(Aus dem physiologischen Institute der deutschen Universität in Prag.)

Über Bau und Bedeutung der dehnbaren Bauchmuskeln- sehnen der Frösche als Geschlechtsmerkmal.

Von

Prof. Dr. **R. H. Kahn.**

(Mit 3 Textfiguren und Tafel II.)

Die Sehnen der schiefen Bauchmuskeln bei Fröschen bestehen neben einem sehr faserarmen, aber kernreichen Bindegewebe der Hauptsache nach aus dicken sogenannten elastischen Fasern¹⁾. Sie bilden auffallende, bis zu 2 mm breite, milchweisse Streifen, welche nach Durchschneidung der Haut beiderseits der Fascia dorsalis am Rücken und zu beiden Seiten der Rektusscheide am Bauche ohne weitere Präparation zu sehen sind. Da sich diese Bildungen nur an erwachsenen männlichen Fröschen zeigen, bei weiblichen aber ausnahmslos fehlen, so sind die weissen Sehnenstreifen als männliches Geschlechtsmerkmal zu bezeichnen²⁾. Die anatomischen und histologischen Befunde sowie die grossen statistischen Untersuchungsreihen, welche zur Aufstellung des Geschlechtsmerkmals führten, wurden an *Rana esculenta* und *fusca* durchgeführt. Von *Hyla*, welche die Erscheinung ebenfalls bei erwachsenen männlichen Exemplaren zeigt, konnte bisher keine entsprechend grosse Zahl untersucht werden. Bei einer geringen Anzahl von *Bufo vulgaris*, welche ich neuerdings untersuchte, habe ich die weissen Streifen auch bei männlichen Exemplaren vermisst, so dass man sie vor-

1) J. N. Czermak, Ges. Schriften Bd. 1 Abt. 2 S. 660. Leipzig 1879. — R. H. Kahn, Über die in den Sehnen der schiefen Bauchmuskeln bei Fröschen vorkommenden „Inscriptiones elasticae“. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 57 S. 102. 1900.

2) R. H. Kahn, Ein neues Geschlechtsmerkmal bei Fröschen. Pflüger's Arch. Bd. 164 S. 347. 1916.

läufig als ein männliches Geschlechtsmerkmal der Frösche bezeichnen muss. Es wäre aber wünschenswert, die Untersuchungen auf die verschiedenen Arten der anuren Batrachier auszudehnen, da die Möglichkeit besteht, dass das Vorkommen dieses Merkmales nicht bloss für die untersuchten Froscharten charakteristisch ist.

Bau und Vorkommen dieser Gebilde sowie ihr funktionelles Verhalten bieten nun eine solche Fülle interessanter Tatsachen, dass eine weitere Mitteilung darüber berechtigt erscheint.

I. Anatomischer Teil.

1. Färberisches Verhalten.

Wie ich schon seinerzeit gezeigt habe, verhalten sich die Fasern der weissen Sehnenstreifen gegenüber den gebräuchlichen Farbstoffen ebenso wie das sonst bekannte „elastische“ Gewebe. Ihre Färbung durch Orcein, mit Weigert's Fuchsin-Resorcin oder nach Chromsäurefixation mit Säfranin (Martinotti) entspricht ganz den von anderen Objekten aus der Wirbeltierreihe zu gewinnenden Bildern. Eine besondere Farbreaktion aber zeichnet die Fasern unseres Objektes von den andern aus denselben histologischen Elementen bestehenden Organen aus. Sie besitzen die Fähigkeit, sich bei langdauernder Behandlung mit Formalin rot zu färben. Bewahrt man enthäutete Rumpfe von *Rana esculenta* oder *fusca* in einer Lösung von Formol auf, so färben sich die milchweissen Sehnenstreifen allmählich ganz zart rosa. Der Farbenton wird immer kräftiger, bis schliesslich nach einem oder anderthalb Jahren eine schöne purpurrote Färbung erreicht ist, welche den Streifen ein überaus auffallendes, prächtiges Aussehen verleiht. Die genauere Präparation ergibt zunächst den Befund, dass das Gewebe der Sehnen selbst einen ziemlich reinen roten Farbenton besitzt. Die dünne, im Formol trüb durchscheinend werdende Bindegewebsfaszie, welche Muskeln und Sehnen bedeckt und dem unscheinbaren Grau der Formolpräparate an vielen Stellen einen bläulichen Schimmer verleiht, bewirkt die scheinbar blaurote, purpurne Färbung unserer Streifen im hellen, auffallenden Lichte.

Diese Färbung tritt, wie erwähnt, erst nach etwa einem Jahre in voller Kraft hervor. Ihr allmähliches Anwachsen ist aber im Laufe der Monate sehr gut zu beobachten. Schon nach 4—6 Wochen ist ein rötlicher Schimmer auffällig, nach 6 Monaten ist ein Farbenton

erreicht, welcher bezüglich der dorsalen Streifen beinahe dem in Garten's¹⁾ Sehpurpurtafel verzeichneten Tone A_{10} entspricht. Um eine präzise Vorstellung von der Intensität der Färbung zu geben, führe ich in der Figur 1 der Tafel II eine naturgetreue Wiedergabe eines Präparates vor, welches seit $1\frac{1}{2}$ Jahren in 4 % iger wässriger Formalinlösung aufbewahrt wurde. Wie man sieht, handelt es sich hier um eine ganz auffallende Erscheinung. Die Rückenstreifen heben sich von ihrer Umgebung in einer Weise ab, dass ein jeder mit Sicherheit behaupten würde, sie seien mit einer roten Farbe künstlich gefärbt. Und doch ist keinerlei Farbstoff in die Reaktion eingebracht worden.

Die Erscheinung ist so auffallend, dass ich zunächst daran dachte, es könnte das Formol irgendwo aus dem Körper, aus irgendeinem Organe einen Farbstoff, wenn auch nur zu sehr geringer Konzentration extrahieren, zu welchem unsere Streifen eine solche Affinität hätten, dass sie ihn bis zum Erscheinen der Färbung speicherten. In der Tat gewinnt ja, wie bekannt, das Formol, in welchem grosse Körperteile mit verschiedenen Organen aufbewahrt werden, mit der Zeit einen leicht bräunlichen Farbenton, welcher darauf hinweist, dass gewisse Stoffe mit der Zeit in Lösung gegangen sind. Aber die gleiche Farbreaktion mit Formol geben auch völlig eventrierte Rumpfstücke ebenso wie sorgfältig ausgeschnittene Sehnenstreifen allein, so dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass der Farbstoff unter der Einwirkung des Formaldehyds in dem Gewebe der Sehnen selbst entsteht. Dabei scheint die Konzentration des Formols keine wesentliche Rolle zu spielen, wenn ein bestimmtes Maass überschritten wurde. Denn bei 8 % iger bzw. 16 % iger Lösung liegen die Verhältnisse nicht anders.

Der rote Farbstoff haftet an der elastischen Faser selbst, jedoch ist die Intensität der Färbung der Faser eine sehr geringe. Sauber herauspräpariert, in Wasser ausgewaschen und in Glycerin zerzupft, sind die Fasern, einzeln unter dem Mikroskope in der Durchsicht betrachtet, kaum farbig. Parallel der Längsachse gesehen aber, an solchen Stellen des Präparates, an denen sie gegen den Beschauer gekrümmt sind, tritt die rote Farbe deutlich hervor. Dieser Umstand, welcher an das Verhalten mässig purpurhaltiger Netzhaut-

1) S. Garten, Die Veränderungen der Netzhaut durch Licht. — Graefes-Sämisch, Handb. d. Augenheilk., 2. Aufl., B1. 3 Kap. 7, Anhang.

stäbchen erinnert, beweist, dass die Faser selbst der Träger des Farbstoffes ist. Die sonstigen Elemente der Sehne, namentlich die zahlreichen Kerne erscheinen ungefärbt.

Endlich ist zu berichten, dass es bisher nicht gelungen ist, den Farbstoff in Lösung zu bringen. Er ist in reinem Wasser ebenso unlöslich wie in Alkohol, Chloroform, Äther. Durch Säuren und Basen wird er sofort, durch H_2O_2 langsam zerstört.

Die ganze Erscheinung dieser Farbreaktion steht meines Wissens ganz ohne Analogie da. Sie wird noch durch den Umstand ganz besonders merkwürdig, dass sie bloss auf unser Objekt beschränkt zu sein scheint.

2. Vergleich des Gewebes der Sehnenstreifen mit dehnbarem Gewebe anderer Herkunft.

Die Behandlung unserer Sehnenstreifen gleichzeitig mit Stücken des Ligamentum nuchae der Säugetiere mit Formalin bringt einen grossen Unterschied zutage. Während die histologischen Elemente beider Organe in physikalischer Hinsicht und färberisch bezüglich der oben erwähnten spezifischen Färbemethoden völlig übereinstimmen, bilden die Sehnenstreifen unter der Formolwirkung den beschriebenen roten Farbstoff, die Nackenbandstücke aber nicht. Die Formolreaktion weist also unserem Sehnengewebe eine Sonderstellung unter den übrigen aus sogenannten elastischen Fasern bestehenden Organen zu, welche in der Fähigkeit der Farbstoffbildung, also vermutlich in dem Gehalte an irgendwelchen besonderen Stoffen gelegen sein muss. Es wäre natürlich von dem grössten Interesse, zu erfahren, ob es sich hier zunächst um einen Unterschied zwischen den physikalisch und histologisch gleichartigen Gewebeelementen des Warm- und Kaltblüters handelt. So wenig wahrscheinlich und eigentlich ohne Analogie, eine solche Vermutung auch ist, sie lässt sich leider vorläufig nicht weiter verfolgen. Denn neben den Sehnenstreifen kommt eine andere kompaktere Anhäufung dieses Gewebes bei den leicht erreichbaren Kaltblütern nicht vor, und die Beurteilung der Färbung der einzelnen Fasern ist, wie oben erwähnt wurde, mit grossen Schwierigkeiten verknüpft. Immerhin habe ich an geeigneten Objekten weitere Untersuchungen hierüber im Gange, welche aber bisher zu keinem bestimmten Resultate geführt haben. Sicher steht bisher nur: Die Sehnenstreifen der schiefen Bauchmuskeln der Frösche färben sich in Formol rot,

das Nackenband aber verändert seinen Farbenton nicht.

Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Gewebsarten, welche doch in wichtigen Eigenschaften übereinstimmen, ist in dem Umstande hervorzuheben, dass das Gewebe unserer Streifen am frischen Objekte rein weiss, ja opak milchweiss, jenes der übrigen „elastischen“ Organe gelblich aussieht. Diese gelbe Färbung der aus sogenanntem elastischen Gewebe bestehenden Organe, welche auch in relativ dünner Schichte charakteristisch ist, hat ja seinerzeit Triepel¹⁾ den Anlass gegeben, aus Bedenken physikalischer Natur für das elastische Gewebe den Namen gelbes Bindegewebe vorzuschlagen. Abgesehen davon, dass die hieraus abzuleitende Bezeichnung: „gelbe Fasern“ nicht zutreffend ist, weil die einzelne Faser ja niemals gelb erscheint, ist der Fall unserer Organe ein weiteres Beispiel für die Unzweckmässigkeit der Bezeichnung. Denn hier ist die Anhäufung der histologisch und physikalisch gleichwertigen Fasern niemals gelb, sondern rein weiss. Wohin übrigens solche, den tatsächlichen Verhältnissen nicht genügend entsprechende Namensgebungen führen können, ersieht man daraus, dass Biedermann²⁾ offenbar ohne besondere Absicht, bloss der Antithese halber, dem „gelben Bindegewebe“ das weisse Bindegewebe entgegenstellt. Das diese letztere Bezeichnung eine unzweckmässige ist, kann wohl nicht geleugnet werden.

Jene Eigenschaft, welche dem sogenannten elastischen Gewebe im Hinblick auf seine Anordnung und funktionelle Beanspruchung im Tierkörper eine besondere Bedeutung verleiht, ist zweifellos seine dem Kautschuk vergleichbare, leichte und umfangreiche Dehnbarkeit. Triepel³⁾ hat gefunden, dass elastisches Gewebe der Ausdehnung um ein Zwanzigstel seiner ursprünglichen Länge einen 200 mal kleineren Widerstand entgegensetzt, als fibrilläres Bindegewebe von gleichem Querschnitte. Dabei ist die Elastizitätsgrenze eine sehr hohe, das heisst, die Dehnbarkeit ohne bleibende Deformation eine sehr bedeutende. Nun hat Triepel betont, dass die Elastizität dieses Gewebes im streng physikalischen Sinne, durch

1) H. Triepel, Über gelbes Bindegewebe. Anat. Anz. Bd. 15 S. 300. 1899.

2) W. Biedermann, Physiologie der Stütz- und Skelettsubstanzen. Winterstein's Handb. d. vergl. Physiol. Bd. 3 H. 1 Teil 1 S. 319 (998). 1914.

3) H. Triepel, Über die elastischen Eigenschaften des elastischen Gewebes, des fibrillären Bindegewebes und der glatten Muskulatur. Anat. Hefte H. 31. 1898.

den Elastizitätsmodulus gemessen, geringer ist, als die des fibrillären Bindegewebes. Jedoch muss man zweifellos zugeben, dass dieses Kriterium für die Beurteilung seiner elastischen Eigenschaften weder das wichtigste sein kann noch für die Beurteilung seiner funktionellen Bedeutung im Tierkörper ausreicht. Es gilt hier der Satz, welchen His¹⁾ der Begründung des Verlangens Triepel's nach einer anderen Benennung dieses Gewebes entgegengesetzt hat: „Um grossen Zugwirkungen gewachsen zu sein und diese ohne Zeitverlust auf die zu bewegendenden Teile zu übertragen, muss die Sehne eine weit abgerückte Festigkeitsgrenze haben und zugleich unausdehnbar sein. Vom elastischen Gewebe wird aber verlangt, dass es unter dem Einfluss äusserer Kräfte leicht deformierbar sei und gleichwohl die Deformation wieder völlig auszugleichen vermöge. Dies ist dadurch erreicht, dass es bei geringem Elastizitätsmodulus breite Elastizitätsgrenzen und eine sehr vollkommene Elastizität besitzt.“

Die besonderen Verhältnisse ihrer Dehnbarkeit also sind es, welche der Funktion dieser Gewebselemente in den von ihnen gebildeten Bändern, Muskelsehnen und Häuten das charakteristische Gepräge verleihen²⁾. An der Hand dieser unbestrittenen Tatsache ist offenbar mit ihrer Benennung vorzugehen. Wird die Benennung eines Organes, Gewebes oder Gewebselementes nach seinen Merkmalen nötig, dann besteht die Möglichkeit, den Namen entweder nach morphologischen oder nach physiologischen Gesichtspunkten zu wählen. Beides hat seine Berechtigung. Über die Zweckmässigkeit des einen oder anderen Standpunktes im speziellen Falle hat, wie

1) W. His, Über Elastizität und elastisches Gewebe. Anat. Anz. Bd. 15 S. 360. 1899.

2) Vgl. hierzu: R. H. Kahn, Über die Bedeutung des elastischen Gewebes als Sehnen quergestreifter Muskeln. Zentralbl. f. Physiol. Bd. 17 S. 745. 1904. — In dieser Studie habe ich die funktionelle Bedeutung der „elastischen“ Sehnen quergestreifter Muskeln im allgemeinen darin gelegen bezeichnet, dass dieselben die fehlenden Antagonisten zu ersetzen haben. Durch eine Reihe von Beispielen aus der Wirbeltierreihe wurden diese Verhältnisse illustriert. Bei der Erörterung der Wirkungsweise der Muskelgruppen an den menschlichen Gliedmaassen bemerkt Bethe (Beitrag zum Problem der willkürlich beweglichen Prothesen. Münchener med. Wochenschr. Nr. 45 S. 1577. 1916): „Nur in seltenen Fällen, zum Beispiel beim Schliessmuskel der Muscheln, fehlt ein aktiver Antagonist und ist durch ein elastisches Band ersetzt.“ Ich meine, das verbreitete Vorkommen sogenannter elastischer Sehnen an quergestreiften Muskeln der Wirbeltiere wäre auch kein schlechtes Beispiel gewesen. — Vgl. weiters: W. Biedermann, a. a. O.

mir scheint, der Umstand zu entscheiden, ob ein Merkmal, welches das betreffende Gewebeelement in besonders auszeichnender Weise charakterisiert, im Bau oder in der Funktion desselben begründet ist. So bezieht sich zum Beispiel der Name „Bindegewebe“ treffend auf das in der Funktion gelegene allgemeine Merkmal, welches diese Gewebsform, als Zellen, Organe usw. miteinander verbindend, besonders charakterisiert.

Während aber diese alte Bezeichnung allgemein eingebürgert ist, bestehen, um ein anderes Beispiel anzuführen, bezüglich einer andern Gewebsart mit jüngerer Benennung Meinungsverschiedenheiten. Die aus sympathischen Bildungsstätten neben den sympathischen Ganglienzellen sich differenzierenden Zellen und Gewebe bezeichnen die einen nach dem Vorschlage von A. Kohn als chromaffine Zellen und Gewebe (chromaffines System, zahlreiche Organe zusammenfassend), nach ihrer hervorstechenden morphologischen Eigenschaft, sich mit den Säuren des Chrms und deren Salzen gelbbraun zu färben. Die ebenfalls gebräuchliche Bezeichnung phäochrom oder chrombraun (Poll) trägt den gleichen Verhältnissen Rechnung. Andere aber bezeichnen diese Gewebsart als Adrenalgewebe (Adrenalsystem), also mit einem Namen, welcher nicht in topographischem (also morphologischem) Sinne, sondern als Abkürzung für „adrenalinbildende Organe“ aufzufassen ist, also der funktionellen Bedeutung dieses Gewebes entsprechen soll. Betrachtet man aber diese Namensgebung genauer, so findet man, dass ihre Ableitung von der gänzlich missglückten Bezeichnung „Adrenalin“ im Grunde doch schwerlich anders aufgefasst werden kann, als eine Benennung des Gewebes vom morphologischen (topographisch-anatomischen) Standpunkte aus. Das Letztere gilt doch auch unbestritten für die Suprarenalkörper der Selachier, von denen niemand wird verlangen wollen, man möge diesen Namen vom Suprarenin ableiten. Unglücklicherweise erinnert eben die Namensgebung für die in diesen Organen vorhandene, zuerst in den Nebennieren entdeckte spezifisch wirkende Substanz gerade an eine gar nicht wesentliche morphologische Tatsache, nämlich an die topographisch-anatomischen Beziehungen dieser letzteren Organe zu den Nieren¹⁾. Hat man diese Sachlage einmal erkannt, dann wird man doch wohl in Würdigung des Umstandes, dass die einzelne Zelle sowie

1) Es wäre nunmehr, da ja alle in Betracht kommenden genetischen, morphologischen, physiologischen und pharmako-toxikologischen Beziehungen dieser Organe genügend klargelegt sind, sogar an der Zeit, Namen wie Adrenalin oder Suprarenin aufzugeben und für diese spezifisch in sympathikotroper Richtung oder sympathomimetisch wirkende Substanz zum wissenschaftlichen Gebrauche eine Bezeichnung einzuführen, welche jeden Hinweis auf zu den Nieren vorhandene topographische Beziehungen vermeidet. Vom morphologischen Standpunkte aus wäre ja die Bezeichnung Paraganglin ganz zweckmässig, indessen scheint mir für die Substanz ein ihrer Wirkungsweise entsprechender Name treffender zu sein. Vielleicht wäre der Ausdruck Sympathicotropin oder Sympathicin zu empfehlen. Wer einen besseren Namen weiss, schlage ihn vor.

die kleinen, zerstreut liegenden Gewebsstücke (Organe), nicht ohne weiteres durch ihren Gehalt an Adrenalin, wohl aber sehr charakteristisch durch die Chromreaktion identifiziert werden können, der treffendsten morphologischen Benennung den Vorzug geben und dieselben als chromaffine Zellen und Gewebe (Organe, System) bezeichnen.

Sind wir also, wie eben an zwei Beispielen erörtert wurde, der Meinung, es sei die Bezeichnung für ein Zellgewebe nach jenem Merkmale vorzunehmen, welches sein Verhalten oder seine Funktion am treffendsten charakterisiert, so müssen wir wohl für das sogenannte elastische Gewebe zugeben, dass es in funktioneller Hinsicht einfacher und sicherer charakterisiert werden kann als durch sein morphologisches Verhalten. Da dieses Gewebe wohl ausschliesslich eine statische Funktion besitzt, so erscheint dasselbe besonders durch seine allgemeinen physikalischen Eigenschaften gekennzeichnet. Tatsächlich wird es funktionell auf seine Dehnbarkeit in Anspruch genommen. Es ist unelastisch (d. h. von sehr geringem Elastizitätsmodulus), dabei sehr dehnbar und von sehr vollkommener Elastizität. Man wird es am treffendsten mit dem Namen: *dehnbares Gewebe* bezeichnen. Der Name ist bequem, ansprechend und vor allem ganz sachgemäss. Dehbare Fasern (*fibres extensibles*) setzen das dehbare Gewebe (*extensible tissue*) zusammen; dieses bildet dehbare Bänder, dehbare Sehnen und Häute. Hiermit wird vorgeschlagen, sich in Zukunft dieses Namens zu bedienen.

Wir kehren nunmehr zu unserem Gegenstande zurück. Die dehbaren Sehnen der schiefen Bauchmuskeln sind, wie erwähnt, rein weiss, andere dehbare Bänder dagegen von gelblichem Farbentone. Neben den erwähnten Unterschieden ist aber noch eines Punktes zu gedenken, welcher unser Objekt in besonderer Weise auszeichnet.

Die Sehnen gehören zu den an Blutgefässen ärmsten Teilen des Körpers. Kleinere Sehnen sind, wie Kölliker hervorhebt, ohne alle Spur von Blutgefässen. Das gleiche gilt für das Nackenband und die sonstigen Ligamente aus dehbarem Gewebe. Dagegen finden sich, wie ich²⁾ schon seinerzeit hervorgehoben habe, sowohl in dem aus dehbarem als auch in dem aus Bindegewebe bestehenden Teile unserer Sehnen ziemlich reichlich Blutgefässe vor. Die Blutgefässe durchdringen, wie man in mikroskopischen Präparaten leicht sehen kann, die Sehnen wesentlich in der Längsrichtung der

1) A. Kölliker, Handb. d. Gewebelehre Bd. 1 S. 381. 1889.

2) A. a. O. Arch. f. mikr. Anat.

Fasern, verlaufen also im allgemeinen senkrecht zum Verlaufe der weissen Sehnenstreifen. Sie stammen vor allem aus den grösseren Blutgefässen der schiefen Bauchmuskeln, es kommen also als Quellen hauptsächlich die Rami ventrales (abdominales) der Art. vertebralis dorsi (Gaupp), als Abflussweg die Vena dorsolumbalis (Gaupp) in Betracht. Die Blutversorgung der dehnbaren Sehnen geschieht dabei derart, dass bei *Rana esculenta* und *fusca* in wechselnder Weise, auch bei verschiedenen Individuen verschieden feine Blutgefässe senkrecht zur Richtung des Streifenverlaufes unmittelbar über die dorsale oder ventrale Fläche der Sehnenstreifen hinwegziehen, um an dem Ursprungsrande derselben ein mehr oder minder zierliches Geflecht zu bilden. Von hier aus begeben sich feinste Gefässchen quer durch den Sehnenstreifen, um sich am Muskelfaseransatz wieder zu sammeln. In vielen Fällen, namentlich bei *Rana fusca* an den Rückenstreifen sind solche Verhältnisse sehr gut bei Lupenvergrösserung am lebenden Objekte zu sehen. Zu diesem Zwecke bedient man sich einer einfachen Methode, nämlich der Anlegung eines genügend grossen Fensters der Haut über dem zu beobachtenden Streifen. Mit heissem Messer wird der betreffende Lymphsack unter sorgfältiger Vermeidung jeder Blutung eröffnet. Um eine Vorstellung von der Zierlichkeit der an den Sehnenstreifen vorhandenen Gefässbildungen zu geben, führen wir in Fig. 2 der Tafel II eine naturgetreue Darstellung des durch ein solches Fenster bei etwa zwölfwacher Lupenvergrösserung beobachteten Verhaltens der Blutgefässe an dem Rückenstreifen des *M. obliquus abdom.* eines Grasfrosches zur Zeit der Brunst vor. Man sieht, wie feine hellrote Blutgefässe, aus den Muskelfaserzügen auftauchend, in geradem Verlaufe der Sehne zustreben. Nach Überschreitung des Muskelrandes des Streifens tritt eine stark ausgeprägte Schlängelung der Gefässe ein. So ziehen dieselben, indem sie sich schliesslich verästeln, über den Streifen hinweg, um nach vielfacher Arkadenbildung an seinem Ursprungsrande umzukehren und sich, stets geschlängelt verlaufend, in die Substanz der Sehne selbst einzusenken. Die feine Verästelung, Arkadenbildung und Schlängelung gewährt einen Anblick von ungemeiner Zierlichkeit, welcher allerdings nur kurze Zeit, 30—60 Minuten, rein zu beobachten ist. Denn nachher verwischen eintretende entzündliche Vorgänge das schöne Bild in hohem Maasse.

Die starke Schlängelung der Gefässe an jenen Stellen, an denen sie über den Streifen ziehen, deutet die Funktion desselben als

dehnbare Sehne an. Denn bei Dehnung desselben werden die Gefässschlingen gestreckt und dadurch eine die Blutbewegung hindernde Dehnung der Gefässe vermieden. Die ganze Erscheinung entspricht in funktioneller Hinsicht vollkommen dem bekannten geschlängelten Verlaufe vieler Gefässe und Nerven an solchen Orten, an denen die Wirkung einer Form- oder Ortsänderung von Organen kompensiert werden muss (Zunge, Kehlkopf usw.).

Die reichliche Gefässversorgung unserer dehnbaren Sehnen bietet auch insofern eine Besonderheit, als sie auf die Notwendigkeit einer ausgiebigeren Versorgung derselben mit Nährstoffen, also auf Stoffwechselvorgänge höheren Umfanges hinweist, als es sonst bei Sehnen und Bändern, also Organen mit rein statischer Funktion der Fall ist. Man dürfte nicht fehlgehen, wenn man ein solches Verhalten in unserem Falle mit dem auffallenden Umstande in Verbindung bringt, dass die dehnbaren Sehnen einen sehr zellreichen Grundstock mit auffallend grossen Kernen besitzen. Welcher Art die sich hier vermutlich abspielenden regeren Stoffwechselprozesse sein mögen, lässt sich nur vermuten. Vielleicht haben sie mit der Bildung bzw. Erneuerung der Substanz der dehnbaren Fasern etwas zu tun. Vielleicht ist auch die oben erwähnte Besonderheit einer Farbstoffbildung unter Formalineinfluss mit ein Ausdruck für Besonderheiten chemischer Stoffwechselvorgänge an diesem Orte. Mit geeigneten Methoden angestellte Untersuchungen werden der Lösung der Frage näherzutreten haben, ob nicht in unserem Sehnenstreifen ein besonders günstiges Objekt zum Studium der Genese der dehnbaren Fasern vorliegt. Denn manche grundlegende Fragen hierüber sind an den zur Verfügung stehenden Organen aus dehnbarem Gewebe vorläufig unentschieden geblieben.

Aus den bisher gegebenen Erörterungen ist wohl zu ersehen, dass die dehnbaren Bauchmuskelsehnen ein allgemein anatomisch sehr interessantes, ja eigentlich einzigartiges Objekt darstellen, von dessen weiterer genauerer Untersuchung noch mancherlei Aufschlüsse über die allgemeinen Eigenschaften des dehnbaren Gewebes zu erwarten sind.

3. Topographisch-anatomische Bemerkungen.

Der Verlauf der weissen Sehnenstreifen, soweit dieselben auf der Bauch- und Rückenseite ohne eingehendere Präparation sichtbar sind, ist von Czermak und mir genügend beschrieben worden.

Es erübrigt noch, einige kurze Bemerkungen über das Verhalten der Sehnen jener Muskelpartionen zu machen, welche dem sogenannten Diaphragma angehören. Als solches lassen sich die oberen (oralen) Portionen des *M. transversus* (Gaupp) bezeichnen, welche von den oberen Partien der *Fascia dorsalis* und vom Querfortsatze des vierten Wirbels entspringen und am Sternum, Coracoid und Perikard inserieren, an dem seitlichen und hinteren Umfange des Kehlkopfes angreifen, den Lungenhals umfassen und endlich auf die Ventral- und Dorsalfläche des Schlundes ausstrahlen [Gaupp]¹⁾. Der Muskel besitzt an seiner sogenannten dorsalen Anheftungslinie dehnbare Sehnen. Auch die *Portio vertebralis* entspringt von einem kleinen, weissen, unmittelbar dem Querfortsatze des vierten Wirbels aufliegenden Körperchen. Es entpuppt sich bei genauer Präparation oder durch Formolfärbung als eine kurze, dehnbare Sehne. Auch längs der ventralen Anheftungslinie ist der Muskel in gleicher Weise mit weissen Streifen versehen, welche sich auch noch an jenen obersten Partien der *Portio dorsalis* vorfinden, welche auf die Vorderfläche (ventrale) des Schlundes ausstrahlen. Die von hinten gegen die Hinterfläche (dorsal) des Schlundes ziehende *Portio vertebralis* aber besitzt an ihrem ventralen Ende am Verdauungsrohre keine dehnbare Sehne, sondern setzt sich rein bindegewebig an dessen Serosa an. Es sind also sämtliche Muskelfasern der seitlichen Bauchmuskeln zwischen dehnbaren Sehnen wirksam, mit Ausnahme jener kleinen obersten Portion, welche von der Wirbelsäule direkt entspringt und ihrem Verlaufe nach bei ihrer Kontraktion keine Druckwirkung auf den Bauchinhalt ausüben kann. Hiermit sind wir bei Fragen angelangt, welche die Funktion unserer Organe betreffen. Von dieser soll im nächsten Abschnitte die Rede sein.

II. Physiologischer Teil.

1. Allgemeines Verhalten.

Die Dehnbarkeit der Bauchmuskelsehnen entspricht im Experimente den sonst am dehnbaren Gewebe erhobenen Verhältnissen. Erhöhung des intraabdominalen Druckes durch grobe Kompressionen des Bauches am enthäuteten Rumpfe bewirkt ohne weiteres bei verschlossenen Atemwegen eine Zunahme der Breite der weissen

1) E. Gaupp, Anatomie des Frosches, 3. Aufl., Abt. 2 S. 128. 1896.

Streifen. Nach ventraler Eröffnung der Bauchwand und Trennung der beiden Muskelplatten der seitlichen Bauchmuskeln voneinander lässt sich durch Ziehen mit den Fingern oder Beschwerung mit Gewichten am *M. obliquus* oder *transversus* in der Richtung der Muskelfasern der entsprechende Sehnenstreifen leicht bis zur doppelten Breite dehnen, wie dies schon Czermak angegeben hat. Dabei wird der weisse Streifen deutlich viel dünner, verliert sein opakes weisses Aussehen und wird grau und durchscheinend. Nach Aufhören des Zuges schnellert er rasch wie Kautschuk zusammen und erhält vollkommen wieder sein früheres Aussehen in jeder Hinsicht. Sehr lehrreich gestaltet sich die Dehnung bei Belastung nur einer kleinen Gruppe von Muskelfasern. Hier verändern sich natürlich nur die als Sehnen zugehörigen Teile des Streifens, welcher also einen unregelmässigen Verlauf nach Breite und Aussehen erhält, nach Aufhören des Zuges aber wieder vollkommen gleichmässig aussieht. Die Verhältnisse der Dehnbarkeit entsprechen ganz jenen, welche zum Beispiel am Nackenbande erhoben wurden. Triepel hat an diesem Objekte die Dehnbarkeit mit 120—130 % der ursprünglichen Länge bestimmt. Auch an unserem Objekte macht es keine Schwierigkeit, die Breite der Streifen über das Doppelte zu vergrössern, ohne die Elastizitätsgrenze zu überschreiten.

Derartige Dehnungen erfolgen durch Muskelkontraktion auch physiologisch am lebenden Tiere. Richtet man sich Frösche (*Rana esculenta* oder *fusca*) derart her, dass man über einem der Rückenstreifen mit heissem Messer ein kleines Fenster in die Haut schneidet, so kann man am häufigsten bei Abwehrbewegungen gegen das Anfassen beider Hinterbeine kurze Zeit dauernde heftige Bauchmuskelnkontraktionen beobachten, bei denen eine bedeutende Breitenzunahme des Streifens zugleich mit einem vorübergehenden Ergrauen derselben eintritt. Während der sich abspielenden, zur Lungenatmung gehörenden rhythmischen Flankenbewegungen ist an den dehnbaren Bauchmuskelsehnen nicht das mindeste zu beobachten. Diese Bewegungen erfolgen ja auch nicht durch aktive Bauchmuskelnkontraktion, sondern sind ein Ausdruck für den durch anderweitige Mechanismen wechselnden Füllungszustand der Lungen.

Tatsächlich findet also bei einer jeden ausgiebigeren Zusammenziehung der seitlichen Bauchmuskeln eine Verlängerung ihrer dehnbaren Sehnen an beiden Muskelenden statt. Es ist nun zu betrachten, in welcher Art die hierdurch geschaffenen mechanischen Verhältnisse

sich für den Endzweck der Muskelaktion in unserem Falle geltend machen müssen. Die Ausstattung eines Muskels mit dehnbarer Sehne an einem oder beiden Faserenden bewirkt offenbar im Falle der Beweglichkeit eines oder beider physiologischer Ansatzpunkte in der Richtung des Muskelzuges ein besonderes Verhalten der Wirksamkeit der Muskelaktion. Der Fall solcher Muskelwirkung auf Skeletteile braucht nicht weiter erörtert zu werden, denn dehnbare Sehnen, welche sich an solche ansetzen, sind bisher noch nie beobachtet worden. Dagegen finden sich solche Sehnen regelmässig am quergestreiften Muskel in allen jenen Fällen, in denen sich die Muskelwirkung lediglich auf Weichteile erstreckt. Für solche häufig vorkommende Fälle (Zunge, Lippen, mimische Gesichtsmuskeln usw.) habe ich¹⁾ seinerzeit die in Betracht kommenden mechanischen Verhältnisse erörtert. An allen diesen Orten sind die Muskelfaserenden verästelt und wirken flächenhaft auf viele Ansatzpunkte zugleich. Hier ersetzen die dehnbaren Sehnen in mehrfacher Hinsicht die fehlenden Antagonisten.

In unserem Falle der Bauchmuskelsehnen liegen aber die Verhältnisse ganz anders. Die Ansatzpunkte der Sehnen sind nämlich so ziemlich unverrückbar, und der Effekt der Muskelaktion ist hier wesentlich in der erzeugten Spannung begründet. Er besteht in einer Steigerung des intraabdominalen Druckes. Sind die Sehnen beiderseits der Muskeln dehnbar, so werden sie durch die Kontraktion derselben zunächst gedehnt werden. Dabei wächst in dem Maasse, als diese Dehnung zunimmt, ihr Elastizitätsmodulus, so dass schliesslich ein Zustand eintritt, bei welchem die gedehnten Sehnen keine Längenzunahme mehr erlauben und eine Verkürzung des Muskels ohne Abnahme des Volumens des Bauchhöhleninhaltes nicht weiter möglich ist. Da die Sehnen immerhin nur einen verhältnissmässig kleinen Bruchteil der Muskelfaserlänge ausmachen, so ist die dem Muskel erlaubte Verkürzung trotz der Dehnbarkeit der Sehnen gering. Es kommt also auch hier wieder wesentlich auf Spannungsentwicklung heraus, und bei der ganzen Anordnung ist für einzelne Zuckungen oder ganz kurz dauernde willkürliche Kontraktionen ein wesentlicher Unterschied in der Gesamtwirkung bei dehnbaren bzw. undehnbaren Sehnen nicht zu erwarten. Es wird nur im ersteren Falle die gleiche Spannung etwas später erreicht werden als im

1) A. a. O. Zentralbl. f. Physiol.

zweiten, und, wie es Czermak ausdrückte, es wird, um denselben mechanischen Effekt zu erzielen, ein bedeutenderer Kontraktionsgrad bei dehnbaren Sehnen aufgewendet werden müssen, „also ein Teil der Muskelarbeit verschwendet werden“. Immerhin könnte bei solchen Muskelaktionen der Umstand in Betracht zu ziehen sein, dass die Spannung der Bauchwand und damit die Drucksteigerung im Bauchraume in beiden Fällen verschieden mit der Zeit wächst. Im Falle dehnbarer Sehnen erfolgt die Spannungszunahme langsamer, die Druckerhöhung gleichsam milder, weniger stossartig, schonender. Indessen muss wohl angenommen werden, dass derartige rasche, kurz dauernde und ausgiebige Aktionen der seitlichen Bauchmuskeln im Leben des Frosches kaum vorkommen. Vielmehr ist der Fall zu betrachten, dass die Muskeltätigkeit physiologisch als Bauchpresse wirkt, also längerdauernde, anhaltendere tetanische Kontraktionen darstellt, welche der Verkleinerung des Bauchinhaltes durch Auspressen von Flüssigkeit oder Luft dienen.

Im Beginne einer solchen Muskelaktion werden sich die dehnbaren Sehnen ebenso verhalten, wie es eben für ganz kurzdauernde Kontraktionen erörtert wurde. Bei längerem Andauern des tetanischen Zustandes der Muskeln müssen die gedehnten Sehnen vermöge ihres höheren Elastizitätskoeffizienten im gedehnten Zustande sich dem Verhalten undehnbarer Sehnen mehr oder weniger nähern. Nach ausgiebigerer Verkleinerung des Bauchinhaltes aber bzw. bei Nachlassen der Wandspannung durch Aufhören der Muskelaktion werden sie rasch zusammenschnellen und den ursprünglichen Zustand, die Bereitschaft zu neuer Aktion, wiederherstellen.

Da sich nun die dehnbaren Sehnen in unserem Falle der seitlichen Bauchmuskeln als ein männliches Geschlechtsmerkmal herausgestellt haben, sind offenbar, um den tatsächlichen Verhältnissen der Funktion auf die Spur zu kommen, solche in der Geschlechtstfunktion liegende Vorgänge experimentell am männlichen Tiere zu untersuchen welche mit Inanspruchnahme der Bauchpresse einhergehen. Denn da sich die männlichen Frösche von den weiblichen durch den Besitz der dehnbaren Bauchmuskelsehnen unterscheiden, kann die Funktion dieser Bildungen nur in einem Vorgange gesucht werden, welcher mit einer das männliche Geschlecht charakterisierenden Tätigkeit zusammenhängt. Soviel ich sehe, kann es sich hier nur um Vorgänge handeln, welche entweder zu der Umklammerung des Weibchens oder zu dem Quaken in Beziehung stehen. Es sind also

beide Fälle im Hinblick auf das Verhalten der seitlichen Bauchmuskeln zu untersuchen.

2. Verhalten von Muskel und Sehne bei der Umklammerung des Weibchens.

Über das Verhalten der Bauchmuskulatur des männlichen Frosches zur Zeit der Umklammerung ist meines Wissens nichts bekannt. Eine besondere Tätigkeit der seitlichen Bauchmuskeln ist von vornherein eigentlich nicht zu erwarten. Immerhin aber wäre es denkbar, dass die allgemein erhöhte Reflexerregbarkeit, welche ja ihren sichtbarsten Ausdruck in dem tagelang anhaltenden Reflextonus der vorderen Extremitäten findet, etwa zu periodischen oder gar andauernden tonischen Zuständen der Bauchmuskeln führe. Zu Untersuchungen hierüber eignet sich im Laboratorium besonders *Rana fusca* wegen der Leichtigkeit, Intensität und Dauer, mit welcher gerade dieser Frosch auch unter weniger günstigen Verhältnissen die Umklammerung ausübt.

Die genaue Betrachtung des Leibes der in Umklammerung befindlichen Männchen von *Rana fusca* legt in der Tat den Gedanken an einen tonischen Dauerzustand der seitlichen Bauchmuskeln nahe. Denn man hat vollkommen den Eindruck, als wäre dem Tiere seine Bauchhaut zu weit geworden. Beiderseits der Flanken des Männchens liegt die Bauchhaut desselben als Duplikatur gleich einem Mantel auf den seitlichen Rückenpartien des Weibchens, eine Erscheinung, welche sogleich zu der Annahme zu verführen geeignet ist, die Bauchwand sei durch Muskelaktion eingezogen. Aber eine nähere Untersuchung fördert die meines Wissens nie beschriebene Tatsache ans Licht, dass bei Männchen von *Rana fusca* die Hautlymphsäcke zur Brunstzeit ungemein stark mit Lymphe erfüllt sind. Diese Erscheinung, welche vielleicht mit der von Sigmund Mayer oft seinen Schülern demonstrierten, aber von ihm nie beschriebenen merkwürdigen „sulzigen Entartung“ der innersten Hautschichten zur Zeit der Brunst zusammenhängt, ist die Ursache dafür, dass während der Umklammerung die seitliche Bauchhaut gleich einem Sacke an den Flanken des Männchens herabhängt. Eröffnet man durch einen kleinen Schnitt den Lymphsack, so fließt eine beträchtliche Menge wasserklarer, zellarmer, ungemein rasch gerinnender Lymphe aus.

Von dem wirklichen Zustande der seitlichen Bauchmuskeln und ihrer dehnbaren Sehnen überzeugt man sich wiederum am sichersten

durch ein entsprechend mit heissem Messer angelegtes Fenster in der äusseren Haut, da bekanntlich in der Regel auch noch weit ausgedehntere Verstümmelungen den männlichen Frosch nicht zum Loslassen des Weibchens bewegen. An so hergerichteten Tieren, deren Umklammerung tagelang weiterbesteht, kann man ganz sicher konstatieren, dass die seitlichen Bauchmuskeln weich und schlaff, die weissen Streifen ihrer Sehnen in Ruhe sind, und dass auch keine periodischen Muskelaktionen an den Flanken vorkommen. Mangels jeglichen Befundes einer spezifischen Tätigkeit der Bauchmuskulatur zur Zeit der Umklammerung lässt sich also aussprechen, dass die dehnbaren Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln zu diesem Teile der Geschlechtsfunktion des männlichen Frosches keine Beziehung haben.

Der Umklammerungsreflex endet mit der Ausspritzung des Samens über die vom Weibchen abgelegten Eier. Hierbei dürfte die Bauchpresse eine Rolle spielen. Da sich jedoch dieser Akt prinzipiell nicht von der ebenfalls mit Bauchpresse einhergehenden, doch beiden Geschlechtern zukommenden Harnentleerung unterscheidet, besteht kein Grund, den dehnbaren Sehnen hier eine spezifische Rolle zuzuschreiben.

3. Verhalten von Muskel und Sehne beim Quaken.

a) Allgemeines über die Stimme der Frösche und Kröten.

Die Art der Stimmäusserung bei Fröschen und Kröten ist offenbar ganz allgemein, je nach dem Geschlechte, verschieden. Spezielle Literatur darüber ist mir zwar nicht bekannt geworden. Es mag sein, dass in zoologischen Schriften zerstreut Angaben darüber zu finden wären. Von *Rana esculenta* und *fuscus* ist wohl der ganz verschiedene Charakter der Stimme, hier Quaken genannt, vielen aus eigener Anhörung bekannt. Wir kommen hierauf noch zurück. Von *Hyla*, dem Laubfrosche, kennen wohl die meisten das durchdringende rhythmische Geschrei, das aus den grünen Blättern schallt, unter welchen sich das Tier verbirgt. Meiner Meinung nach ist es ein Kennzeichen der schallblasentragenden Männchen, obwohl ich bisher nicht mit Sicherheit beobachten konnte, dass die Weibchen nicht schreien. Auch habe ich von niemandem eine bestimmte Aussage darüber erhalten können. Indessen ist wohl kaum daran zu zweifeln,

zumal auch F. Werner¹⁾ in Brehm's Tierleben ausdrücklich erwähnt, dass die Männchen von *Hyla* schreien.

Was die Kröten anlangt, so bringt Werner über ihre Stimme ebenfalls Mitteilungen, aus denen hervorgeht, dass sich die Geschlechter sehr verschieden verhalten. Bezüglich *Bufo vulgaris* heisst es dort: „Obwohl dem Männchen Schallblasen fehlen, hat die Erdkröte doch eine laute, einem schwachen Bellen ähnliche Stimme.“ *Bufo calamita*, die Kreuzkröte, lässt ihr starkes Geschrei am Rande der Gewässer, 5 Minuten anhaltend, vernehmen. „Die Weibchen geben dabei nur ein zartes Meckern zu hören.“ Die Stimme von *Bufo viridis*, der Wechselkröte, ist ein langanhaltendes Trillern. Sie ist „wegen der gut ausgebildeten Schallblase des Männchens stärker als die der Erdkröte“. Das Männchen der Knoblauchkröte, *Pelobates fuscus*, macht ein glucksendes Geschrei, das Weibchen lässt nur ein tonloses Grunzen hören. Auch das so charakteristische Rufen von Bombinator, der Unke, ist ein männliches Kennzeichen. Die Weibchen meckern leise. Endlich erwähnt Werner bezüglich fremdländischer Kröten, dass das „Trillern“ derselben nur den Männchen zukommt. Es besteht also bei den Kröten kein Zweifel, dass der Charakter der Lautäusserung ein Geschlechtsmerkmal darstellt. Dabei scheinen die Unterschiede bei den Geschlechtern mehr oder weniger charakteristisch zu sein, und auch die laute, rhythmisch schallende Stimme des Männchens bei manchen Arten recht zurückzutreten.

Bei den Fröschen, deren Stimme ja allgemein bekannt ist, sind die Geschlechtsunterschiede sowohl bezüglich des Schallcharakters als auch bezüglich sonstiger Umstände ganz charakteristisch ausgesprochen. Was zunächst das spontane Quaken anlangt, so findet man dasselbe, soweit ich mich überzeugt habe, an *Rana esculenta* und *fuscus* nur bei Männchen. Über die im Freien herrschenden Verhältnisse kann man sich freilich schwer orientieren, denn während des Quakens, welches aus einer grösseren Froschgesellschaft ertönt, lässt es sich kaum genau bestimmen, welches die quakenden Individuen sind. In den Froschkellern und Aquarien des Laboratoriums aber kann man genau feststellen, dass das laute und charakteristische Quaken nur von den Männchen herrührt, während die Weibchen sich stumm verhalten. Namentlich bei *Rana esculenta* lassen sich durch die

1) Brehm's Tierleben, 4. Aufl., Bd. 4. — Franz Werner, Die Lurche und Kriechtiere Bd. 1. 1912.

Stimme eines männlichen Exemplares, welches man verborgen hält, binnen kurzem alle männlichen Insassen eines grossen Aquariums zum Quaken verleiten. Nie aber geben die Weibchen dabei einen Laut von sich. Für den männlichen Laubfrosch ist übrigens eine Erscheinung charakteristisch, welche wohl manchem, der gerne die Tiere in der freien Natur beobachtet, bekannt sein dürfte. Eine kurze, auch weniger gelungene Nachahmung der „scheppernden“ Stimme dieses Tieres veranlasst dasselbe zu antworten und dadurch seinen gut verborgenen Aufenthaltsort zu verraten.

Auch bei der Hervorrufung des Quakens im Reflexwege tritt der Geschlechtscharakter der Froschstimme ausgesprochen hervor. Reflektorisch erzielt man bekanntlich den sogenannten Quakreflex bei *Rana esculenta* und *fusca* durch leisen Druck und zarte Reibung der Haut, vornehmlich zu beiden Seiten des Körpers unterhalb des Ansatzes der oberen Extremitäten sowie durch leichtes Streichen der Haut über dem Schädeldache. Im Frühjahr, namentlich zur Brunstzeit, genügt oft schon eine leise Berührung, besonders einigemal wiederholt, an einer der genannten Stellen, um bei männlichen Fröschen, nicht aber bei weiblichen das Quaken reflektorisch auszulösen. Baglioni¹⁾ fasst in einer etwas gezwungen anmutenden Erörterung den „Quakreflex“ als einen Schutzreflex auf. Die Entleerung der Lungen schütze diese gegen eine übermässige Drucksteigerung von aussen, die Kontraktion der Bauchmuskeln sei geeignet, den drückenden Körper zu entfernen, das Quakgeräusch selbst sei vielleicht nur eine Nebenerscheinung. Tatsächlich beziehen sich diese Betrachtungen Baglioni's offenbar schon der letzteren Vermutung halber wesentlich auf einen Mechanismus, welcher in Bauchmuskelnkontraktionen als eine Art Abwehrreflex besteht, wobei es häufig bei Öffnung der Atemritze des Kehlkopfes zur Entleerung der Lungenluft in die Mundhöhle kommt. Dabei kann auch eine Stimmäusserung stattfinden. Baglioni selbst fügt hinzu: „Nicht selten erfolgt übrigens, besonders beim Weibchen, der Quakreflex ganz lautlos.“ Wie schon oben bemerkt wurde, beobachtet man solche heftige Bauchmuskelnkontraktionen auch als Abwehrbewegung beim Erfassen des Tieres an den Hinterbeinen, und Babák²⁾ hat einen mit der Quakbewegung ganz übereinstimmenden Bewegungskomplex

1) S. Baglioni, Der Atmungsmechanismus des Frosches. Arch. f. Anat. u. Physiol. (Physiol. Abt.) 1900. Suppl. S. 33.

2) E. Babák, Über die Kehl- und Lungenatembewegungen der Amphibien und ihre Regulation. Pflüger's Arch. Bd. 153 S. 86. 1913.

ohne Lautäusserung unter normalen Bedingungen sowie bei der Erholung aus der Sauerstoffmangelparalyse sowie nach Einschluss im Wasser zustande kommen sehen. Solche Erscheinungen findet man bei beiden Geschlechtern, und es mag für sie, wenigstens zum Teil, die Erklärung Baglioni's passen.

In allen Fällen aber, in denen es bei dem reflektorisch ausgelösten, oben geschilderten Mechanismus zur Stimmbildung kommt, — und das ist bei männlichen Tieren die Regel — hat diese ebenso wie in den Fällen spontaner Lautäusserung so ausgesprochenen Geschlechtscharakter, dass man mit dem Worte „Quaken“ eigentlich nur den Stimmeschall der männlichen Tiere bezeichnen sollte. Namentlich in der ersten Hälfte des Jahres, welche auch die Brunstzeit in sich schliesst, ist die männliche Stimme von der weiblichen, soweit diese überhaupt in Erscheinung tritt, an Leichtigkeit der Auslösbarkeit, an Lautheit und namentlich im Schallcharakter vollkommen verschieden. Man könnte glauben, die letztgenannten, besonders auffallenden Unterschiede seien bloss auf das Vorhandensein der Schallblasen bei den männlichen Tieren zu beziehen, welche von vielen einfach als Resonatoren angesprochen werden. Das ist keineswegs der Fall. Denn wenn man bei *Rana esculenta* die Hautsäcke, in welche sich die Schallsäcke (Aussackungen der Schleimhaut am Boden der Mundhöhle) nach aussen ausstülpen, an der Wurzel abbindet und dadurch die Füllung der Säcke ausserordentlich behindert, so klingt das Quaken nicht weniger schmetternd als vorher. Ich meine, die Schallblasen der Frösche sind vor allem ein Luftreservoir, welches ermöglicht, dass eine recht grosse Luftmenge, ohne den Körper zu verlassen, zwischen Lungen und Mundhöhle in rascher Folge immer wieder gewechselt werden kann. Dabei werden die Schallsäcke bei *Rana esculenta* in die Schallblasen der Haut ausgestülpt, bei *Rana fusca* treten sie in den Sinus submaxillaris hinein. Es muss also der grosse Unterschied im Stimmcharakter, wesentlich im Mechanismus der Stimmerzeugung, und zwar sowohl in Besonderheiten des Arbeitens der Windlade als auch in Unterschieden des Baues der schallerzeugenden Organe im Kehlkopfe gelegen sein. Der letztere Punkt wäre, zumal hierüber nur sehr wenig bekannt ist, weiterer besonderer Untersuchungen wert. Für uns ist es im Hinblick auf das besondere anatomische Verhalten der in Betracht kommenden Muskeln und Sehnen bei männlichen Tieren geboten, den ersten Punkt, die Tätigkeit der Windlade, genauer zu betrachten.

b) Die rhythmischen Bewegungen der dehnbaren Sehnen beim Quaken.

Schneidet man bei *Rana esculenta* oder *fusca* mit heissem Messer ein Fenster in die Rückenhaut, so dass ein Abschnitt der weissen Streifen genau beobachtet werden kann, so erblickt man während des Quakens ein merkwürdiges Schauspiel. Gleich zu Beginn desselben verbreitert sich der Streifen oft um das Doppelte, wird grau und durchscheinend und verfällt nun während des weiteren Verlaufes der Stimmäusserung in ein flimmerndes Zittern. Bei genauer Betrachtung erkennt man, dass es sich dabei um sehr rasch verlaufende Breitenänderungen handelt, derart, dass der anfangs sehr verbreiterte Streifen rhythmisch an Breite ab- und wieder zunimmt, ohne jedoch seine ursprüngliche minimale Breite während dieses Spieles wieder zu erreichen. Erst nach Aufhören des Quakens schnellt er wieder zu dieser letzteren zusammen. Weiter lässt es sich konstatieren, dass die Breitenänderungen des Streifens durch Verschiebungen des dem zugehörigen Muskel zugewendeten Randes erfolgen, während der andere Rand in Ruhe bleibt. Es werden also während des Quakens die Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln zuerst in der Richtung des Muskelfaseransatzes gedehnt, sodann aber befinden sie sich während des Andauerns der Stimmäusserung in oszillierender Bewegung in der Richtung ihrer Längsachse.

Einen genaueren Einblick in die während des Quakens an den Sehnen herrschenden Verhältnisse erreicht man durch Registrierung der Bewegungen des Muskelendes der Sehnen. Eine lange, sehr feine Nadel wird am Muskelrande des Streifens eingestochen und Frosch und Nadel derart orientiert, dass die passend gebogene Spitze der Nadel auf einer fein berussten, ziemlich rasch rotierenden Trommel eine entsprechend vergrösserte Kurve der Sehnenbewegungen aufzeichnet. Fig. 1 zeigt eine vergrösserte Zeichnung nach einer solchen Kurve von *Rana esculenta*. (Die Originale sind zu klein und zu zart, um reproduziert werden zu können.) Da es infolge der etwas komplizierten Stellung der ganzen Versuchsanordnung im Raume und der Notwendigkeit, die Reibungsverhältnisse genau zu beherrschen, kaum möglich ist, die Bewegungen des Sehnenendes allein in der Richtung der längsten Sehnenachse ganz rein zu registrieren, weisen die Kurven stets eine mehr oder weniger ansteigende Linie auf, welche mit ein Ausdruck für die Verschiebung des Stichpunktes auch

in anderen als der genannten Richtung ist. Aber davon abgesehen, orientiert die Kurve genügend genau über die während einmaligen Quakens sich abspielenden Verhältnisse. Die ganze Veränderung der Sehnenbreite dauert etwa eine Sekunde. Zuerst kommt es zu einer Verlängerung der Sehne, welcher unmittelbar eine Anzahl rhythmisch erfolgender Verkürzungen und Verlängerungen in geringerem Ausmaasse folgen. In der weitaus grössten Zahl findet man sechs bis sieben solche Längenschwankungen vor. Die Berechnung ergibt, dass sich dieses Oszillieren der Sehnenlänge mit einer Geschwindigkeit von etwa 18 Phasen in der Sekunde abspielt.

Fig. 1.

Die beschriebene merkwürdige Erscheinung an den dehnbaren Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln während des Quakens weist auf den Umstand hin, dass dabei die Spannung der Bauchwand rhythmische Veränderungen erleidet, welche offenbar in irgendeiner Weise mit dem bekannten in der Stimmgebung liegenden Rhythmus zusammenhängen müssen. Vor allem ist zu erwarten, dass auch das Verhalten des intraabdominalen Druckes entsprechende Erscheinungen aufweisen werde. Die Registrierung des Druckes in der Bauchhöhle beim Frosche während des Quakens ist nicht leicht. Man kann sie aus dem mit Ringer'scher Lösung gefüllten Rektum versuchen, kommt aber wegen dessen relativ geringer Kapazität nicht immer zum Ziele. Es besteht auch die Möglichkeit, durch eine Wunde in den Bauchdecken, welche hernach sorgfältig in Etagen vernäht werden muss, eine geeignet gekrümmte, mit einer kleinen, wassergefüllten Blase versehene Glasröhre einzuführen. Jedoch wird durch eine so eingreifende Operation häufig das Zustandekommen des Quakreflexes allzusehr gehemmt. Mit beiden Methoden erhält man jedoch am

besten unter Anwendung eines Wassermanometers genügenden Aufschluss über die uns interessierenden Verhältnisse.

Fig. 2 zeigt das Verhalten des Wassermanometers während zweier aufeinanderfolgender Quakreflexe. Vom Beginne des Quakens bis zu seinem Ende steigt der intraabdominale Druck ziemlich jäh an, um etwa 60—70 mm Wasser zu erreichen. Dieser Wert ist eigentlich erstaunlich gering. Ich hatte einen weit höheren erwartet. Es geht aber daraus hervor, dass es nicht richtig ist, wenn in zusammen-

Fig. 2.

fassenden Darstellungen¹⁾ über die Froschatmung von der grossen Kraft gesprochen wird, mit welcher beim Quaken die Bauchpresse arbeitet. Denn sobald der doch recht geringe Druck von etwa 60 mm Wasser erreicht ist, hat sich die ganze Stimm- bildung bereits abgespielt, und der intraabdominale Druck sinkt wieder ab. Schon vor Erreichung des halben Druckwertes aber beginnen, während der Druck noch weiter ansteigt, rhythmische Schwankungen, kleine Wellen, welche den aufsteigenden Kurvenschenkel zerklüften und während einmaligen Quakens wiederum in der Regel sechs- bis siebenmal sich wiederholen.

Aus solchen Versuchen geht nun also zunächst hervor, dass der intraabdominale Druck während des Quakens bis zu dessen Ende ansteigt, trotzdem schon bald die Entleerung der Lungenluft beginnt. Es geht also die Abnahme des Bauchvolumens durch Luftausstossung

¹⁾ Siehe z. B.: E. Babák, Die Mechanik und Innervation der Atmung. Winterstein's Handb. d. vergl. Physiol. Bd. 1 S. 706 (Amphibien). 1913.

keineswegs proportional der Spannungszunahme der Bauchdecken einher, sondern die letztere wächst in weit stärkerem Maasse. Ferner ist zu ersehen, dass die Spannung der Bauchdecken rhythmische Schwankungen erleidet, für welche auch die oben erwähnten Erscheinungen an den dehnbaren Sehnen ein Ausdruck sind. Diese rhythmischen Schwankungen des Bauchdruckes und der Wandspannung hängen nun offenbar mit der Erscheinung zusammen, dass das Quaken als Stimmäusserung ebenfalls eine rhythmische Erscheinung darstellt. Das bekannte *βοεκεκεκεξ*, welches die Palpitationen in der Stimme nachzuahmen sucht, hat zu wenig Silben. Denn in der Regel lässt der Frosch, wenigstens bei reflektorischem Quaken, mehr als vier, wie erwähnt meist sechs bis sieben einzelne Stimmstösse während des einmaligen Quakens vernehmen. Man ist, wie wir noch genauer erörtern werden, der Meinung, dass der Rhythmus des Quakens mit Veränderungen des Aditus lar̄ngis zusammenhängt. Indessen muss hieraus noch nicht das besondere Verhalten der dehnbaren Bauchmuskelsehnen erklärt werden, bei welchem doch verschiedene Umstände in Betracht kommen könnten.

c) Ursache der rhythmisch verschiedenen Länge der dehnbaren Sehnen beim Quaken.

Weder die genaue Beobachtung noch die graphische Registrierung der Sehnenbewegungen gibt einen sicheren Aufschluss über die direkte Ursache der rhythmischen Erscheinung an denselben während des Quakens. Es besteht einerseits die Möglichkeit einer rhythmischen Dehnung der Sehnen durch rhythmische Muskelaktion, anderseits muss daran gedacht werden, dass es während der in rasch aufeinanderfolgenden Stössen stattfindenden Luftentleerung der Lungen zu rhythmischem Nachlassen des Dehnungszustandes der Sehnen kommt. Auch eine Kombination beider ursächlichen Momente wäre von vornherein nicht auszuschliessen.

Was nun zunächst das Verhalten der seitlichen Bauchmuskeln anlangt, so ist eine sichere Beurteilung der Art ihrer Tätigkeit während des Quakens schwieriger, als man meinen würde. Diese Muskeln sind es zweifellos, durch deren Kontraktion der Bauchwand jene Spannung erteilt wird, welche durch Erhöhung des intra-abdominalen Druckes die Luft aus den Lungen entleert und sie durch das stimmerzeugende Organ durchtreibt. Auch haben wir schon erwähnt, dass diese Spannung bis zum Ende des Quakens

anwächst. Ob aber die anfänglich tetanische Kontraktion der Bauchmuskeln zur Zeit der Stimmerzeugung in einen groben Rhythmus übergeht und dadurch die Sehnen rhythmisch dehnt, ist durch blosse Inspektion der freigelegten Muskelwand des Bauches nicht zu entscheiden. Denn die leichten zitternden Bewegungen, welche man an der ganzen gespannten Bauchwand beobachten und mit aufgelegtem Finger fühlen kann, können wesentlich als ein Ausdruck der Erschütterung des ganzen Körpers durch die rhythmisch erfolgenden Luftstösse aufgefasst werden. Genügende Sicherheit in der Beantwortung der angedeuteten Frage gewinnt man nur durch Beobachtung der Tätigkeit entspannter Bauchmuskeln während des Quakens. Zu diesem Zwecke kann man zunächst ein von seiner Sehne abgetrenntes grösseres Muskelstück beobachten. Durch ein entsprechend grosses Hautfenster durchschneidet man den Ansatz der Muskelfasern des *M. obliquus* an ihren Sehnen am lateralen Rande eines Rückenstreifens in der Ausdehnung von etwa 10 mm. Nun präpariert man unter Schonung der Blutgefässe die von der Sehne gelöste Muskelpartie von der Unterlage, dem *M. transversus*, ab, begrenzt sie durch zwei parallel den Muskelfasern gelegte Schnitte und erhält auf diese Weise ein Muskelband von 10 mm Breite, welches sich in der Flanke des Tieres von der Bauchwand abhebt, aber die Tätigkeit der übrigen in situ befindlichen Bauchmuskulatur mitmacht. Denn seine Fasern setzen sich ja in die intakt gebliebene Bauchwand fort und werden von dort aus innerviert. Während des Quakens wird nun ein solches Muskelband nicht erschüttert und arbeitet, ganz leicht durch Suspension belastet, in tetanischer Kontraktion. Die Verkürzung nimmt bis zum Ende des Quakens immer mehr zu, gröbere rhythmische Tätigkeit lässt sich mit Sicherheit ausschliessen.

Eine andere, ebenfalls zu klarem Resultate führende Methode der Beobachtung der entspannten Bauchmuskeln während des Quakens besteht in der Verkleinerung des Lungenvolumens. Unterhalb der Achselhöhle eröffnet man in möglichst geringer Ausdehnung beiderseits Haut und Bauchwand, zieht vorsichtig die Lungen heraus und bindet dieselben durch quere Ligaturen derart ab, dass zwei Drittel des Lungensackes jederseits peripherer von der Ligatur abgeschnitten werden können. Das übriggebliebene Drittel der Lungen wird wieder in die Leibeshöhle versenkt, und die Wunden werden sorgfältig in Etagen vernäht. Nach einigen Stunden hat sich das Tier dem

neuen Zustände angepasst. Die kleinen Lungsäcke sind gefüllt, die Bauchmuskulatur, wie man durch ein Hautfenster beobachten kann, schlaff. Während des Quakens, bei welchem nun nur eine ganz leise, aber deutlich palpitierende Stimmäusserung zustande kommt, verfallen die seitlichen Bauchmuskeln in ihren unteren Partien in gleichmässige tetanische Kontraktion. Dabei verkürzen sie sich wesentlich ohne Spannung zu entwickeln, von rhythmischer Tätigkeit ist keine Spur zu beobachten, die zugehörigen Sehnen werden nicht gedehnt und zeigen auch keine rhythmischen Erscheinungen.

Aus solchen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, dass die an unseren dehnbaren Sehnen während des Quakens zu beobachtenden Erscheinungen des Oszillierens nicht darin begründet sind, dass die zugehörigen Muskeln in rhythmische Tätigkeit verfallen. Es muss also die Ursache dafür in rhythmisch stossweise erfolgender Entspannung der Bauchwand durch den Mechanismus der Lungenentleerung bei zunehmender tetanischer Dauerkontraktion der seitlichen Bauchmuskeln gelegen sein. Welches ist nun die Ursache für das Palpitieren der Stimme des Frosches beim Quaken? Darüber herrschen nur Vermutungen. Sicher ist es offenbar, dass der Luftstrom aus den Lungen im Kehlkopfe rhythmische Unterbrechungen erleidet. Eine wichtige Angabe hierüber findet sich bei Heinemann¹⁾. „Bei den Experimenten über das Verhalten der Stimmlade während der Respiration ereignete es sich einige Male, dass Frösche mit abgeschnittenem Schädel und ausgeschnittener Zunge ein lautes Geschrei ausstießen, dem ganz ähnlich, wie man es gewöhnlich von ihnen hört. Dabei öffnete und schloss sich abwechselnd der Aditus laryngis mit grosser Geschwindigkeit, während die Bauchmuskeln sich kontrahierten.“ In einer ganz oberflächlich gehaltenen Publikation über das Quaken des Frosches kommt Couvreur²⁾ nicht über allgemeine Bemerkungen, mit denen nichts anzufangen ist, hinaus. „Si on examine l'état de la glotte“ (nämlich des Aditus laryngis) „pendant un coassement on voit qu'elle est légèrement ouverte dans sa partie postérieure.“ Das ist ganz unrichtig.

1) C. Heinemann, Über den Respirationmechanismus der *Rana esculenta* usw. Virchow's Arch. Bd. 22 S. 1. 1861.

2) E. Couvreur, Sur le coassement de la grenouille. Annal. de la soc. Linnéenne de Lyon t. 39 p. 195. 1892.

Namentlich bei *Rana esculenta* gelingt es im Frühjahr, wo das Quaken durch experimentelle Eingriffe nicht zu leicht gehemmt wird, den Aditus laryngis unter Anwendung einer leichten Maulsperr während des Quakens direkt zu beobachten. Dabei sieht man an der Kehlritze eine Erscheinung, welche an die Angaben Heine-mann's erinnert, sich aber in einem wesentlichen Punkte von ihnen unterscheidet. Die Ritze öffnet sich, eine Mittelstellung ihrer Ränder überschreitend, und es erfolgt ein ausgiebiges Oszillieren derselben bei weit geöffneter Spalte mit grosser Frequenz. Ist das Quaken beendet, so schliesst sich die Ritze wieder. Es kann also keine Rede davon sein, dass an dieser Stelle der Luftwege die direkte Ursache für die stossweise Entleerung der Lungenluft während des Quakens gelegen ist. Wohl aber deuten diese Erscheinungen an der Kehlritze bestimmte Vorgänge an der Stimmritze an. Denn Gaupp¹⁾ hat entdeckt, dass ein Teil der tiefen Portion des *M. dilatator laryngis* jederseits in die Stimmlippe des Kehlkopfes einstrahlt. Das deutet darauf hin, dass eine gewisse, vermutlich sehr komplizierte Tätigkeit der Kehlkopfmuskulatur gleichzeitig eine Öffnung der Kehlritze und rhythmische Schliessung und Öffnung der Stimmritze zuwege bringt, welche letztere während des Quakens in dem Oszillieren der Kehlritzenränder einen von aussen sichtbaren Ausdruck findet. Es muss der weiteren Forschung überlassen bleiben, wie weit es gelingen wird, diese Mechanismen experimentell aufzuklären. Soviel steht fest, dass die Stimmgebung während des Quakens bei ziemlich weit geöffneter Kehlritze mit oszillierenden Rändern unter rhythmischem Verschlusse der Stimmritze erfolgt. Die letztere Erscheinung allein ist die Ursache für das Palpitieren der Stimme beim Quaken. Schon Gaupp hat übrigens, dem oben erwähnten Verhalten des *M. dilatator* entsprechend eine abwechselnde Veränderung in der Form der Rima glottidis beim *βοεξεξεξεξ* vermutet. (S. 191.)

Wie man sieht, erfolgt also das Quaken des Frosches unter tetanischer, andauernder und bis zum Schlusse zunehmender Kontraktion der Bauchmuskulatur unter rhythmisch einsetzendem Verschlusse der Atemwege durch die Stimmritze²⁾. Dabei weisen nun

1) E. Gaupp, Anatomie des Frosches. 5. Abt., Eingeweide, S. 177.

2) Hier sei bemerkt, dass das Muskelspiel am Kehlkopfe während des Quakens vom allgemein muskelphysiologischen Standpunkte aus, ebenso wie in

die dehnbaren Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln rhythmische Schwankungen ihrer Länge auf. Zur besseren Übersicht sind die beschriebenen Verhältnisse in Fig. 3 schematisch zusammengestellt. Es handelt sich um den Ablauf der Erscheinungen während eines einmaligen Quakens. In der untersten Kurvenlinie 1 ist die Zeit in 0,2 Sekunden verzeichnet. Die Linie 4 veranschaulicht die Kontraktion der Bauchmuskulatur. Diese erfolgt im Momente *a* beginnend zunächst kurze Zeit wesentlich isotonisch, um dann mehr isometrisch verlaufend zu allmählich wachsender Spannung der

Fig. 3.

Bauchdecken zu führen, welche erst mit der beginnenden Erschlaffung des Muskels ihr Ende findet. Im Momente *a* beginnt, durch die Muskelkontraktion veranlasst die Dehnung der Sehnen (Linie 2 stellt die Breite der Sehnenstreifen dar). Die wachsende Spannung der Bauchwand bewirkt ein Ansteigen des intraabdominalen Druckes (Linie 3) bis sich schliesslich zurzeit *b* die Kehlritze (Linie 6) und zugleich die Stimmritze (Linie 5) öffnet. Hier beginnt die Stimmäusserung. Die Kehlritze bleibt geöffnet, nur ihre Ränder

Hinsicht auf die zentralen Innervationsverhältnisse besonderes Interesse verdient. Denn sowohl die hohe Frequenz des Muskelrhythmus als auch die überaus kurze Dauer der einzelnen Muskelaktionen stellen ein beim Frosche ungewöhnliches Verhalten dar.

vibrieren rasch. Mit gleicher Frequenz öffnet und schliesst sich aktiv die Stimmritze. Sobald sie sich öffnet, wird der Schall hörbar, da die Lungenluft unter der Wirkung des Bauchdruckes entweicht (Moment *b*). Zu dieser Zeit sinkt der Bauchdruck infolge der Entleerung der gedehnten Lungen ganz kurze Zeit, und die gedehnten Sehnen schnellen zusammen. Sogleich aber erfolgt der neuerliche Schluss der Stimmritze, der Bauchdruck steigt wieder, und die Sehnen werden durch die fortdauernde Muskeltätigkeit wieder gedehnt. So wiederholt sich dieses Spiel in der Regel 6—7 mal, während das Quaken ertönt. In einem bestimmten Momente erfolgt also fast gleichzeitig (z. B. bei *c*) Öffnung der Stimmritze, Entleerung von Luft aus der Lunge, Sinken des Bauchdruckes und Zusammenschnellen der Sehnen. Auch die entgegengesetzten Phasen dieser Prozesse fallen zeitlich fast zusammen. Das ganze Spiel findet sein Ende durch Aufhören der Kehlkopfbewegungen und Erschlaffen der Muskeln, wobei der Bauchdruck wieder sinkt und die dehnbaren Sehnen zu ihrer ursprünglichen Länge zurückschnellen. Dies sind in kurzen Zügen die Ereignisse beim Quaken des männlichen Frosches. Der Mechanismus des Oszillierens der Sehnen der seitlichen Bauchmuskeln liegt darin, dass dieselben durch die andauernde Muskelkontraktion gedehnt und in gedehntem Zustande erhalten werden, dass sie aber die Erschütterungen und Stösse durch die Schwankungen des intraabdominalen Druckes gelegentlich der Öffnung und Schliessung der Stimmritze gleichsam auffangen. Hierbei wirken sie wie Puffer und schützen dadurch Lungen und Baucheingeweide vor zu unvermittelter Stosswirkung. Die dehnbaren Sehnen spielen hier gleichsam die Rolle der Kautschuk-einlagen bei Gürteln, Miedern und Bandagen.

4. Bedeutung der dehnbaren Sehnen als Geschlechtsmerkmal.

Wie wir oben erörtert haben, besitzt die Stimme bei Fröschen und Kröten Geschlechtscharakter. Bei *Rana esculenta* und *fusca* unterscheidet sich die männliche Stimme von der weiblichen sehr bedeutend. Sie ist bei Männchen viel anhaltender, lauter, dröhnender und auch im Klangcharakter ganz verschieden. Der Umfang des mechanischen Geschehens, die Grösse des aufgewendeteten Luftvolumens und damit auch die Grösse und Steilheit der einzelnen

Längen-, Volum- und Druckschwankungen ist weit grösser. Als Ausdruck dieser Verschiedenheiten sehen wir das Volumen der Mundhöhle durch Ausbildung der Schallsäcke den Anforderungen der männlichen Stimme angepasst. Auch sehen wir die Bauchmuskulatur viel kräftiger entwickelt. Ebenso ist die Ausbildung der dehnbaren Bauchmuskelsehnen als eine Anpassung an die bei der männlichen Stimmgebung vermehrten jähen Schwankungen an Volumen und Druck bezüglich der Organe der Leibeshöhle aufzufassen. Diese Sehnen gehören mit in jene Gruppe von Geschlechtsmerkmalen, bei denen die experimentelle Untersuchung bestimmte Beziehungen zu Funktionen aufdecken konnte, welche das betreffende Geschlecht als solches charakterisieren.

Es erübrigen noch zum Schlusse einige Worte über die entsprechenden Verhältnisse bei nahen Verwandten. Alle unsere Erörterungen beziehen sich auf *Rana esculenta* und *fusca*. Ich zweifle nicht, dass sie auch für die andern bisher nicht untersuchten Arten von *Rana* gelten dürften. Die Verhältnisse bei *Hyla* zu untersuchen, bei welcher ich das Vorkommen der dehnbaren Sehnen beobachtet habe, müsste in Anbetracht des ausserordentlich ausgeprägten Geschlechtscharakters der männlichen Stimme besonders interessant sein. Wie sich die Sache bei den Kröten verhält, ist mir vorläufig nicht bekannt. Bei *Bufo vulgaris* habe ich, wie erwähnt, die weissen Streifen auch bei Männchen vermisst. Vielleicht besitzen sie andere Krötenarten, bei denen, wie oben erörtert wurde, die Stimme ausgeprägter ist, als bei der Erdkröte. Über die angedeuteten Punkte ist zunächst eine grössere Erfahrung zu sammeln.