Im Wesentlichen zeigen die Zotten des Dachses dieselben Verhältnisse. Die der Katze sind durchweg schmaler cylindrisch, spitzer zulaufend, mit breiterem Epithel versehen und ohne die beim Hunde deutlich erscheinenden Querfasern. Ihr Bau erschien mir im Ganzen derber, die Elemente gröber, die vorkommenden Veränderungen nicht so ausgesprochen regelmässig wie beim Hunde, wenn ich auch principielle Abweichungen in keiner Weise vorfand.

Fassen wir die gemachten Befunde über die Anordnung der Muskeln in den Zotten allgemeiner zusammen, so ergab sich für alle Thiere als durchstehend, dass nur der Längsaxe der Zotte parallel laufende Muskeln vorkommen und solche stets der Endothelwand des Chylusgefässes anliegen. Bei den Nagern, dem Menschen, dem Rinde

<sup>1</sup> Auf die arterielle Natur dieses Gefässstammes wurde zuerst von Heller (Dr. A. Heller, Ueber die Blutgefässe des Dünndarms im *Bericht der mathematisch-physikalischen Klasse der königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*. 1872) auf Grund von Injectionspraeparaten aufmerksam gemacht. Ich habe mich von derselben durch directe Beobachtung des Blutkreislaufs in schräg liegenden Zellen lebender Thiere bei etwa 200facher Vergrösserung überzeugen können. Der Blutstrom erwies sich in centraler liegenden grösseren Gefässstämmen nach der Spitze der Zotten gerichtet; in dem peripheren Capillarnetz läuft das Blut gegen die Basis der Zotte. In einem Falle war die Bewegung desselben deutlich eine remittirende, bei jedem Pulsschlag beschleunigt. — Bei unvollkommener Injection dringt die Masse durch einen central in der Zotte aufsteigenden, wenig oder nicht verzweigten Stamm bis gegen die Zottenspitze; von hieraus füllen sich dann die Gefässe des subepithelialen Netzes. Injicirt man von der Vene aus, so füllt sich dieses zuerst mit Injectionsmasse und zwar von der Basis der Zotte aus. Dasselbe zeigten mir Doppelinjectionen von Arterie und Vene zugleich mit verschiedenfarbiger Masse.



sind dies zugleich die einzigen in den Zotten vorkommenden Muskeln. Bei Fleischfressern dagegen giebt es ausserdem solche in einer periphereren Zone, nach innen von welcher das Chylusgefäss und ein centraler verlaufender Arterienstamm sich finden. Auch bei dieser Anordnung findet sich die Hauptmasse der Muskeln nahe der Axe der Zotte; erst in der Spitze der Zotte treten dieselben bis dicht ans Epithel heran, während sie bis dorthin nur ausnahmsweise in grösserer Nähe desselben verlaufen.

## 2. Zur Bewegung der Darmzotten.

Aus dem Verlauf der Muskeln allein würde sich entsprechend der Ansicht Brücke's<sup>1</sup> wohl eine Verkürzung, aber nicht eine Streckung der Zotte erklären lassen. Welche Einflüsse die letztere bewirken, lässt Brücke des Näheren unerörtert, indem er dieselbe ganz unbestimmt als ein Erschlaffungsphaenomen bezeichnet. Ein positives Moment für die Streckung betonte meines Wissens zuerst Heller,<sup>2</sup> indem er mit Rücksicht auf die genau von ihm studirte Gefässvertheilung in den Darmzotten darauf hinwies, dass der Blutdruck von Einfluss auf die Streckung der zusammengefalteten Zotte sein müsse.

Weitergehend sprach dann Brücke<sup>3</sup> seine Meinung dahin aus, dass gleichzeitig bei der Streckung die Zotte sich erweitere, dabei besonders im Chylusgefäss derselben ein negativer Druck entstehe, demzufolge dieses sich mit Chylus aus dem Darne fülle, indem der Rückstrom aus tiefer liegenden Chylusbahnen in's Chylusgefäss der Zotte durch Klappen verhindert sei. Dem gegenüber sollte durch Contraction der Zottenmuskeln der Inhalt des letzteren in abführende Bahnen entleert werden. Leider fehlt eine eingehende thatsächliche Begründung dieser Ansicht, die sich allmählich in vielen Lehrbüchern Eingang verschafft hat. Und doch ist erstere nicht zu entbehren. Denn, wenn auch aus der Anordnung der Muskeln hervorgeht, dass ihre Verkürzung eine Verkürzung der ganzen Zotte bewirkt, so folgt daraus, wenn man berücksichtigt, dass thatsächlich mit der Verkürzung eine Verbreiterung der Zotte eintritt, keineswegs schon, dass ihr Volum

<sup>1</sup> Brücke, a. a. O.

<sup>2</sup> Heller, a. a. O.

<sup>3</sup> Brücke, *Vorträge über Physiologie*. — Auch His sprach früher die Ansicht dass die Anordnung der Gefässe in der Zotte derart sei, dass starke Blutfüllung derselben das Chylusgefäss erweitern. (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*. Bd. X.)

sich dabei reducirt. Es blieb demnach die Nothwendigkeit zu untersuchen wie die Thatsachen sich zu der obigen Anschauung stellten.

Zunächst habe ich mir zu diesem Zwecke über die Einflüsse, welche eine Streckung der contrahirten Zotten bewirken, eingehendere Kenntniss verschaffen zu müssen geglaubt. Ich fand bei meinen diesbezüglichen Untersuchungen allerdings, dass in der Zotte selbst derartige Kräfte wirksam sein können. Sie sind gebunden an die Gefässe und das Epithel der Zotte und sind in ihrer Wirkung elastischen Kräften vergleichbar. Der wichtigste Faktor für die Streckung der Zotten aber liegt gar nicht in der Zotte selbst, sondern in der Wirkung der peristaltischen Contraction der Darmmuseulatur.

In welcher Weise die Streckung einer contrahirten Zotte durch den Blutdruck erfolgen kann, lässt sich entnehmen aus dem Gefässverlauf wie er einestheils in contrahirten, andererseits in extendirten Zotten beobachtet wird. Von beiderlei Zuständen lagen mir wohlgelungene Infectionspraeparate vom Kaninchen, der Maus, dem Hunde, dem Menschen und der Katze vor. Dabei zeigten sich die Gefässstämme gestreckter Zotten fast sämmtlich schlank und geradlinig, parallel der Zottenlängsaxe; die Maschen des subepithelialen Gefässnetzes ebenfalls mit ihrem längeren Durchmesser dieser Axe parallel; umgekehrt sind die Gefässe contrahirter Zotten sehr stark geschlängelt, ihre Maschen mit dem längeren Durchmesser quer zur Höhenaxe gestellt, doch die Gefässstämme kaum irgendwo deutlich comprimirt, sondern von rundlichem Querschnitt. Da Schlängelung der Gefässe die Reibungswiderstände gegen den Blutstrom erhöht, so wird dieser bestrebt sein, im Verein mit der etwaigen elastischen Kraft der Gefässstämmchen selbst die Windungen auszugleichen und demnach auch ein wenig zur Streckung der Zotte beitragen können.

Nach der Gestalt injicirter Zotten zu urtheilen, ist die Wirkung des Blutdruckes eine einfache Streckwirkung. Die Zotten der Nager und des Menschen erwiesen sich blattartig platt in injicirtem und extendirtem Zustande. Bei den injicirten cylindrischen Zotten der Fleischfresser zeigten sich auch bei Anwendung starken Druckes bis zur Extravasatbildung die Breitendimensionen nicht grösser, als bei nicht injicirten Zotten desselben Contractions- resp. Extensionszustandes. Die Quermaasse derselben betragen ohne Epithel in Zotten, deren Gefässe gerade verliefen, 0.0576 bis 0.0768<sup>mm</sup>, bei solchen, deren Gefässe mässig geschlängelt verliefen, aber 0.115 bis 0.134<sup>mm</sup>. Im ersteren Falle zeigen die Zotten sehr oft eine ausserordentliche Länge.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bei forcirter Injection entstehen oft, noch ehe die Gefässe des subepithelialen Netzes von der central verlaufenden Hauptarterie der Zotten aus sich gefüllt haben, Extravasate, stets nur an der Spitze der Zotten. In solchen Fällen erscheint diese

Während des Lebens könnte die (doch wohl nur schwache) Wirkung des Blutdruckes allenfalls eine Streckung der Zotten erklären. Allein die schon von Lacauchie (und ähnlich von Kölliker) gefundene, leicht zu bestätigende Thatsache, dass gleich nach dem Tode sämtliche Darmzotten in Contraction, einige Zeit später aber wieder in Extension getroffen werden, weist darauf hin, dass auch nach dem Aufhören der Circulation Momente für die Extension der Zotten thätig sind. In Fällen, in denen man eine Wirkung der Peristaltik in dieser Hinsicht ausschliessen kann, bleibt bei dem Mangel elastischer Fasern in der Zotte nur übrig, die Ursache dieser Wirkung im Epithel zu suchen.

In der That findet man die Gestalt der Epithelzellen wechselnd je nach dem Contractionszustande der Zotte. So zeigen Epithelzellen der Zotten der Katze an Längsschnitten contrahirter Zotten 40<sup>u</sup> Höhe bei 4—5<sup>u</sup> Breite, an solchen gestreckter dagegen 16 bis 24<sup>u</sup> Höhe bei 7<sup>u</sup> Breite; die des Hundes an contrahirten Zotten 36<sup>u</sup> Höhe (oder mehr) bei 4 bis 5<sup>u</sup> Breite, an maximal gestreckten 8 bis 10<sup>u</sup> Höhe bei 6.5<sup>u</sup> Breite. Die Breite wurde dabei in der Gegend des Kernes gemessen. Aehnliche Verhältnisse ergaben sich für die Zotten der Nager.

Demnach sind die Epithelzellen an contrahirten Zotten höher cylindrisch und auf Längsschnitten schmaler als bei gestreckten. Dieses Verhalten erklärt sich als nothwendige Folge des vermehrten Seitendruckes, dem die Zellen bei Eintritt der Verkürzung der Zotten ausgesetzt sind.

Das hier bezüglich des Epithels contrahirter Zotten im Allgemeinen Gesagte bedarf jedoch, um den wirklich beobachteten Thatsachen gerecht zu werden, eines modificirenden Zusatzes und gewisser Beschränkung. An extendirten Zotten, deren Epithel glatt verläuft, zeigen die Zellen (abgesehen von Becherzellen) sich fast durchweg gleichgestaltet, ähnlich wie

---

meist sehr auffallend verlängert und verschmälert. Es möchte ersteres wohl darauf hinweisen, dass sich zuweilen Widerstände gegen den Uebertritt des Blutes aus dem centralen Arterienstamm in das subepitheliale Netz hier vorfinden. Vielleicht möchten diese mit den Endigungen der Zottenmuskeln in Zusammenhang zu bringen sein, die ja doch beim Hunde, wie wir oben erwähnten, mit ihren Schlingen die Gefässäste, in welche an der Spitze die Zottenarterie zerfällt, zu umfassen pflegen. Wenn man weiter bedenkt, dass die Blutzufuhr zur Zotte durch einen bis zur Spitze fast unverästelt aufsteigenden Arterienstamm bewerkstelligt ist, in welchem der Blutdruck ein erheblich grösserer sein muss als in dem stets reichlich entwickelten subepithelialen Gefässnetz der Zotte, welches durch ihn gespeist wird und einen in Summa grösseren Querschnitt darstellt als die Arterie, so wird das Vorwiegen der Streckwirkung auf die Zotte durch den Blutdruck der Arterie um so einleuchtender erscheinen. Auch dem Uebergang emulgirten Fettes in die Gefässe des subepithelialen Blutgefässnetzes, welchen Eysold beobachtete, kann nebenbei bemerkt ein erniedrigter Blutdruck in demselben nur zustatten kommen.

Schlusssteine von Gewölben, an ihrer Basis entsprechend der kleineren Fläche, in der sie Platz findet, etwas verschmälert, aber doch in continuirlichem Contact mit den Seiten der Nachbarzellen. Wo aber ein Contractionszustand der Zotte sich auszubilden begonnen hat, was sich durch Andeutung eines leichtwelligen Verlaufes der Epitheldecke erkennen lässt oder deutlich ausgesprochen ist, zeigen sich die Epithelzellen nach innen vom Kern, gegen ihre Basis zu, in einen fadenförmig feinen Fortsatz auslaufend (Fig. 9). Zwischen solchen Fortsätzen bleiben feine Lücken bestehen, in welchen man manchmal, aber keineswegs constant (durch ihre intensive Kernfärbung und ihr unregelmässiges Vorkommen in den verschiedensten Theilen der Zotte leicht kenntliche) Wanderzellen vorfindet.

Da thatsächlich Lücken zwischen den beschriebenen Fortsätzen zu beobachten sind, so kann ihr Zustandekommen sich nicht unmittelbar durch Seitendruck erklären, sondern muss als Folge einer Zugwirkung, einer Spannung der Epithelzelle in der Richtung ihrer Längsaxe betrachtet werden. Eine solche kann aber nur dann eintreten, wenn die Epithelzelle durch irgend eine Kraft von ihrem Ansatzpunkte an's adenoide Gewebe abgedrängt wird. Sie lässt sich ableiten aus dem Seitendruck, unter dem die Epithelzellen bei der Contraction der Zottenmuskeln stehen, in einer später zu erörternden Weise. Die Zugwirkung wird sich am deutlichsten dort ausgesprochen finden, wo es klar in die Augen springt, dass die Zelle von ihrem Ansatzpunkte abgedrängt ist, nämlich an den vorspringendsten Theilen der Falten contrahirter Zotten. An solchen zeigen sich auch in der That in ausgesprochenster Form die beschriebenen Veränderungen. Umgekehrt müssen letztere sich weniger an den Stellen ausprägen, wo die Epithelzellen gegen das adenoide Gewebe angepresst werden, nämlich den einspringenden Theilen der Falten. Auch dieses zeigt leicht die mikroskopische Beobachtung geeigneter Stellen gut geführter Schnitte. Hier sind die Epithelzellen weder in den fadenförmigen Fortsatz ausgezogen, noch verschmälert, sondern den leicht einzusehenden anderen Lageverhältnissen entsprechend von mehr cubischer Form.

Die Querschnitte der Epithelzellen in vorspringenden Falten zeigen sich in der Richtung der Zottenlängsaxe platt, in der Querschnittsebene der Zotte dagegen breit.

Dies hängt wohl auch damit zusammen, dass die Epithelzellen, dort wo sich vorspringende Falten bilden, in eine grössere Peripherie hineinrücken und sich dieser entsprechend in der Querschnittsebene (nicht nur, wie wir oben schon besprachen, verlängern, sondern auch) verbreitern müssen, dafür aber unter gleichzeitiger Mitwirkung erhöhten Seitendruckes in der Richtung der Längsaxe der Zotte bei deren Verkürzung in letzterer Richtung abplatteten. Die Veränderungen dieser Art erreichen einen so hohen

Grad, dass auch die Kerne der Epithelzellen davon betroffen werden. Ihr Querschnitt zeigt dann einen längeren Durchmesser von  $0.0064^{\text{mm}}$ , quer zur Längsaxe der Zotte stehend, und einen kürzeren Durchmesser von nur  $0.0024^{\text{mm}}$  parallel derselben. In Längsschnitten der Zotten, in denen die Epithelzellen in der Längsrichtung zur Anschauung kamen, erschien der Kern der letzteren  $0.014$  bis  $0.016^{\text{mm}}$  lang, ungemein schmal, und, wohl weil von der Kante gesehen, intensiv dunkel gefärbt (bei scharfer Kerntinctio des Praeparates), ähnlich den stift- oder halbmondförmigen Kernen am Grunde des Bauches von Becherzellen (Fig. 9).

An den einspringenden Falten (in denen oft mit Vorliebe Becherzellen sitzen) scheinen die Kerne nicht merklich verändert, oval von  $0.008^{\text{mm}}$  Länge und  $0.0064 : 0.0048^{\text{mm}}$  Dicke (Fig. 9).

Dass dem Epithel der Zotte eine beschränkte Compressibilität, also eine gewisse Festigkeit zukommt, beweist schon im Allgemeinen der Vorgang der Faltenbildung bei Verkürzung der Zotte. Andere Thatsachen weisen direct darauf hin, dass ihm auch elastische Eigenschaften eigen sind. Dafür spricht einmal die Art, in welcher sich das Epithel von der contrahirten Zotte postmortal abhebt, wenn seine Verbindung zum adenoiden Gewebe sich aus irgend welchem Grunde gelöst hat. Erfolgte die Lösung an einer beschränkten Stelle, so hebt es sich in Bogenform und in Continuität von dieser Strecke ab. Dabei nähert sich die Gestalt seiner Zellen einer niedrigeren, breiteren Form. Erfolgte die Lösung in der ganzen Peripherie des adenoiden Gewebes, so findet man das Epithel rings geschlossen einer zu weiten und zu langen Hülse vergleichbar, das adenoide Gewebe überragen und sich der Gestalt extendirter Zotten in mancher Hinsicht nähern. Auch der postmortal eintretende Uebergang contrahirt gewesener Zotten in Extensionszustand möchte manchmal mit grösster Wahrscheinlichkeit nur durch eine elastische Kraft des Epithels zu erklären sein. Da auch bei diesem Vorgang die Epithelzellen von selbst eine breitere und niedrigere Form annehmen, so erscheint die Annahme, dass es sich hierbei in seinem elastischen Gleichgewicht befinde, nicht unbegründet, und es würde daraus folgen, dass sich bei contrahirten Zotten die Epithelzellen in einer Art Zwangslage befinden.

Wollte Jemand die zuletzt besprochenen Beobachtungen auf Imbibitionsvorgänge beziehen, so würde dies für den Mechanismus der Streckung der Zotte durch eine Wirkung des Epithels nichts weiter ändern, als dass dann die Bedingungen für sein Zustandekommen nicht immer gleich günstig sein würden. Die Möglichkeit seines Zustandekommens während des Lebens würde durch diesen Einwand nicht beanstandet, da die Epithelzellen sich normal während der Verdauung erheblich mit Chylusbestandtheilen anfüllen. Zur Erklärung der Gestaltveränderung der Zotte bei der

Contraction ist indess wie die Elasticität des Epithels, wie wir schon sehen werden, eine nothwendige Voraussetzung. Da gegen dieselbe auch kaum irgend welche Thatsachen mir zu sprechen scheinen, stehe ich nicht an, eine solche als vorhanden zu betrachten.

Wenn nach den dargelegten Thatsachen sowohl Kräfte zur Verkürzung als auch zur Streckung in dem Bau der Zotte selbst begründet scheinen, durfte erwartet werden, dass man das Spiel der Verkürzung und Streckung der Zotten unter geeigneten Umständen am Darne lebender Thiere direct würde sehen können. Meine sämtlichen Versuche in dieser Richtung blieben erfolglos. In den meisten Fällen kann ich sicher in Abrede stellen, dass die Zotten während der Beobachtung eine selbstständige Bewegung ausführten. Eine solche hätte mir nicht entgehen können, da die Zotten bei guter Beleuchtung und verschiedenen bis zweihundertfacher Vergrößerung selbst in Einzelheiten (pulsiren der Zottenarterie, Richtung des Kreislaufs, Runzeln des Epithels) deutlich zur Anschauung kamen. Auch wenn ich den Versuch von Brücke nachahmte, der durch Streichen mit einer feinen Knopfsonde über die Darmschleimhaut an den berührten Stellen eine Furche sich ausbilden sah, die er als Folge activer Verkürzung der Zotten beschreibt, bemerkte ich stets nur, dass die Zotten sich in Folge des Streichens auf die Seite legten, hatten und sich nachher aus dieser Lage wieder ein wenig aufrichteten, im Ganzen aber, wie ich überhaupt alle in lebend beobachteten eröffneten Därmen fand, nach den Runzeln des Epithels zu urtheilen, mässig contrahirt waren.

In anderen Fällen blieb ich im Zweifel, wie ich meine Beobachtung zu deuten hätte. Hier möchte ich nur eine derselben kurz erwähnen. Ich vermochte einmal bei einer curarisirten jungen Katze, deren Darm ich durch einen Kreuzschnitt quer und parallel zur Darmaxe eröffnet hatte, eine kurze Strecke weit in den nicht mehr eröffneten Theil des Darmrohres hineinzusehen. Hier waren die Zotten so gestellt, dass ich sie von oben her zur Anschauung bekam. Sie präsentirten sich als gleichmässig blutrothe Scheiben, die von einem weissen Ring (Epithel) umgeben waren. Nachdem ich mehrere derselben mit dem Strahl einer Federfahne gestichelt hatte, erblasste ganz langsam die rothe Mitte, so dass nur noch einzelne rothe Punkte dicht innerhalb des Epithelringes und ein grösserer mehr im Centrum sichtbar blieben; die zwischen liegenden Theile mehr hellgrau erschienen. Es war also offenbar ein Theil des Blutes aus den Gefässen der Spitze entwichen. Nach längerer Zeit unverwandten Zusehens röthete die Mitte sich wieder gleichmässig. Die angewandte Vergrößerung war dreissigfach. Ich lasse es dahingestellt, ob die gemachte Beobachtung auf selbstständige Contraction und Extension der Zottenmuskeln zu beziehen sei.

Immerhin müsste eine Bestätigung der selbständigen Extension der

Zotten durch directe Beobachtung des Vorganges selbst, dessen Möglichkeit sonst nur auf Umwegen erschlossen werden kann, von erheblichem Interesse sein, zumal wie ich gleich näher erörtern werde, für das Zustandekommen der Extension überhaupt es nicht mehr als ein notwendiges Postulat angesehen werden kann, dass die Kräfte, welche sie herbeiführen, in der Zotte selbst gelegen seien.

Es lässt sich ganz unzweifelhaft beweisen, dass jede peristaltische Contraction auf contrahirte Zotten eine energische Streckwirkung ausübt. Schon die Thatsache, dass die Zotten auf der Darmschleimhaut fast überall so dicht beisammenstehen, dass kaum ein Zwischenraum zwischen ihnen bestehen bleibt, hätte darauf hindeuten müssen, dass, wenn das Darmrohr sich verengt, die Zotten sich gegenseitig seitlich comprimiren würden. Dass dies der Fall ist, und die Zotte dabei gestreckt wird, vermochte ich dadurch sicher zu stellen, dass ich das Darmrohr in verschiedenen Stadien der Verengung fixirte und die Länge der Zotten von der vorhandenen Verengung des Darmrohres in regelmässiger Abhängigkeit fand.

Schneidet man eine Darmschlinge unmittelbar nach erfolgtem Tode des Thieres auf, so krepeln sich sofort die Schnittränder convex nach aussen um, die Schleimhaut wölbt sich etwas vor, ihre sämtlichen Zotten zeigen sich im Zustande energischer Contraction und Faltung des Epithels (vergl. den Längsschnitt Fig. 6). Gerade so verhalten sich die Zotten sehr weiter Darmschlingen, die frisch durch Pikrinschwefelsäure, kochendes Wasser oder starken Alkohol in dieser Weise fixirt wurden.

Bringt man jedoch eine lebensfrische Darmschlinge durch irgend eine lokale Reizung zur Contraction und wirft sie unaufgeschnitten rasch in eine der genannten Flüssigkeiten, so zeigen sich in diesen Stücken bei nachträglicher Untersuchung die Zotten in mehr oder weniger vollkommener Streckung mit glattverlaufendem Epithel. Zotten und Drüsen stehen dabei besonders bei Fleischfressern, deren Darmrohr durch seine mächtige Muskellage eine gewisse Steifheit erhält und schon bei mässiger Verengung annähernd cylindrisch wird, schnurgerade etwa parallel zu einander radiär zur Axe des Darms (vergl. Fig. 7). Nur wenn die Contraction der Darmmuskulatur ungleichmässig erfolgte oder so hochgradig war, dass sie zum vollkommenen Verschwinden des Darmlumens führte, treten Störungen dieser sehr regelmässigen Stellung der Zotten ein. Schneidet man nach vollendeter Härtung ein in der beschriebenen Weise behandeltes Darmstück auf, und klappt die Schnittränder auseinander, so weichen manche Zotten in unregelmässigen Linien auseinander, andere bleiben dazwischen aber in kleinen Gruppen dicht zusammengedrängt, parallel mit einander und gerade gestreckt stehen und gerade solche Stellen eignen sich vortrefflich zur Erzielung recht

annähernd genauer Längsschnitte der Zotten. Die in Fig. 7 gezeichnete Zotte entstammt einer solchen Stelle; ihren Seiten entlang sieht man die Contouren der Nachbarzotten in grösster Nähe verlaufen. Dieselbe ist trotz ihrer erheblichen Länge doch noch nicht ganz extendirt, da in ihrer oberen Hälfte noch zahlreiche Epithelfalten das Bestehen einer Verkürzung anzeigen. Dagegen findet sich die Zotte in vollkommener Extension ihrer unteren Hälfte, wo das Epithel dem entsprechend ganz glatt verläuft. Offenbar haben sich die Faltungen des Epithels hier durch den Seitendruck, unter welchen diese Theile der Zotte bei Eintritt der Darmverengung zu stehen kommen, grösstentheils ausgeglichen und dadurch die partielle Streckung der Zotte mit Ueberwindung deren eigener Musculatur erzwungen. In dieser Hinsicht besteht also ein Antagonismus zwischen Darmmusculatur und Zottenmuskeln.

Ausserdem, dass die Streckung der Zotte ihren Grund in dem Ausgleich der Epithelfalten hat, ist hier besonders hervorzuheben, dass das Epithel der Zotte rings zum Rohre geschlossen ist. In Folge dessen wird dasselbe zunächst allein vom Seitendruck getroffen und hält diesen vermöge seiner Festigkeit von den innern Theilen der Zotte ab. Die letztern werden daher bei der passiven Geradestreckung des Epithels durch die Peristaltik diesem gerade so folgen, als wenn das Epithel vermöge seiner eigenen um einen gewissen Zuwachs vermehrten Elastizität sich streckte und sich demgemäss keine Compressions-Erscheinungen zeigen können. In dieser Beziehung findet die Wirkung der Peristaltik ihren Ausdruck in einem einfachen Zuwachs zu der elastischen Streckwirkung des Epithels der Zotte. Thatsächlich lässt sich eher für als gegen diese Auffassung anführen, dass Querschnitte der durch Wirkung der Peristaltik gestreckten Zotten der Fleischfresser eine rundliche oder polygonal rundliche Gestalt besitzen. Flache Zotten mit weitem Chylusbehälter (wie vom Meerschweinchen, Kaninchen) stehen mit ihren längern Basisdurchmessern mit Vorliebe parallel der Ringmusculatur des Darms, so dass auch hier Vermeidung einer Compression der innern Theile der Zotte durch die peristaltische Contraction vielleicht angestrebt scheint.

Bemerkenswerth ist die grosse Weite des Chylusgefässes an der Spitze der Fig. 7 gezeichneten Zotte. Vielleicht erklärt sie sich aus einer Füllung mit Resorptionsmasse, welche, indem die Darmmuskeln sich ungleichmässig contrahirten und so die untern Theile der Schleimhaut zuerst einer Compression ausgesetzt waren, in die Spitze der Zotte gepresst wurde, so dass diese sich kolbig erweiterte. Für solche Fälle könnten wohl die Muskeln der Zotten die Aufgabe haben, einer Ueberausdehnung der Zotte entgegenzuwirken.

Wie immer dieses sich verhalten möge, so zeigt sich in Bezug auf

Gestalt der Zotte und Verhalten des Chylusgefässes dazu sowohl in Fig. 6 als Fig. 7 ein Zusammentreffen, welches den bisherigen Anschauungen darüber direct widerspricht, indem sich neben den Anzeichen der Verkürzung der Zotte (Fig. 6, Fig. 7 a. d. Spitze) ein weites Chylusgefäss neben den Anzeichen der Extension ein sehr enges Chylusgefäss (Fig. 7, untere Hälfte etc.) findet. Eine Täuschung über diese Verhältnisse, die ich an lückenlosen Schnittserien genügend oft constatiren konnte, halte ich für ausgeschlossen. Da es hiernach den Anschein hatte, dass unbekannte Aenderungen im Verhalten der Chylusgefässe durch die Contraction der Zottenmuskeln erzeugt würden, suchte ich mir hierüber Aufschluss zu verschaffen, indem ich vor Allem die durch ausgiebige Verkürzung und Streckung und ziemlich regelmässigen Bau dazu geeignet erscheinenden Zotten der Fleischfresser zur Untersuchung zog. Ich suchte mir dieselben in verschiedenen Stadien der Bewegung zu fixiren, zerlegte sie in Schnittserien, mikroskopirte diese und nahm die Maasse der Zotten.

Die Erhaltung contrahirter und ziemlich gestreckter Zotten zu diesem Zwecke macht nach den oben gemachten Bemerkungen keine Schwierigkeiten. Sehr selten vermochte ich aber vollkommen gestreckte Zotten lebensfrisch zu erhalten. Am besten gelang dies noch zuweilen dadurch, dass ich erwärmte Pikrinschwefelsäure in den Darm des lebenden Thieres injicirte, wodurch man gleichzeitig sowohl Blut als Chylusgefässe durch geronnenen Inhalt in vollkommener natürlicher Injection erhalten kann. Unter vielen fand sich dann hier und da eine beinahe vollkommen gestreckte Zotte.

Ganz gestreckte Zotten erhielt ich nur aus Darmstücken, die mehrere Stunden nach dem Tode geöffnet wurden. Leider trifft man dann ihr Epithel nur noch in so lockerem Zusammenhange mit dem adenoiden Gewebe, dass man es günstigen Falls nur noch an einzelnen Stellen erhalten kann.

Zotten vom Hunde in vollkommenster (postmortaler) Extension zeigten sich auf Querschnitten rundlich von fast fadenähnlich dünner, langgestreckter Form. Sie besitzen eine Länge (ohne Epithel) von 1.9 bis 2.1<sup>mm</sup>, eine Breite von 0.04 bis 0.05<sup>mm</sup> und flottiren unter Flüssigkeit wie feine Fäserchen. Die meisten Zotten finden sich nicht in solch' extremer Verlängerung; viele besitzen knotige Anschwellungen, in denen erstarrtes Fett sitzt, das sich in Terpentin löst, so dass dann an Stelle des Fettes eine Vacuole besteht. Die Epithelien, wo sie noch erhalten waren, maassen 0.012 bis 0.016<sup>mm</sup> Höhe (auch die Becherzellen) und 0.008<sup>mm</sup> Dicke. Die Weite des auf dem Querschnitt runden Chylusgefässes betrug 0.008<sup>mm</sup>. Die Breitendimensionen solcher Zotten stimmen gut überein mit dem entsprechenden der untern Hälfte der in Fig. 7 dargestellten, die, wenn man

sie sich ganz extendirt dächte, auch die oben angeführten Längenmaasse erreichen würde.

Zotten im lebenden Thier durch Säureinjection gehärtet zeigten in mässig weiten Darmschlingen 1.53 bis 1.44<sup>mm</sup> Länge und nicht sehr zahlreiche Epithelfalten. Auf Querschnitten hatten sie Durchmesser von 0.134 bis 0.268<sup>mm</sup>, den kleinern Durchmessern entsprechen die geringsten Durchmesser der Chylusgefässe von 0.008<sup>mm</sup>, die man an Längsschnitten sonst nur neben faltenlos verlaufenden Epithel trifft. In Querschnitten mit grösseren Durchmessern zeigten die Chylusgefässe grössere Weite bis 0.04<sup>mm</sup> (und mehr); solche Weite findet sich an Längsschnitten nur an Zotten, die mehr oder weniger faltiges Epithel aufweisen.

Zotten in stärkster Verkürzung fand ich 0.92 bis 0.96<sup>mm</sup> lang, 0.22 bis 0.23<sup>mm</sup> breit, das Chylusgefäss durchschnittlich 0.04<sup>mm</sup> breit. Bezüglich der Eigenthümlichkeiten solcher Zotten giebt Fig. 6 und deren Erklärung eingehend Aufschluss. Ein Vergleich der soben angeführten Maasse von Zotten verschiedener Bewegungsphasen bestätigt im Ganzen das oben bei einfacher Vergleichung der Fig. 6 und 7 Aufgefallene, dass das Chylusgefäss gestreckter Zotten eng, das contrahirter Zotten aber weit sei. Die Zahlen ergaben das weitere, dass die grosse Breite des Chylusgefässes schon bei mässiger Verkürzung der Zotte erreicht wird und bei stärkster Verkürzung bestehen geblieben ist (Fig. 6). Darnach ist zunächst also festzuhalten, dass durch die Verkürzung der Zotte eine vollständige Entleerung des Chylusgefässes keines Falls erzielt werden kann.

Nun ist die weitere Frage, ob überhaupt, und dann in welcher Weise die Verkürzung der Zotte eine Entleerung des Chylusgefässes herbeiführen kann.

Die Entscheidung zu Gunsten der Entleerung würde liefern der Nachweis, dass durch Contraction der Zottenmuskeln der Cubikinhalt der Zotte insbesondere aber der des Chylusgefässes vermindert werde. Da aber thatsächlich mit der Verkürzung auch gleichzeitig eine Verbreiterung der Zotte eintritt, welche sehr wohl eine Volumsabnahme durch Verkürzung ausgleichen könnte, so ist dies nicht ohne Weiteres klar, sondern muss durch Berechnung des Cubikinhalts der Zotte mit Hülfe genauer Maasse in verschiedenen Phasen ihrer Bewegung erst ermittelt werden.

Genauen Messungen zu diesem Zwecke stellen sich Schwierigkeiten und mancherlei Quellen der Täuschung entgegen. Einmal kann an ein und derselben Zotte nur ein Bewegungszustand studirt werden. Man ist dadurch genöthigt, die für verschiedene Zustände der Bewegung gefundenen Maasse verschiedener Zotten zu vergleichen und dies bedingt eine Fehlerquelle, da für die Zotten zwar (bei Fleischfressern wenigstens) ziemlich ähnliche, aber doch nicht genau gleiche Dimensionen vorausgesetzt werden

dürfen. Ausserdem sind bei der Untersuchung einer einzelnen Zotte auch selten alle Verhältnisse controllirbar, die berücksichtigt werden müssen. Biegungen, Drehungen um die Längsaxe, Extensionszustand lassen sich meist nur an ganz gelassenen Zotten oder sehr glücklich geführten Längsschnitten derselben, die Breitendurchmesser der Zotte in verschiedenen Richtungen, oft auch die des Chylusgefässes nur an guten Querschnitten genügend genau feststellen. So kann nur das Mittel aus einer sehr grossen Zahl von Maassen den daraus abgeleiteten Folgerungen mit grösster Wahrscheinlichkeit eine allgemeinere Gültigkeit sichern.

Die von mir oben angeführten Maasse für die Zotten des Hundes geben Mittelwerthe von Maassen aus einer leider wohl nicht genügend grossen Reihe von Zotten in verschiedener Bewegungsphase, die zur Messung geeignet schienen. Sie entstammen verschiedenen Versuchshunden. Vielleicht dürften die gegebenen Zahlen dem richtigen Sachverhalt wenigstens im Allgemeinen nicht widersprechen.

Wenn ich darnach den Inhalt der Zotten, wobei ich letztere statt als Prismen mit polygonaler Grundfläche als Cylinder betrachtete, berechnete und zwar den Inhalt vollkommen gestreckter aus den dafür gefundenen Maximalwerthen, den mässig oder stark contrahirter aus dafür gefundenen Minimalwerthen, so ergab sich eine geringe Zunahme des Volums der mässig contrahirten, eine geringe Abnahme des der stark contrahirten gegenüber den vollkommen extendirten Zotten. Demgemäss würden die Zotten des Hundes während der Contraction ihrer Muskeln ein Maximum ihres Volums durchlaufen und dieses Maximum würde bei mittlerem Contractionszustande erreicht sein. Dasselbe ergibt sich für das Chylusgefäss der Zotte in noch viel ausgesprochenerem Grade als für die Zotte als Ganzes. Doch zeigt das Verhalten des Chylusgefässes einen Unterschied von dem der Zotte darin, dass es (in Uebereinstimmung mit der schon früher betonten, sofort in die Augen springenden grossen Weite desselben) in maximal contrahirten Zotten nach angestellten Berechnungen grösseren Cubikinhalte besitzt als in maximal extendirten.

Zur Erläuterung mag noch Folgendes dienen. Der Inhalt eines Cylinders mit veränderlichen Dimensionen bleibt derselbe, wenn die eine nach demselben Faktor wächst, nachdem die andere abnimmt. Je länger und schmaler ein Cylinder ist, eine desto geringere Verkürzung desselben wird also nöthig sein, um eine sehr erhebliche Verkürzung desselben so zu compensiren, dass sein Inhalt derselbe bleibt. — Eine cylindrische Zotte von 0.08<sup>mm</sup> Breite und 1.80<sup>mm</sup> Länge (wie ich sie z. B. fand) würde bei ihrer Verkürzung auf 0.9<sup>mm</sup> eine Breite von 0.16<sup>mm</sup> annehmen müssen, wenn ihr Cubikinhalte sich nicht ändern

sollte. Nun zeigen aber fast alle Zotten schon bei viel geringerer Verkürzung erheblich grössere Breite. — Das Chylusgefäss an sich stellt innerhalb der Zotte einen erheblich engeren, aber fast eben so langen Cylinder wie die Zotte selbst dar. In Gegenden mit extendirten Zotten misst es 0.008 bis 0.012<sup>mm</sup> im Durchschnitt. Bei mittlerer und maximaler Verkürzung (letztere geht etwa bis zur Hälfte der Länge der maximal extendirten Zotte) erreicht es eine Breite von 0.04<sup>mm</sup> und darüber. Sein Breitendurchmesser ist also nach dem Faktor 3.3 bis 5 gewachsen, während seine Länge im äussersten Fall nach dem Faktor 2 (bei maximaler Verkürzung der Zotte) abnehmen kann.

Es muss demnach bei maximaler Contraction der Zotte das Volum des Chylusgefässes noch  $\frac{3 \cdot 3}{2}$  bis  $\frac{5}{2}$  mal grösser sein, als bei völlig gestreckter Zotte. Bei mittlerer Contraction aber müsste das Volum annähernd sein Maximum erreicht haben. Da das Volum der Zotte kleiner bei maximaler Contraction ist als bei voller Extension, das Volum des Chylusgefässes aber grösser, so ergibt sich das Weitere, dass das Chylusgefäss während der Contraction relativ zum Volum der Zotte an Cubikinhalt zunimmt. Daraus würde weiter folgen, dass das Chylusgefäss während der Contraction der Zotte aus dem Gewebe der letzteren Resorptionsmasse aufnehmen muss.

Die Verbreiterung der Zotte, die schon von den ersten Beobachtern der Zottenbewegung bemerkt wurde, hätte in einer Hypothese, welche die Entleerung der Zotte bei ihrer Verkürzung lehren will, aus einfachen mathematischen Gründen streng genommen nicht vernachlässigt werden dürfen. Wenn dies trotzdem geschehen ist, so mag es seine Entschuldigung darin finden, dass man die Verbreiterung unterschätzte, die technischen Hilfsmittel nicht so vollkommen waren, um die nöthigen Aufschlüsse über innere Volumsverhältnisse zu erreichen und doch auch zuzugeben ist, dass es unter solchen Umständen nahe lag anzunehmen, dass die Verbreiterung einfach durch vorspringende Falten des Epithels hervorgerufen und durch die einspringenden Falten desselben compensirt werde.

Für das Verständniss des Mechanismus der Verbreiterung, welche thatsächlich auch die inneren Theile der Zotte bei ihrer Verkürzung eingehen, geben nun folgende Thatsachen Aufschluss. Einmal findet sich die Rundung der Spitze contrahirter Zotten verhältnissmässig oft abgeflacht oder keilförmig eingezogen, so dass sehr wahrscheinlich schon hierdurch die Ansatzpunkte der Muskelfasern auseinanderrücken werden. Dann aber ergibt sich aus der Anordnung der Muskeln zum Epithel der Zotten ein ähnliches Verhältniss zwischen beiden, wie zwischen einer Sehne und ihrem elastischen Bogen, indem die ersteren entweder sämmtlich oder mindestens

in ihrer Hauptmasse nahe der Axe verlaufen, letzteres aber, mit einer gewissen Elasticität und Festigkeit ausgestattet, in der Peripherie der Zotte liegt. Wie durch Verkürzung der Sehne ein Bogen sich stärker spannt, so wird auch gleichsam der Epithelbogen bei Verkürzung der Muskeln sich stärker spannen müssen, dabei das Bestreben entfalten, sich von den Muskeln in senkrechter Richtung zu ihrem Verlauf zu entfernen.

Da nun das Epithel auf Querschnitten der Zotte zum Ring geschlossen ist, wird dieser sich in centrifugaler Richtung von der centralen Längsaxe der Zotte entfernen, bis seine Spannung in dieser Richtung eine maximale Grenze erreicht hat. Der Epithelring des Querschnittes erweitert sich also. Da derselbe durch Bindegewebsfasern mit der Endothelwand des Chylusgefäßes verbunden ist, wird er gleichzeitig durch einen Zug auf diese das Chylusgefäß erweitern.<sup>1</sup> Auch die Muskeln werden dabei aus ihrem gestreckten Verlauf etwas peripherwärts verlagert, soweit ihr Bestreben nach Art elastischer, gespannter Fäden eine gestreckte geradlinige Lage einzuhalten, dies gestattet. — Dazu kommt, dass die Falten im Epithel contrahirter und dadurch verbreiteter Zotten thatsächlich stets senkrecht zur Zottenlängsaxe gestellt sind. Dieselben müssen daher durch eine in summa senkrecht zu letzterer wirkende Kraft erzeugt sein, wie sie sich aus dem oben Gesagten leicht herleiten lässt, können aber nicht directe Folge des Muskelzuges sein, denn in diesem Falle müssten sie sich möglichst parallel der Verkürzungsrichtung der Muskeln selbst stellen. Dies aber beobachtet man nie.

Die Verbreiterung der Zotte ist demnach eine Folge der Anordnung der Zottenmuskeln zum Epithel, welches letztere ähnlich wie eine elastische Lamella einer einseitigen Oberflächenverringering, wie Contraction der Zottenmuskeln sie für die innere Fläche des Epithels mit sich bringen würde, dadurch auszuweichen sucht, dass sie sich nach der entgegengesetzten Seite bogenförmig ausbiegt. Dass dabei aus dem ursprünglich einfachen Bogen schliesslich eine Faltenbildung, d. h. eine grössere Anzahl kleinerer abwechselnd entgegengesetzt gerichteter Bogen entsteht, hat seinen Grund darin, dass das Epithelrohr an sich nur einer beschränkten Erweiterung fähig ist, deshalb auch bloss eine beschränkte Ausbiegung in einer Richtung gestattet. Die Orte der Faltenbildung werden sich dabei wohl durch functionelle Zustände der Epithelien bestimmen. Dass constante anatomische Structurverhältnisse dieselben bedingen, ist schon deswegen unwahrscheinlich, weil dann die Falten stets an derselben Stelle auftreten müssten und dies in gewisser Hinsicht eine Ungleichwerthigkeit der Epithelien voraussetzen würde. —

Kiel, den 10. December 1884.

<sup>1</sup> Ich erinnere an die oben besprochene Abhängigkeit der Gestalt der Epithelzellen vom Contractionszustande der Zotten. Vergl. S. 174.

## Erklärung der Figuren.

(Taf. VII.)

Sämmtliche Figuren wurden mit der Camera lucida entworfen.

**Fig. 1.** Faltenförmige Zotte aus dem Dünndarm des Meerschweinchens parallel ihrer Basis mit der Scheere quer durchschnitten. *ch* — Chylusraum in der Zotte, dessen Volum durch Auseinanderrücken der Wände ausserordentlich gross werden kann.

**Figg. 2 a und b** stellen zwei einer grösseren Querschnittreihe des Dünndarms eines Meerschweinchens entnommene unmittelbar aufeinander folgende Längsschnitte derselben Zotte dar. Der 2 a bezeichnete Schnitt war so geführt, dass er einen grossen Theil der Endothelwand des Chylusraums der Zotten enthielt, der in 2 b dargestellte Schnitt lag centralwärts von ersterem in der Zotte, zeigt deswegen einen Theil des Chylusraumes selbst als weite Lücke der Stelle entsprechend, an welcher in 2 a die durch hellere Schattirung und grosse Kerne schon bei oberflächlicher Betrachtung ausgezeichnete Endothelwand dargestellt ist.

Die Breite der Zotte in der Gegend der Schnitte betrug in mittlerer Höhe 0.312 mm ihre Höhe sammt der Dicke der Drüsenschicht 0.42 mm. Unterhalb der Basis der eigentlichen Zotte findet sich die Drüsenschicht durch drei Drüsenschläuche auf den Zeichnungen vertreten. Eine Muscularis mucosae unterhalb dieser fehlt. Direct unter der Drüsenschicht liegt eine Lage lockeren gefässführenden Bindegewebes, in welcher in Fig. 2 a ein in der Bildebene verlaufendes Arterienstämmchen, *a*, kenntlich durch seinen Reichthum an querverlaufenden Muskelfasern auftrat. Bei *a'* ist dasselbe angeschnitten; in 2 b, *a* findet sich ein Zweig desselben. Unter dieser Schichte verläuft die Darmmusculatur in zwei Schichten, der inneren circulären, *v*, und der äusseren longitudinalen, *z*.

Eine getrennte Beschreibung erheischt nur das Chylusgefäss in beiden Figuren.

Fig. 2 a zeigt die Endothelwand desselben. Diese, gebildet von sehr flachen 12.8–16  $\mu$  breiten polygonalen oft unregelmässig begrenzten Zellen mit ovalen oder rundlichen durchschnittlich 9.6:11.2  $\mu$  messenden Kernen, *en*, zwischen denen günstigen Falls die Zellecontouren *k* als sehr feine Linien hinziehend erkennbar sind, ist durch zufällig besonders glückliche Schnittführung in grosser Ausdehnung überschaubar und freigelegt. An Präparaten, die Osmiumdämpfen ausgesetzt und mit Haematoxylin gefärbt wurden, wie die hier beschriebenen, erscheinen ihre Kerne eigenthümlich glänzend, epithelähnlich, der Zellenleib sehr feinkörnig, hell graublau gefärbt.

Unmittelbar auf dieser Wand stellenweise ihre Kerne verdeckend verlaufen die glatten Muskelfasern, *m*, der Zotte, bald zu mehreren beisammen liegend, bald als einzelne längsschweifige Fasern von erheblicher Länge. Im Verlaufe zeigt sie meist eine Breite von 1.6  $\mu$ , erleidet jedoch an einer Stelle eine Anschwellung und enthält hier einen 4 bis 4.8  $\mu$ , breiten 17.6 bis 19.2  $\mu$  langen charakteristischen Kern von starkem Lichtbrechungsvermögen. Die Faser erschien dunkelgraublau, der Kern besonders intensiv tingirt, sehr scharf contourirt. Ausser im Anschluss an die Endothelwand fanden

sich keine Muskeln in der Zotte. — Die Lücke bei *ch'* entspricht dem Querschnitt eines Chylusstämmchens, welches mit dem Chylusstämmchen der Zotte in Verbindung tritt. (Vergl. 2 b, *ch*.)

In Fig. 2 b entspricht die leergelassene Lücke *ch* dem Umfang, in welchem durch den vorigen Schnitt das Chylusgefäß angeschnitten wurde. Die Grenzen der Lücke erscheinen nicht überall scharf, indem hin und wieder, *en*, Reste der hier schräg durchschnittenen Endothelwand stehen geblieben sind. Die hier gezeichnete Weite entspricht nicht der vollen Weite des Chylusbehälters. Diese trat erst auf dem folgenden noch centraler in der Zotte gelegenen Schnitte hervor und begrenzte sich links ungefähr an den bei *m* gezeichneten Muskelfasern.

Die Blutgefäße *b*, die in reichlicher Menge unter dem Epithel der Zotte verlaufen, finden sich im Innern derselben nur vereinzelt als einfache Endothelröhren von 8 bis 9  $\mu$  Dicke. Die deutlich vortretenden Kerne der Endothelzellen zeigten kaum 1.6  $\mu$  Dicke; ihre Flächenmaasse verhielten sich wie 8:11.2  $\mu$ . Das adenoide Gewebe selbst, überhaupt meist ausserordentlich gering entwickelt, ist in den Fig. 2 meist nicht deutlich, da die Zotte in Fettersorption gehärtet und fast allenthalben von Fetttropfen durchsetzt erscheint, besonders aber in der Spitze die fettbeladenen von Zawarykin beschriebenen Wanderzellen (?) massenhaft vorfinden. Diese Zellen erscheinen sehr gross, von 14.5  $\mu$  Durchmesser, mit runden Kernen 8  $\mu$  Durchmesser. Die in ihnen liegenden Fetttropfen wechseln in ihrer Grösse von unmessbarer Kleinheit bis zu 8  $\mu$  Durchmesser.

Die Wanderzellen zwischen den Epithelzellen waren durchschnittlich kleiner (11.2  $\mu$ , die Kerne 8  $\mu$ ).

Fig. 3 zeigt bei 800 maliger Vergrösserung einen Schnitt aus der Spitze einer nicht injicirten Darnzotte des Kalbes, die etwas seitlich und schräg zu ihrer Längsaxe geschnitten ist. Das Epithel, nur noch mit leichten Andeutungen (postmortal?) verschwundener Faltenbildung, zeigt eine niedrige, fast cubische Form seiner Zellen. Sein Binnenraum ist eingenommen von einem lückenreichen Maschengewebe, dessen Verhalten im Ganzen dem des adenoïden Gewebes ähnlich erscheint. Doch sind die Lücken vielfach schwer zu deuten. Einzelne derselben (*c*) lassen sich sicher als Gefässdurchschnitte erkennen. Ich möchte aber glauben, dass in Wirklichkeit bei weitem die grösste Menge derselben solche sind, da an injicirten Präparaten aller Zotten, die ich untersuchte, das sogen. adenoïde Gewebe ausserordentlich spärlich entwickelt ist. — Die einzigen derberen Züge im Gewebe der Zotte bilden die Muskelfasern (*m*), an welche sich allenthalben die Bindegewebelemente ansetzen. Das eigentliche Ende dieser Fasern ist in Fig. 3 sichtbar. Zwischen ihnen (bei *ch*) ist das Chylusgefäss schräg angeschnitten, doch zeigen sich die Endothelien seiner Wand, vielleicht wegen hierzu ungeeigneter Schnittführung, hier nicht in charakteristischer Weise. Nur die grosskernigen Zellen bei *en*, wo das Chylusgefäss in der Zotte sein Ende erreicht, möchte ich sicher für Endothelien halten.

Fig. 4 (I—VII) giebt die Umrisse des Epithels (welches zwischen doppelten Contouren schraffirt ist) in sieben in der Reihe der beigesetzten Zahlen aufeinanderfolgender Schnitte, die parallel der Höhenaxe durch eine zottentragende Falte des menschlichen Jejunums geführt wurden. Bei *d* sieht man einen Drüsenschlauch in der Substanz der (3—7) Falte bis zu ihrem Gipfel aufsteigen, wo sie mündet (*g*, *g*); bei 1, *d* einen solchen unterhalb der Einsenkung zwischen zwei Gipfeln, welche nirgends das durch die punktirte Linie *n* angedeutete Niveau der eigentlichen Drüsenschicht erreicht. *m* = Muscularis mucosae; *c* = Contour eines benachbarten Gipfels.

Fig. 5 giebt (aus einer lückenlosen Serie) Flächenschnitte der Schleimhaut des menschlichen Jejunums oberhalb des Niveaus der eigentlichen Drüsenschicht. Das Epithel ist durch eine dunkler gehaltene breite Grenzlinie angedeutet. Der Schnitt Fig. 5 a lag noch in dem Niveau, in welchem durchweg ein Zusammenhang der Schleimhautfalten besteht. Hier findet man demnach nirgends isolirte, sondern nur unter einander zusammenhängende Querschnitte, die leere Lücken zwischen sich lassen (*l*). In der Substanz derselben finden sich Drüsenquerschnitte (*d*), je näher der Drüsenschicht der Schnitt lag, desto zahlreicher. Hier und da zeigt sich der Epithelcontour stark gezähnt, *dr*; solche Stellen entsprechen tieferliegenden Drüsenmündungen, oberhalb deren oft eine Art Rinne über die Fläche des Epithels emporsteigt, gleichsam als halbrinnenförmige Fortsetzung des Drüsencanals. So scheint sich die strenge Scheidung zwischen Drüsenepithel und Deckepithel der Zotten auch morphologisch zu unterscheiden. Ein mit *d'* bezeichneter Drüsenquerschnitt der Fig. 5 a fand sich noch auf sehr oberflächlich gelegenen Schnitten der Serie, von denen Fig. 5 b und 5 c die Theile wiedergeben, in welchen daselbst dieser Drüsen Schlauch zu sehen war. Hier zeigen sich schon viele Unterbrechungen der Continuität der Schnitte und zwar die meisten auf dem 0.22 mm oberhalb der Drüsenschicht und zugleich am oberflächlichsten gelegenen Schnitt Fig. 5 c.

Fig. 6 stellt bei 80 facher Vergrößerung eine Dünndarmzotte des Hundes dar, die sofort nach dem Tode in einem aufgeschnittenen Darmstücke, dessen Ränder sich ungekröpelt hatten, durch Chrom-Osmium-Essigsäure-Mischung in starker Contraction fixirt wurde. In diesem Zustande betrug ihre Länge 0.9 mm, ihre Breite 0.2 mm, die des Chylusgefäßes 0.036 mm (an engster Stelle 0.032 mm). Der Schnitt traf die Zotte ihrer ganzen Länge nach, da sie aber ein wenig gekrümmt war, nicht überall gleich central. An den meisten Stellen findet sich das Chylusgefäß angeschnitten und stellt demnach in der Zeichnung eine leere Lücke dar (*chl*). Nur bei *em* ist ein Theil seiner Endothelwand stehen geblieben, die sich durch ihre rundlichen Kerne (6: 8.4  $\mu$  messend) hervorthut. Im ganzen Verlauf des Chylusgefäßes sieht man solche von der Seite her in das Lumen desselben vorragen. Die Begrenzung des Chylusgefäßes wird scharf hervorgehoben durch geradlinig verlaufende, ihr unmittelbar anliegende Muskelfasern, *m*, deren man eine grössere Anzahl gegen die Spitze der Zotte hin laufen sieht. Die Länge der Fasern ist schwer zu ermitteln. Ihre Breite betrug 3.2  $\mu$ , nur neben dem Kern mehr (4  $\mu$ ); letzterer ist 16 bis 17  $\frac{1}{2}$   $\mu$  lang, 2.4 bis 3.2  $\mu$  breit. Quer zu ihrem Verlauf zeigen sich besonders deutlich hervortretende Querfaserzellen, die theilweise zwischen Muskelbündeln ausgespannt sind, theilweise, die Muskelbündel kreuzend, im adenoiden Gewebe verlaufen. Sie zeigen sich fast überall in dem letzteren, sind aber recht deutlich nur an contrahirten und verbreiterten Zotten kenntlich. Ihre Breite kann bis zu 2.4  $\mu$  betragen, ihre Kerne zeigen eine Breite von 1.0 bis 2.4  $\mu$  und eine Länge von 9 bis 12.8  $\mu$ ; sie bewirken an ihrer Stelle eine spindelförmige Auftreibung der Faser. Neben diesen finden sich mehr rundliche und verästelte Zellen. Das Bindegewebe der Zotte folgt an seiner Grenze zum Epithel allenthalben den Faltungen des letzteren, in deren vorspringende Theile dasselbe auf Schnitten zipfelig hineingezogen erscheint. Auch die dem Epithel anliegenden Blutgefässe, *b*, folgen durch Schlängelung den Falten des Epithels. An der Spitze und im Verlauf der Zotten enthielten sie Blutkörperchen.

Wenn auch die Kürze der Zotte, ihre relative Breite, die Weite des Chylusgefäßes, die Faltung des Epithels, die Schlängelung der Blutgefässe beweisen, dass die Zotte in erheblicher Contraction sich befindet, ist diese doch nicht als die maximale anzuführen, da die sich gegenüber liegenden Seiten je zweier übereinander entstandener

Falten noch ziemlich breite Lücken zwischen sich lassen. Bei stärkster Verkürzung verschwinden die Lücken dazwischen, indem die Seiten der Falten sich direct auf einander legen, wodurch vielleicht eine Hemmung gegen weitere Verkürzung gegeben sein mag. Gleichzeitig erscheinen in solchen Fällen die der Zotte zugegebenen Drüsen geschlängelten Verlaufs.

**Fig. 7.** Eine Darmzotte vom Hund in theilweiser Extension durch die Peristaltik bei derselben Vergrößerung gezeichnet, wie die contrahierte Zotte Fig. 6.

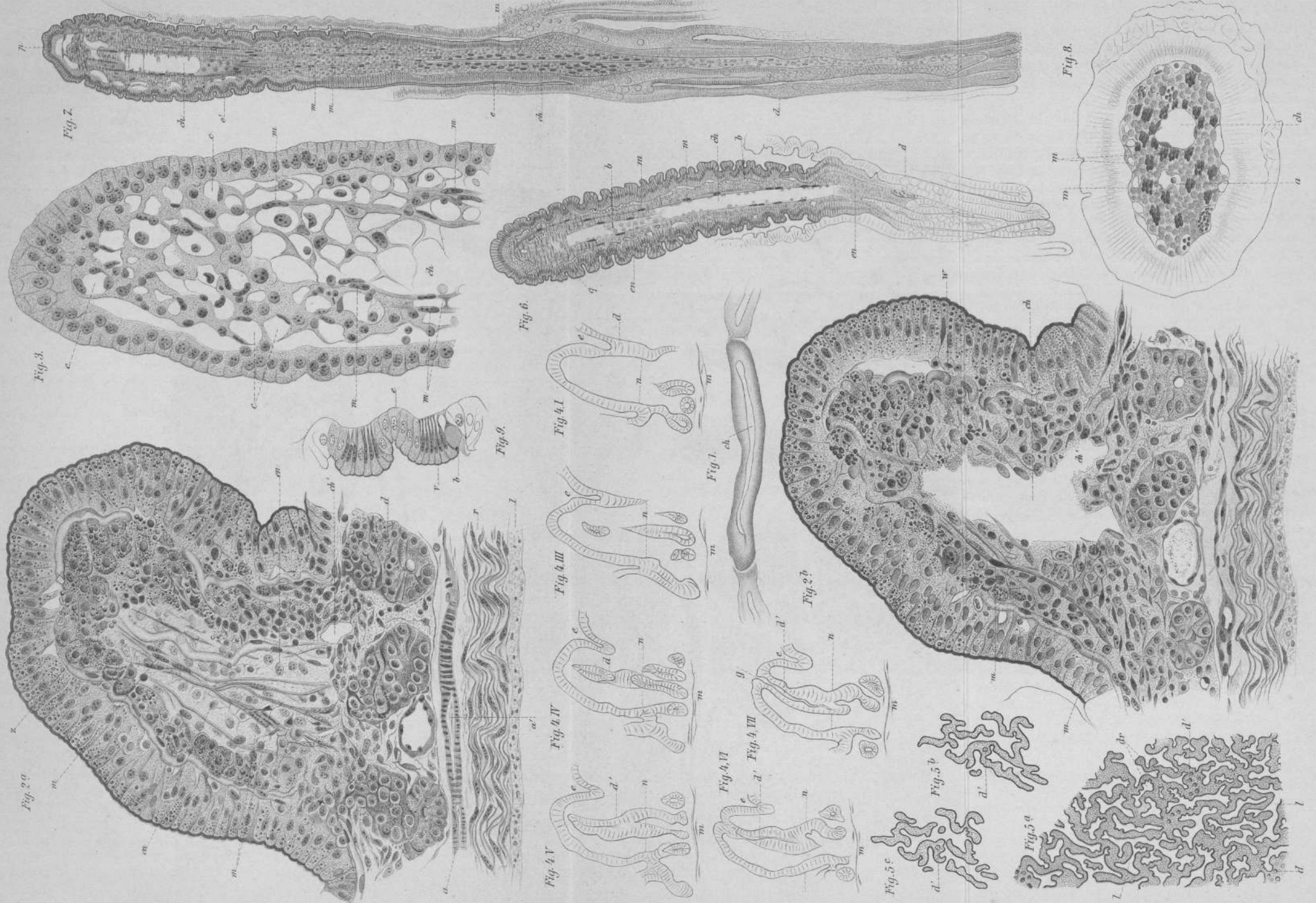
Zotten von der Gestalt wie die vorstehende werden gefunden in verengten Darmstücken, die man, ohne sie vorher aufzuschneiden, sofort nach dem Tode des Thieres in conservirende Agentien gebracht hat. Die Zotten selbst sowie die Drüsen stehen dabei fast genau geradlinig gestreckt, radiär zur Längsaxe des Darms. Ein Vergleich mit Fig. 6 lehrt ausserdem, dass beide sehr verlängert und (mit Ausnahme der Zottenspitze in unserer Abbildung) verschmälert sind. Die Verlängerung der Zotte in Fig. 7 kommt hauptsächlich auf Rechnung einer Streckung der Zotte ihrer unteren Hälfte, in welcher das Epithel, *e*, faltenlos, glatt verläuft. In der Gegend der Spitze der Zotte zeigt das Epithel, *e'*, dieselben, wenn auch nicht ganz so tiefe Falten, wie man sie an contrahirten Zotten trifft, und übereinstimmend mit Fig. 6 zeigt sich daneben eine grosse Weite des Chylusgefässes,  $0 \cdot 056$  mm betragend, eine erhebliche Breite der ganzen Zotte =  $0 \cdot 212$  mm, ein deutliches Hervortreten der quergestellten Faserzüge. Demnach besteht in diesem Theile der Zotte ein Zustand der Verkürzung. In der unteren Hälfte der Zotte, wo sich keine Falten im Epithel finden, die Zotte also gestreckt ist, findet sich ihre Breite auf  $0 \cdot 12$  mm reducirt, das Chylusgefäss, *ch*, spaltenartig auf  $0 \cdot 008$  mm Breite verengt, und von reichlichen an ihren Kernen leicht kenntlichen Muskelfasern dicht umstellt.

Die Länge der vorliegenden Zotte von ihrer Basis an der Drüsenhaut bis zur Spitze betrug  $1 \cdot 420$  mm.

In ihrer mittleren Höhe wurde das Chylusgefäss der Zotte nicht angeschnitten, da ihre Längsaxe ein wenig in senkrechter Richtung zur Schnittebene gekrümmt war. In Folge dessen wurde sie zwar immerhin der ganzen Länge nach, aber in der Mitte oberflächlicher getroffen als in der Gegend der Spitze und Basis. In dieser Gegend zeigen sich die Muskeln, *m*, als feine Bündel, die nach der Spitze zu in etwas grösserer Zahl sichtbar sind und bei *en* die Endothelwand zwischen sich durchschimmern lassen, welche sie hautartig überlagern. Das Chylusgefäss enthielt etwas feinkörnigen Inhalt, die Blutgefässe stellenweise Blutkörperchen, die aber nicht in die Zeichnung aufgenommen wurden. An der Spitze hat sich (bei *p*) das Epithel ein wenig bogig abgehoben. Sonst findet man es hier bei Contractionszustand der Zotte meist in entgegengesetzter Richtung etwas eingezogen.

**Fig. 8.** Kurzer Schrägschnitt (fast Querschnitt) durch eine contrahierte Zotte des Hundes. Die Muskelbündel treten als schräg durchschnittenen Bündel (*m*) aus runden Fasern deutlich hervor und sind theils dicht am Chylusgefäss, *ch*, gelagert, theils umstellen sie dies und einen Blutgefässstamm, *a*, in einiger Entfernung.

**Fig. 9.** Epithel von dem Längsschnitt einer Darmzotte des Hundes, welche etwa in mittlerer Contraction fixirt wurde. *e* = vorspringende Epithelfalte mit seitlich comprimierten Zellen, die an ihrem Grunde fadenförmig ausgezogen erscheinen und Lücken zwischen sich lassen. *e'* = einspringender Theil der Falte. Bei *b* eine Becherzelle.



10354



