

Beobachtungen und Versuche am südamerikanischen Zitteraale (*Gymnotus electricus*).

Von

Dr. med. Carl Sachs
aus Berlin.

(In Briefen an den Herausgeber.)

(Hierzu Taf. II.)

Vorbemerkung des Herausgebers.

Wer der Entwicklung der Lehre von den elektrischen Fischen während der letzten Jahrzehnde folgte, bemerkte mit Bedauern, wie weit unsere Kenntniss von dem gewaltigsten dieser Thiere, dem südamerikanischen Zitteraale (*Gymnotus electricus*), hinter der von den Torpedineen des Mittelmeeres und von dem afrikanischen Zitterwelse (*Malopterurus electricus*) zurückblieb. Noch nie war das elektrische Organ des *Gymnotus* frisch mikroskopirt worden, da wir doch jetzt wissen, dass bei wenig Geweben die Untersuchung im ganz frischen Zustande so wichtig ist, wie hier. Von den elektrischen Nerven und ihrem Ursprung im Rückenmarke war kaum das Größte sicher bekannt. Zwar hatte Faraday 1838 den lebenden Zitteraal in London zum Gegenstand einer schönen Versuchsreihe gemacht; es lag aber in der Natur der Dinge, dass seine Versuche mehr den Physiker als den Physiologen befriedigten. Dieser Zustand erschien um so beklagenswerther, je mehr neue, auch am *Gymnotus* zu beantwortende histologische und physiologische Fragen die vorgeschrittene Untersuchung am Zitterrochen und Zitterwelse schon eröffnet hatte und noch täglich eröffnete; ja fast unwürdig erschien er, wenn man erwog, wie gering nachgerade bei der heutigen Entwicklung des Weltverkehrs die Schwierigkeit geworden war, den *Gymnotus* in seiner Heimath auf-

zuzuchen. Denn aus anderswo¹ von mir entwickelten Gründen wird dies stets die einzige Art bleiben, tiefgehende, umfangreiche und sichere Aufschlüsse über die elektrischen Fische zu erlangen. An wenigen in Gefangenschaft lebenden Exemplaren wird man die Physiologie des Organes so wenig auszuarbeiten im Stande sein, wie dies für die des Muskels an zwei bis drei womöglich am Leben zu erhaltenden Fröschen geglückt wäre.

Um den Zitteraal in seiner Heimath zu studiren, konnte kein Ort geeigneter scheinen, als jene Steppengewässer von Venezuela, welche nach Alexander von Humboldt von Gymnoten buchstäblich wimmeln. Hier hatte er selber, kurz nach seiner Landung in Cumaná, jene berühmten Beobachtungen am Zitteraal angestellt, deren Schilderung aus den „*Ansichten der Natur*“ fast in jedes deutsche Lesebuch überging. Wer von uns hat nicht schon als Kind der wunderbaren Mähr vom Kampfe der Pferde und Fische gelauscht?

Venezuela, wo damals Humboldt post tot discrimina zuerst den Fuss auf den neuen Continent setzte, als dessen zweiten Entdecker die Wissenschaft ihn preist, ist jetzt von Europa aus durch regelmässige Postdampfer vermuthlich leichter zu erreichen, als, abgesehen von den Kriegsläufen, zu Humboldt's Zeit Aegypten. Als daher in Hrn. Dr. Sachs eine für solches Unternehmen geeignete Persönlichkeit sich bot und dieser junge Gelehrte sich gern dazu bereit erklärte, trug ich im Frühjahr 1876 bei der Königlichen Akademie der Wissenschaften darauf an, dass ihm aus den Einkünften der Humboldt-Stiftung für Naturforschung und Reisen die nöthigen Mittel zur Verfügung gestellt würden. Die Akademie ging auf das Bereitwilligste darauf ein, diese am meisten Humboldt'sche fast aller denkbaren Unternehmungen der Humboldt-Stiftung zu unterstützen. Hr. Dr. Sachs hatte schon ermittelt, dass er, um in Venezuela die richtige Jahreszeit vor sich zu haben, Berlin früh im Herbst verlassen müsse. Der Sommer 1876 wurde also damit zugebracht, den Plan der Untersuchung bis in alle vorhersehbaren Einzelheiten auszuarbeiten und ein möglichst vollständiges histologisches und elektrophysiologisches Laboratorium für den Transport zusammenzustellen. Es war keine Kleinigkeit, sich in den Stand zu setzen, in den Llanos thierisch-elektrische Versuche mit aperiodischem Spiegel und unpolarisirbaren Elektroden oder Messungen

¹ *Gesammelte Abhandlungen zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysik.* Leipzig 1877. Bd. II. S. 612. — Ich erlaube mir, die Fachgenossen, welche für den Gegenstand sich interessiren, darauf aufmerksam zu machen, dass dem zweiten Bande jener Sammlung eine neue Abhandlung (XXVIII) einverleibt ist, welche meine Beobachtungen und Versuche an den nach Berlin gelangten lebenden Zitterwelsen zum ersten Male zusammenhängend und mit allen nöthigen Einzelheiten darstellt.

über Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung im Nerven mit derselben Sicherheit anstellen zu können, wie im physiologischen Institut einer deutschen Universität. Endlich, am 26. September, schiffte sich Hr. Dr. Sachs in Hamburg ein. Das auswärtige Amt des Deutschen Reiches hatte die Geneigtheit gehabt, durch den Kaiserlichen Geschäftsträger und General-Consul in Carácas, Hrn. Dr. Stamman, ihm in dankenswerthester Weise die Wege ebnen zu lassen. Sogleich bei seiner Ankunft in La Guayra am 21. October erklärten die an Bord des Dampfers erscheinenden Zollbeamten dem Hrn. Dr. Sachs, dass auf Befehl des Präsidenten der Republik, General Guzman Blanco, er sein Gepäck unbesichtigt an Land nehmen dürfe, für einen mit zahlreichen zerbrechlichen Apparaten reisenden Naturforscher eine unschätzbare Vergünstigung. In Carácas, wohin Hr. Dr. Sachs sich noch am Nachmittage desselben Tages begab, fand er bei Hrn. Dr. Stamman, sowie bei des Hrn. Präsidenten Excellenz selber, den zuvorkommendsten Empfang.

Wenn ich hinzufüge, dass er dort mit Empfehlungsbriefen und Ausrüstungsgegenständen für das Innere sich versah, und für 270 spanische Thaler ein Maulthier erstand, um ihn über die Cordillere nach dem Dorfe Rastro zu tragen, in dessen Nähe Humboldt vor 77 Jahren experimentirte, so ist der Leser mit den Verhältnissen hinreichend vertraut gemacht, unter welchen nachstehende Briefe entstanden.¹

I.

Calabozo, den 6. December 1876.

— Meinen letzten Brief schrieb ich in Carácas am 9. November. Noch an diesem selben Tage verliess ich die Hauptstadt, um die Reise nach dem Inneren anzutreten. Verschiedene kleine Unfälle hielten mich ein paar Tage länger auf als ich geglaubt hatte, so dass ich erst Sonntag den 19. Nov. in Rastro (2½ Stunden von Calabozo) eintraf. Die Reise ging durch die Küstencordillere, am Valenciasee vorbei, über Villa de Cura, dann San Juan, Parapara, Ortiz nach den Llanos. Anderthalb Tagereisen durch die Steppe, während welcher ich mich zum Theil gänzlich allein, auf den Compass angewiesen, befand, brachten mich nach meinem vorläufigen Reiseziel, dem Dorfe Rastro de Arriba, wo ich das Haus eines

¹ Zwei Briefe des Reisenden nicht physiologischen Inhalts sind in Petermann's „*Geographischen Mittheilungen*“ abgedruckt. (S. dort, 1877. S. 182. —) — Vergl. übrigens die *Monatsberichte der Berliner Akademie*, 1877. S. 16.

im Lande hochangesehenen Mannes, Don Carlos Palacios, „El Rey de los Llanos“ genannt, bezog, welches dieser mir freundlichst zur Verfügung gestellt hatte.

Die mannigfaltigen Natureindrücke, welche die Reise bot, konnte ich nicht mit dem nöthigen Behagen geniessen; ich befand mich in der peinlichsten Ungewissheit über das Schicksal, das mich erwartete. Dass die Gymnoten in der Gegend von Calabozo noch heute vorkommen, hatte sich, durch viele übereinstimmende Aussagen, zur Evidenz erwiesen. Aber Jedermann zuckte die Achseln, als ich auf die Möglichkeit, eine Anzahl Thiere lebend zu erhalten, zu sprechen kam.

Die ersten Tage in Rastro waren denn auch wenig geeignet, meinen Muth zu beleben. Ich engagirte eine Anzahl der Fischerei kundiger Leute; mit Netzen, Hacken, Schaufeln u. s. w., vor Allem mit einer riesigen Flasche Branntwein bewaffnet, machte man sich auf den Weg nach dem Caño de Rastro, einem fliessenden Wasser in der Nähe des Dorfes. Das eifrigste Durchstöbern des Wassers, woran ich mich, trotz Cayman und Caribenfisch,¹ lebhaft betheiligte, blieb völlig erfolglos. Das „*Embarbasca con cavallos*“² ist leider nur ein schöner Traum. Pferde und Maulthiere sind hier heutzutage so theuer, dass kein Mensch daran denken kann, auf diese Weise Gymnoten zu fangen. Abgesehen davon ist man im grössten Irrthum, wenn man sich vorstellt, dass die Sache je Sitte und Gewohnheit gewesen sei, wie es Humboldt darstellt; Niemand, auch von den ältesten Leuten hier, weiss sich dessen zu erinnern. Meine Erzählung wurde überall mit homerischem Gelächter aufgenommen. Dagegen hörte ich von Leuten aus der Gegend des Rio Apure einen Umstand, der vielleicht mit der Humboldt'schen Erzählung in Verbindung zu bringen ist. Beim Passiren der Flüsse jagt man, wenn sich zahlreiche Tembladoren in der Nähe befinden, die Heerden-Thiere voraus in's Wasser, um die Aale zu verscheuchen oder zu schwächen. Unter den Indianern in Humboldt's Umgebung befand sich wohl irgend ein feiner Kopf, der, hiervon ausgehend, das so berühmt gewordene „*Embarbasca con cavallos*“ erfand.

Höchst missmuthig kehrte ich nach dem Dorfe zurück und verlebte daselbst ein paar recht ungemüthliche Tage. Ich erhielt weder Gymnoten, noch kam mein Gepäck, über dessen Schicksal ich gleichfalls in Ungewissheit war. Warten war die Losung; dazu hatte ich die angenehme Aussicht, die projectirten Malariablut-Untersuchungen baldigst an mir selbst anstellen zu können, denn zwei Drittel der Bevölkerung von Rastro

¹ *Pygocentrus spec.*? [E. d. B.-R.]

² *Embarbasca* heisst die in Südamerika übliche Art des Fischfanges durch in's Wasser geworfene giftige Kräuter. [E. d. B.-R.]

wurden im vorigen Jahre während desselben Monats (unmittelbar nach der Regenzeit) durch bösartige Fieber hingerafft. Endlich Hitze, Mosquitos, Mangel zusagender Nahrung und aller Bequemlichkeit u. dgl. m.

Ein Ausflug, den ich nach Calabozo machte, um Empfehlungsbriefe abzugeben, zeigte mir sofort, dass ich unter allen Umständen meinen Wohnsitz wechseln musste. Calabozo ist ein netter, nicht besonders ungesunder Platz mit intelligenter Bevölkerung, Behörden, Aerzten, Apothekern, Kaufläden aller Art u. dgl. m. Es wäre Wahnsinn gewesen, länger in dem elenden, von stinkenden Sümpfen umgebenen Dorfe zu bleiben. So miethete ich denn ein geräumiges Haus (für 16 Mark monatlich) und zog mit fliegenden Fahnen in Calabozo ein. Alles wetteiferte, mich mit den herrlichsten Versprechungen hinzuhalten. Viele Leute vermessen sich hoch und theuer, Gymnoten fangen zu wollen; aber hier wie in Rastro hiess es zuerst, geduldig warten. Endlich, Montag den 27. November, ritt ich mit einem entschlossenen Manne, dem General Guancho Rodriguez, dem berühmtesten Krieger der Llanos, der einst einen Strauss mit drei Jaguaren glücklich ausfocht, zwei Stunden südöstlich von Calabozo nach dem Rio Uritucu, einem wilden, weit und breit von prächtiger Urwaldvegetation umgebenen Flusse, in dessen Gewässern das Verderben in vielfacher Gestalt lauert. Die wildesten Krokodile des ganzen Llano bewohnen diesen Fluss, sein Wasser wimmelt von den gefrässigen Caribenfischen und Stachelrochen¹ und, glücklicherweise, auch von Tembladoren. Gleich bei unserer Ankunft sahen wir einen gewaltigen, sechs Fuss langen Gymnotus dicht unter der Wasseroberfläche sich bewegen.

Die Fangweise, deren sich Don Guancho und seine Knechte bedienen, war eine höchst sinnreiche und interessante. Schon vorher hatte man ein Thier mit der Harpune gefangen, das aber bald starb; ich bestand daher darauf, die Thiere unverletzt zu erhalten. Wir begaben uns nach der Mündung eines kleinen Baches, des Caño Merecuritu; diese Mündungen (Bocas) sind ein Lieblingsaufenthalt der Gymnoten, welche hier die in dem Bach herabkommenden kleinen Fische abfangen. Sie halten sich jedoch im Wasser des grossen Flusses und hier ist ihnen nicht beizukommen. Die Neugierde des Thieres gereicht ihm zum Verderben. Hinter Bäumen versteckt warfen wir kleine Steine in das Wasser des Caño, und bald glitten Tembladoren den Caño aufwärts, um zu sehen, was es gäbe. Ein quer vor die Mündung des schmalen Caño gespanntes Netz hinderte ihre Rückkehr; mit einem zweiten Netz begeben sich zwei Leute eine kleine Strecke aufwärts, werfen es ebenfalls aus, dass es den Caño quer absperrt und gehen nun damit abwärts nach dem ersten Netz

¹ Trygon spec.? [E. d. B.-R.]

zu. Vergebens schleudert der zornige Gefangene nun seine Donnerkeile; todte Fische und Frösche, die plötzlich auf dem Wasser schwimmen, sowie mancher Ach- und Wehruf der Fischer künden seine Kraft. Er ist gefangen, wird zwischen den beiden Netzen aus dem Wasser gehoben und zappelt auf dem Sande. Aber der besiegte Feind flösst noch Schrecken ein. Keiner der Leute, selbst nicht der beherzte Don Guancho, will die beiden gefangenen Gymnoten berühren, um sie in das mitgebrachte Fass zu werfen. Ich selbst bin genöthigt, diese That auszuführen; in weiser Vorsicht ziehe ich mir den Tuchrock aus, breite ihn über die Thiere, fasse sie so und werfe sie in das Fass. Dass diese Vorsicht wirklich weise war, beweist der Umstand, dass ich trotz des Rockes hierbei noch empfindliche Schläge erhielt.

Leider war das mitgebrachte Fass so eng, dass nur eines der Thiere an der Oberfläche des Wassers Platz hatte; dieses blieb am Leben, während die beiden anderen, darunter ein harpunirtes, starben, offenbar an Erstickung. (Der Gymnotus kommt alle 30—50 Secunden an die Oberfläche, um Luft zu schlucken.) Auch das überlebende Thier hatte durch das enge Gefäss während des 2—3stündigen Transportes verderbliche Hautabschürfungen erlitten, so dass es starb, während ich noch nicht in der Lage war, experimentiren zu können.

Mittwoch den 29. November kamen meine Kisten an, die ich mit fieberhafter Ungeduld auspackte. Zu meiner grössten Freude war fast Alles unbeschädigt, und schleunigst wurde das Laboratorium in die nöthige Verfassung gesetzt.

Die ersten, rasch sterbenden Thiere hatte ich zum Studium der groben Anatomie benutzt. Ich begab mich Donnerstag den 30. wiederum nach der nämlichen Stelle, und es gelang, nach derselben Methode, in einem Netz drei prächtige Gymnoten zu fangen. Diesmal brauchte ich meinen Rock nicht auszuziehen; angethan mit Kautschuck-Handschuhen griff ich stolz nach den Tembladoren und brachte sie in Sicherheit, zum unsäglichen Erstaunen der zuschauenden Llaneros. Durch die Handschuhe hindurch machte sich keine Spur des Schlages bemerklich.

Alle drei Thiere hielten sich vortrefflich in der grossen Canoa,¹ die ich als Wohnstätte für sie in meine Wohnung hatte schaffen lassen; nur waren sie nicht zum Fressen zu bewegen, wiewohl ich es mit vielerlei Dingen versuchte.

Zwei von den Thieren habe ich bereits getödtet und theils zu experimentellen, theils zu histologischen Zwecken verwendet. Ich habe in den fünf Arbeitstagen, die hinter mir liegen, mich möglichst geeilt,

¹ *Canoa*, durch Aushöhlen eines Stammes gebildeter Nachen: Einbaum. [E. d. B.-R.]

und es macht mir Vergnügen, schon heute nicht mit leeren Händen kommen zu müssen. Ich schreibe diesen Brief spät in der Nacht, um das Wenige, worüber ich schon jetzt berichten kann, sicher zu stellen. Da die Post morgen zu unbestimmter Zeit abgeht und ich morgen fleissig zu arbeiten gedenke, kann ich den Brief vielleicht nachträglich noch vervollständigen.

1) Der Schlag des Gymnotus. Während des Schlages bewegt sich das Thier nicht im Geringsten, ebensowenig in Folge des Schlages anderer dicht neben ihm befindlicher Gymnoten. Hinsichtlich der Wirkung des Schlages auf den Menschen muss man zwei Fälle unterscheiden, Stromschleifen, welche eintreten, wenn man das Thier mit dem Finger oder durch Vermittelung schlecht leitender Körper in kurzer Ausdehnung berührt. Die Empfindung eines solchen Schlages hat die grösste Aehnlichkeit mit kurzdauernder Einwirkung von Inductionsströmen. Schon durch die Empfindung verräth es sich, dass der Schlag eine gewisse Dauer hat. Der zweite Fall, Stromdurchgang, kann sich mit dem ersten vergesellschaften. Man bekommt ihn rein zur Anschauung, wenn man mit einem Metallkörper in der Hand das Thier berührt und nicht vollkommen isolirt steht. Ich hatte Strümpfe und Pantoffeln mit Ledersohlen an, berührte einen sehr ermüdeten Gymnotus mit einem Bohrer und bekam einen Schlag, der sich durch einen viel mächtigeren psychischen Eindruck, durch Erschütterung des ganzen Körpers als Stromdurchgang charakterisirt. Möglicherweise ist diese Wirkung unipolar; denn ich kann mir schwer vorstellen, dass das dicke trockene Holz meiner Versuchswanne die Rückleitung vermittelt. Als ich mich auf zwei Guttapercha-Platten stellte, bekam ich bei zehn Berührungen mit Metall keinen Schlag, sogleich aber als ich die Platten entfernte. Der Ziegelfussboden meiner Zimmer isolirt mithin nicht, ich habe mich auch überzeugt, dass man durch ein Stück Ziegel einen starken Schlag erhält.

2) Nach Durchtrennung des Rückenmarkes kurz nach dem Austritt aus der Schädelhöhle, erhält man, auch auf die stärksten sensiblen Hautreize, keinen fühlbaren Schlag; ebensowenig zeigte mein aus dem Compass und einer Hydrorolle der Bussole zusammengesetztes Galvanometer einen Strom an, obgleich es z. B. empfindlich genug ist, um den durch Auflegen von zwei Fingern auf die Sternsäule erzeugten Thermostrom anzuzeigen. Dies erklärt sich jedoch leicht, wenn man bedenkt, dass durch Reflex immer nur kleinere Abschnitte der Organe gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt werden. Der stromprüfende Froschschenkel muss hier zur Wirkung kommen. (Ich besitze prachtvolle grosse Krötenfrösche mit sehr brauchbaren Muskeln; die eigentlichen Frösche sind hier viel zu klein.)

3) Zuckung und Schlag sind Grössen von einerlei Ordnung. Diesen Versuch habe ich, nach Analogie des Ihrigen an *Malopterurus*, mit aller Genauigkeit angestellt, nur dass ich statt der Gutta-perchasättel, die es mir noch nicht gelungen ist, herzustellen, ein Paar Kupferelektroden in die Versuchswanne gesenkt habe, zur Ableitung des Schlages in den Galvanometerkreis. Ein zweites Paar Elektroden leitete einen Stromzweig ab, der sich gabelig spaltete zum Froschwecker und Froschunterbrecher. Der Schlag des Thieres wurde durch Klopfen hervorgerufen, die Glocke schlug an, die Nebenleitung des Froschunterbrechers öffnete sich und die Nadel des Compasses wurde mit grösster Heftigkeit nach der bekannten Richtung geschleudert, so dass sie sich gegen zwanzig Mal wirbelnd um ihre Axe drehte, während, wenn mein Assistent bei diesen Versuchen (ein Knabe aus guter Familie, mit dem vielversprechenden Namen Francisco Monro) die Nebenleitung gewaltsam geschlossen hielt, die Nadel vollständig ruhig blieb.

4) Das Organ ermüdet durchaus nicht so schnell, als man sich vorstellt. Ein Temblador, der, meiner Schätzung nach, im Laufe einer Stunde etwa 150 Mal geschlagen hatte, war noch im Stande, durch eine Kette von acht Personen, deren Endglieder ihn an Kopf und Schwanz berührten, einen kräftigen Schlag zu schicken.

5) Jodkalium-Elektrolyse. Ich habe bisher nur einen vorläufigen Versuch mit Kupferelektroden und Kupferspitzen angestellt. Ein Schlag gab starken Fleck am positiven Pol, nach 3—4 Schlägen schien auch am negativen Pol Spur von Zersetzung einzutreten. Ich bin im Begriff, die Platinvorrichtung herzustellen.

6) Die Reaction des frischen Organes ist schwach, aber deutlich, alkalisch. Beim Liegenlassen an der Luft, stärker bei Einwirkung von Inductionsströmen ($\frac{1}{2}$ Stunde), tritt Säuerung ein.

7) Die Muskeln des *Gymnotus* reagiren vortrefflich auf die Ströme des Schlitteninductoriums, und zwar, mit einem Daniell im Hauptkreise, bei einem Rollenabstand von 120^{mm}. Das Räthsel der Immunität bleibt also in vollem Maass bestehen.

8) Die Histologie des elektrischen Organes ist ein schwieriger Gegenstand, den ich jedoch schon so weit gefördert habe, dass ich mit Sicherheit auf guten Erfolg hoffen kann. Augenblicklich kann ich Folgendes als gesichert betrachten. (S. Fig. 1.)

Die bisherigen Beschreibungen der Platte treffen im Grossen und Ganzen auch für den frischen Zustand zu, namentlich diejenige Pacini's. Die vordere Fläche der Platte ist mit Papillen bekleidet, deren Substanz im frischen Zustande völlig homogen und glashell erscheint, wie es scheint, ohne Membran. Eingebettet in die Rindenschicht finden sich die

als Kerne beschriebenen Gebilde, in Wirklichkeit Zellen mit körnigem Protoplasma, ovalem Kern und grossem Nucleolus. Die Zellen sind mit zahlreichen verästelten Ausläufern versehen, so dass sie eine merkwürdige Aehnlichkeit mit protozoischen Organismen (Amöben) bekommen. Auf die papilläre Schicht folgt eine dünne zusammenhängende Lage, in der ich bis jetzt keinerlei Structur wahrgenommen habe, dann eine eigenthümliche helle, scharfe Grenzlinie und auf diese eine wiederum zellenhaltige Schicht, welche mit zweierlei Fortsatzbildungen, den „Prolongamenti spiniformi“ Pacini's und den hinteren Papillen bekleidet ist. Diese letzteren sind der Sitz des Nerven Eintrittes, der in Gestalt ziemlich dicker Fasern erfolgt. Die „Prolongamenti spiniformi“ halte ich für Stützgebilde. Der Nerven eintritt ist möglicherweise der Sitz merkwürdiger Bildungen; ich kann darüber noch nichts Bestimmtes sagen.

7. December 1876.

Die gesammte Substanz der elektrischen Platten, einschliesslich der „Prolongamenti spiniformi“, erscheint dunkel bei gekreuzten Nicols, ist also einfachbrechend.

Die hintere Schicht, in welche die Nerven eintreten, unterscheidet sich durch ihr stark granulirtes Ansehen von dem vorderen Theil der Platte; die Grenze zwischen beiden ist scharf und geradlinig. Die in die granulirte Substanz eintretenden blassen Nervenfasern sind durchschnittlich 1μ stark. Ihre Endigungsweise ist noch nicht sicher ermittelt. Beifolgende Skizze bitte ich durchaus nicht als definitiv betrachten zu wollen.

Von neuen Versuchen habe ich heute nicht viel aufzuweisen.

Die unipolare Wirkung des Gymnotusschlages ist sehr ausgesprochen; es ist mir nicht gelungen, einen stromprüfenden Schenkel so zu isoliren, dass nicht schwache Zuckungen bei Berührung mit einem Pol auftraten. Bei Ableitung mit dem Finger war die Zuckung bei Weitem stärker.

Die Angabe Humboldt's, dass man nicht immer an den verschiedenen Körperstellen des Thieres gleichzeitig den Schlag spüre, scheint in der That richtig zu sein. Ich habe heute dem Gymnotus vier stromprüfende Schenkel an verschiedenen Punkten der Länge angelegt, und bei schwachen Schlägen nur die hinteren zucken sehen; dasselbe hatte ich vorher schon bei einem anderen Thiere subjectiv beobachtet.

Höchst auffallend erschien mir der Mangel reflectorischer Schläge, den ich heute constatiren musste. Nach Durchschneidung des verlängerten Markes hörte nicht nur jede Spur fühlbaren Schlages auf, sondern es gelang auch nicht, selbst mit den stärksten Hautreizen, angelegte strom-

prüfende Schenkel auch nur ein einziges Mal zur Zuckung zu bringen. Allerdings hatte ich es mit einem sehr ermüdeten Thiere zu thun.

Reizungspräparate (aus einem Stück Organ mit zugehörigen elektrischen Nerven bestehend) sind leicht und schnell herzustellen. Aber zu meinem grossen Schrecken konnte ich heute einem solchen Präparate nicht die geringste Wirkung auf ein Nerv-Muskelpräparat des Frosches entlocken. Auch hieran mochte wohl die schlechte Beschaffenheit des Thieres schuld sein. — —

II.

Calabozo, den 10. Januar 1877.

— Dass ich Sie vier Wochen lang ohne Nachricht gelassen habe, rührt wesentlich davon her, dass ich während des ersten Theiles dieser Zeit in Folge eingetretener Tembladoren-Ebbe relativ geringe Fortschritte gemacht habe. Zur Weinachtszeit und schon lange vorher, ist Calabozo ein lustiges „Gefängniss“;¹ Alles rüstet sich auf die Stiergefechte, Hahnenkämpfe, gemeinsamen Trinkgelage, Bälle u. d. m.; Niemand hat Lust dem sehr zweifelhaften Vergnügen des Gymnotenfanges obzuliegen. Auch ich konnte es nicht vermeiden, mich an verschiedenen Festlichkeiten zu theiligen.

Ich war während dieser Zeit vorzugsweise histologisch beschäftigt. Unmittelbar nach Neujahr traf ich jedoch ernstliche Anstalten, mir eine grössere Anzahl Thiere zu verschaffen. Gewitzigt durch schlimme Erfahrungen liess ich die kleinen Fässer, Wannen u. d. m. zu Haus und nahm dafür eine grosse Badewanne mit, die im gefüllten Zustande vier kräftige Männer zum Transport erforderte. General Guancho Rodriguez war wiederum Generalstabschef der Expedition. Tief in das wilde Dickicht des Uritucu ging's hinein und zwei Tage kostete die Arbeit. Selbstgefangene Fische waren die Nahrung, die am Baum befestigte Hängematte das Bett, die feinen Sopranstimmen der Mosquitos die musikalische Unterhaltung; aber eine edle Havannah hilft über Vieles hinweg. Auch an „geistigen“ Genüssen fehlte es nicht; die gewaltige Aguardiente-Flasche ging vom braunen, schlichthaarigen Indianer zum wolköpfigen Schwarzen und von da zum weissen Berliner Physiologen.

Das Einzige, was fehlte, waren die Tembladoren. Anderthalb Tage suchten wir mit strassenviertelgrossen Netzen das ganze Gebiet des Caño

¹ Calabozo heisst auf Spanisch der Kerker, das Verliess. [E. d. B.-R.]

Baruta ab, ohne Tembladoren zu treffen. Ich begreife noch heute nicht, weshalb die Thiere sich alle an einem Punkt versammelt hatten; denn als man das noch übrigbleibende Terrain mit den Netzen umzingelte und die Bewohner auf einen Punkt sammelndrängte, sah ich mit Entzücken überall die wohlbekanntesten grünrothen Köpfe aus dem Wasser tauchen. Ich befand mich mit den Kautschuk-Handschuhen gerade auf dem falschen Ufer; einer von den Indianern nahm mich auf seine Schultern, um mich hinüberzutragen; aber der Mann stürzte im Wasser hin, so dass ich gänzlich durchnässt an's Ufer kam. Nun folgte eine aufgeregte Scene. Don Guancho warf in das von den grossen Netzen umschlossene Terrain ein kleines Netz (Taraya) hinein und fing sofort einen Gymnotus. Ich löste das zappelnde Thier aus dem Netz und hob es, geschützt durch die Handschuhe, auf, um es in das Baño zu werfen. Aber das mächtige, über fünf Fuss lange Thier entglitt meinen Händen und fiel mir vor die Füsse, so dass es gerade mit Kopf und Schwanz meine beiden Beine berührte, an denen die durchnässten Kleider anklebten. Einige Secunden verharrte das Thier in dieser Lage, und ich war vor Schreck unfähig mich zu rühren, denn das schwergereizte Ungeheuer schleuderte einen wahren Hagel entsetzlicher Schläge durch meinen Körper; ich schrie laut auf vor Schmerz, bis endlich das Thier von meinen Füssen herabglitt und in's Wasser entkam.

Es war das erste Mal, dass ich die volle Kraft eines frisch gefangenen grossen Thieres empfand; mir absichtlich diese Empfindung zu verschaffen, habe ich nie den Muth gehabt. Ich kann versichern, dass es keine Kleinigkeit ist; ich spürte jedoch nachträglich durchaus keine unangenehmen Folgen der Art, wie es Humboldt berichtet.

Es gelang schliesslich, 16 Thiere zu fangen, von denen jedoch nur 10 lebend in Calabozo ankamen. Es war ein prächtiger Anblick diese 10 Thiere, zum Theil von der grössten Art, in meiner Canoa sich tummeln zu sehen; wäre nicht die kategorische Losung des Arbeitens gewesen, ich hätte wohl Stundenlang davor gestanden, wie ein Geizhals, der funkelnden Auges seine Schätze betrachtet.

Von den beiden Gebieten meiner Thätigkeit, dem anatomischen und dem physiologischen, will ich heute nur das letztere zum Gegenstand meiner Mittheilungen machen. Die Abbildung der Platte, die ich ihnen übersandte, ist im Grossen und Ganzen richtig, das Specielle über die Endigung der Nerven in der körnigen Schicht befindet sich noch immer in der Schwebe. Dagegen habe ich in experimenteller Hinsicht eine Reihe, zum Theil überraschender Ergebnisse zu melden. Das Wichtigste sei im Nachfolgenden chronologisch, d. h. in der Reihenfolge wie es erhalten wurde, dargestellt:

1) Die zeitlichen Verhältnisse der Muskel- und Nerventhätigkeit bei meinem Hilfsversuchsthier, dem *Bufo Agua*, sind von der nämlichen Ordnung wie beim Frosch. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenprincips fand ich zu $= 27^m$ in der Secunde, das Latenzstadium der Reizung beim einfach belasteten *Gastroknemius* zu etwa $\frac{1}{300}$ Secunde.

2) Die elektromotorische Kraft der Kröten-Muskeln und -Nerven liefert etwas geringere Werthe, als beim Frosch, aber von völlig denselben Relationen untereinander. Die Wirkung hat überall die gesetzliche Richtung; die Parelektronomie des Achillespiegels wurde constatirt.

3) Man kann durch den Froschunterbrecher den Schlag des *Gymnotus* in zwei Theile theilen und den Theil der Curve vor und nach der zuckungerregenden Stelle durch das Galvanometer gehen lassen (indem nämlich der Muskel einmal die Hauptleitung, das andere Mal eine Nebenleitung öffnet). Es zeigt sich, dass der Theil der Curve vor der zuckungerregenden Stelle eine weit geringere Wirkung hat. Die Hauptmasse des Schlages liegt im zweiten Theil.

4) Die Faraday'schen Angaben über die Vertheilung der Spannungen am *Gymnotus* sind leicht zu bestätigen mittelst der Satttelektroden von Guttapercha und Stanniol. Der hintere Theil wirkte bei dieser Gelegenheit auffallend schwächer als der vordere.

5) Ein durch die Bussole geleiteter Zweig des Schlages wirkt auf den Faden in derselben Weise wie kurzdauernde Schliessung eines starken beständigen Stromes; der Faden kehrt zurück mit der Geschwindigkeit des fallen gelassenen Spiegels. Schnell sich folgende Doppelschläge erkennt man an der absatzweisen Bewegung des Fadens.

6) Die Jodkalium-Elektrolyse mit Platinvorrichtung ergibt häufig nur einen Fleck am positiven Pol. In einigen Fällen, gerade bei schwächeren Schlägen, zeigt sich auch am negativen Pol ein gelber Fleck, der sich nach dem Abheben der Spitze nachträglich bräunt.

7) Durch eine Geissler'sche Röhre ist bis jetzt kein Schlag hindurchgegangen, obgleich die benutzte Röhre so leicht permeabel ist, dass das Schlitteninductorium (durch eine Sternsäule getrieben) schon bei 60^{mm} Rollenabstand das Licht hervorruft. In einem Falle hatte ich das Thier frei an der Luft und leitete mit den Sätteln ab, ohne Erfolg.

8) Der Savary'sche Magnetisirungsversuch liefert stets normale Pole (in mehr als 12 Fällen). Die Magnetisirung von Nähnadeln, die in einer Spirale liegen, ist schon bei Einem Schlag eine sehr kräftige, sicher maximale.

9) Ein Centigramm Strychnin. nitr. reichte hin, um ein grosses Thier von 8 Pfd. zu tödten. Die Erscheinung des Reflaxtetanus war sehr ausgesprochen, der Froschwecker gerieth ein paar Mal in förmliches Klingeln.

Der motorische Tetanus besteht, trotz der gewaltigen Rückenmusculatur, nicht in einem Opisthotonus, sondern in einer Krümmung nach der Bauchseite hin, wobei sich der Rücken zuckend aus dem Wasser hebt.

10) Ein gewaltiger Gymnotus, weniger durch Länge (123^{mm}) als durch Dicke ausgezeichnet, wurde aus der Canoa gehoben. Die ausserordentliche Kraft des Thieres zeigte sich darin, dass man trotz der Kautschuk-Handschuhe empfindliche Schläge erhielt. Das Thier wurde getödtet, indem durch einen Schnitt hinter dem Kopf das Rückenmark vom Gehirn getrennt wurde. Indem ich nunmehr, nach Ablegung der Handschuhe, arglos das Thier erfasste, um ein Stück Organ für die Bäusche zu präpariren (nie hatte ich vorher fühlbare Schläge durch Reflex erhalten) bekam ich an der Stelle, wo ich den Einschnitt machte, einen ganz gewaltigen Schlag. Sofort fiel mir die Wichtigkeit dieser Thatsache für die Immunitätstheorie bei: hier war ja die ganze Körpermusculatur und das elektrische Organ vom Gehirn getrennt, dem Willen entzogen. Angenommen, die vor einiger Zeit von Boll verfochtene Theorie sei richtig, so hätte hier ein allgemeiner Krampf eintreten müssen. Ich kann aber versichern, dass nicht die geringste Bewegung stattfand.

11) Folgendes beweist den hohen Grad von Immunität, den die Thiere gegen ihren Schlag und den anderer Thiere besitzen. Zehn Gymnoten befanden sich völlig ruhig in der Mitte der Canoa ausgestreckt, fast alle dicht neben einander. Ich hatte meinen Finger in der Entfernung von drei Fuss in's Wasser getaucht und berührte den Rücken des grössten Thieres unsanft mit einem Stabe. Mehrere urtheilsfähige Personen waren beauftragt, die Thiere zu beobachten, jeder ein bestimmtes. Ich erhielt trotz der grossen Entfernung einen empfindlichen Schlag. Keines der Thiere zeigte auch nur die allergeringste Spur von Bewegung. Der Versuch wurde bis zum Ueberdruss mit dem nämlichen Erfolg wiederholt.

12) Jedes Stück des elektrischen Organes, selbst mehrere Stunden nach dem Tode, zeigt, auf die Bäusche der Zuleitungsgefässe gebracht, einen beständigen Strom, der im Sinne des Schlages durch die Bussole von der Kopf- zur Schwanzfläche geht. Oefters sinkt dieser Strom, andere Male bleibt er auf seiner Höhe, selten steigt er nachträglich um ein Geringes. Die gewöhnlichen Werthe sind 20—30—40 Rheochordtheile (Graduationsconstante bei meiner Anordnung = 0.00077 Daniell). Enthäutete Stücke geben stärkeren Strom (bis 66). Mehrere Stunden nach dem Tode gaben zwei Stücke aus dem hinteren Theil die sehr hohen Werthe von 120 und 193 Rheochordtheilen, während Stücke des vorderen Theiles nur 21, 16, 23^{1/2}, 17 gaben.

13) Solche, auf den Bäuschen ruhende Stücke wurden mittelst Thon-

stiefelektroden an der Seitenfläche der Wirkung den Inductionsströmen ausgesetzt. Bei einzelnen Schlägen, wo nur die Oeffnung wirkte, bedurfte es grosser Intensitäten und man erhielt höchst geringe Wirkung. Sobald man die Feder des Wagner'schen Hammers spielen lässt, erhält man bei relativ grossem Rollenabstand (85) einen äusserst starken Tetanus des Organes. Nur bei sehr vorsichtiger Annäherung der secundären Rolle erzielt man einen Punkt, wo der Tetanus im Bereiche der Scale bleibt. Der Faden verweilt eine ganze Zeit mit zuckenden Excursionen auf einer bestimmten Höhe und sinkt dann erst abwärts.

14) Durch leichtes Klopfen des Organes mit der Fläche eines Lineals lässt sich die mechanische Erregbarkeit des Organes darthun. Der Faden schnellt in die Höhe, stets in richtigem Sinne und kehrt träge zurück.

15) Höchst interessant ist die Wirkung des Ammoniaks. In verschiedener Weise applicirt, wirkt es als heftiger Reiz, der Faden rückt langsam aber stetig in richtigem Sinne in die Höhe, verweilt etwa $\frac{1}{2}$ Minute auf derselben und sinkt nach und nach zurück, aber nicht völlig auf Null. Mit keinem anderen chemischen Körper (starke und verdünnte Säuren, Höhlenstein) habe ich ähnliche Erfolge erzielt. Was aber die specifische Natur dieses Reizmittels besonders beweist, ist der Umstand, dass es nur vom Längsschnitt des Organes aus wirkt, nicht vom Querschnitt. (S. Fig. 2.)

16) Thermische Erregbarkeit des Organes ist leicht zu constatiren.

17) Nerv-Organpräparate sind leicht herzustellen. Bei beständiger Durchströmung des Nervenbündels zeigt das auf den Bäuschen liegende Organ eine elektrotonische Veränderung seines Stromes.

18) Es gelingt nicht, durch den Strom von vier Groves weder bei Oeffnung noch bei Schliessung vom Nerven aus Schläge zu erzielen.

19) Es gelingt nicht, durch einzelne Inductionsschläge (Sternsäule, übereinandergeschobene Rollen), die durch ein Nervenbündel gehen, dem Organ den geringsten Schlag zu entlocken. Lässt man jetzt die Feder des Schlittenapparates spielen, so erhält man schon bei 92^{mm} Abstand der secundären Rolle heftigen Tetanus des Organes. Lässt man diesen Tetanus auf den Nerven eines Froschmuskels wirken, so geräth das Präparat in Tetanus. Dieser Versuch wurde dreimal wiederholt. Sein Erfolg erscheint mir als die merkwürdigste meiner bisherigen Errungenschaften. Sollte man nicht hier auf dem Wege sein das Immunitätsproblem zu ergründen? Es hat den Anschein, als sei die moleculare Construction des Gymnotus-Nerven eine solidere, deren Gleichgewicht ein stabileres, als bei anderen Thieren.

20) Endlich noch die anatomische Notiz, dass das Rückenmark des

Gymnotus eines der herrlichsten histologischen Objecte ist. Der Durchschnitt zeigt 50—70 gewaltige Ganglienzellen, in der Mitte um den Centralkanal zusammengedrängt, umspinnen von einem reichen, prachtvollen Gefässnetz. (S. Fig. 3.) — —

III.

Calabozo, 6. Februar 1877.

— Ihre Arbeit über *Malopterus*¹ ist mir pünktlich eingeliefert worden und hat mir noch wesentlichen Nutzen gebracht.

Ich schreibe diese Antwort in der besten Stimmung von der Welt; fast Alles was ich hier Wissenschaftliches an *Gymnotus* unternommen habe, ist vortrefflich geglückt, zum Theil gleichsam beim ersten Versuch. Zwar bleibt noch eine grosse Lücke, die ich schmerzlich empfinde, die Entwicklungsgeschichte. Aber einigen Ersatz dafür bietet ein Fund, der gar nicht auf dem Programm stand, und der mir fast wie eine freiwillige Gabe der Natur erscheint, die Entdeckung nämlich eines dritten Paares elektrischer Organe am *Gymnotus*, wovon gleich mehr die Rede sein soll. Doch zur Sache.

1) Polarisationsversuche. Es wurde das Pendelrheotom² so angeordnet, dass die eine Spitze den durch ein Stück *Gymnotus*-Organ mittelst der Bausche gesandten Strom von 17 Groves schloss (3 von meinen 20 waren zerbrochen), während die anderen nach einem kleinen „Sicherheitsintervall“ den Bussolkreis (Thonstiefelektroden an die Seitenfläche des Organes) schloss. Es wurde constatirt, dass bei offenem Bussolkreis Schliessung des polarisirenden Stromes nur 3^{se} Wirkung auf den Spiegel gab. Die Schliessungszeiten der Grove'schen Säule waren (nach vorgängigen Ermittlungen am Pendel) in eine Scale von 7 Secunden bis zu $\frac{1}{10}$ Secunde angeordnet. An einem späteren Tage wurde die Polarisation nach Oeffnungsschlägen des Schlitteninductoriums ermittelt. Der constante Organstrom wurde vor jedem Versuche compensirt.

Der erste Ausschlag zeigt unter allen Umständen eine negative Polarisation von gewaltiger Stärke an, die mit der Schliessungszeit des polarisirenden Stromes wächst. Der Spiegel wird in den Aequator geworfen,

¹ Ein Einzelabdruck meiner oben S. 67 Anm. erwähnten Abhandlung im zweiten Bande der „*Gesammelten Abhandlungen*“. [E. d. B.-R.]

² Diesen von Hrn. Dr. Sachs für seine Zwecke eigens construirten Apparat wird er nach seiner Rückkehr beschreiben. [E. d. B.-R.]

kehrt dann zurück, macht ein paar grosse Schwingungen um den Nullpunkt und kehrt dann langsam, entweder von der negativen oder positiven Seite her auf Null zurück. (S. Fig. 4, *a*, *b*). Anders gestaltet sich die Sache, wenn man nunmehr, durch Entfernen der Rolle, der Bussole eine viel geringere Empfindlichkeit gibt. Es erfolgt dann ein messbarer Ausschlag (stets grösser in dem Falle, wo der Polarisationsstrom mit der Schlagrichtung des Organes übereinstimmt) und ein langsames Zurückkehren des Fadens ohne Ueberschreitung des Nullpunktes, also ohne positive Phasen. Es scheint, dass ein paar Zickzacks, die man an der Curve erkennt (Fig. 4, *c*), jenen grossen Schwingungen entsprechen. Uebrigens kann man, auch bei sehr empfindlicher Bussole, die Schwingungen dadurch zum Verschwinden bringen, dass man den polarisirenden Strom nur Bruchtheile einer Secunde dauern lässt. Dann sieht es einfach so aus, wie Fig. 4, *d*, *e* es versinnlicht. — Nur dies noch: 2 Minuten Aufenthalt im siedenden Wasser vertilgt die Polarisirbarkeit bis auf die geringsten Spuren.

2) Wirkung des Curare. Das Curare (in starken Dosen) lähmt bei Gymnoten die Motilität, vorher jedoch bewirkt es Tetanus und Erhöhung der Reflexerregbarkeit in derselben Weise wie Strychnin. Die elektrischen Nerven werden mit der Zeit total gelähmt. Das elektrische Organ, auf die Bäusche gebracht und mit Inductionsströmen oder Ammoniak direct gereizt, entfaltet dieselben kräftigen Wirkungen, wie am unvergifteten Thier. Der Erfolg ist klar und schlagend. Soviel ich weiss, haben die Experimentatoren an Torpedo letzteren Versuch nicht angestellt.

3) Den Ammoniakversuch habe ich noch mehrmals, stets mit dem nämlichen schlagenden Erfolg (vom Querschnitt aus gar nichts, vom Längsschnitt aus kräftiger Schlag, danach langsames Zurückkehren des Fadens), angestellt. Er gehört zu den schönsten Versuchen des ganzen Gebietes.

4) Den merkwürdigen Umstand der Unwirksamkeit einzelner Inductionsströme auf die elektrischen Nerven, von dem ich schon berichtet, habe ich noch weiter untersucht. Ich fand Mittel, mich zu überzeugen, dass die Reizschwelle für Einzelschläge bei vierzimal höherer Intensität der Oeffnungsströme liegt, als für Tetanus. Selbst dann beträgt die Wirkung nur 5—8^{se}. Oeffnet man bei viel geringerer Intensität unter der Tetanus-Anordnung den Vorreiber-Schlüssel nur einen einzigen Moment und schliesst ihn sogleich wieder, so schießt der Faden gleichsam meilenweit aus der Scale und macht, obwohl aperiodisch ($\epsilon = \eta$), beim Zurückkehren eine Schwingung noch jenseits über die Scale hinaus.

5) Die Magnetisirungsversuche an Nähnadeln habe ich nunmehr in einer weit besseren Form wiederholt. Der Grad der Magnetisirung wurde jedesmal gemessen, indem die Nadel in ein fixirtes Röhrchen in der Nähe der Busssole eingelegt und dann die Ablenkung des Spiegels abgelesen wurde. Ich überzeugte mich, dass ein einziger Schlag des Gymnotus, wenn von Kopf und Schwanz genommen, die Nadeln stets zur Sättigung magnetisirt; 5—6 weitere Schläge sind nicht im Stande, die Ablenkung zu vergrössern. Ein zweiter Schlag in umgekehrter Richtung kann die Pole umkehren, aber erzielt keine völlige Sättigung. Da die zahlreichsten Magnetisirungen stets richtige Pole gaben, kann man es wohl als erwiesen betrachten, dass der Schlag des Gymnotus nicht oscillirender Natur ist. — Meine Geissler'sche Röhre ist von meinem stärksten Gymnoten nicht durchschlagen worden.

6) Es kamen nunmehr die zeitmessenden Versuche, auf die ich mich besonders gefreut hatte. Gerade sie sind die schwächste Seite meiner Arbeit. Die Schuld daran trägt jene Eigenschaft der elektrischen Nerven, vermöge deren es unmöglich ist, vom Nerven aus einen kräftigen Einzelschlag zu erzielen (ich vergass wohl, im vorigen Brief zu sagen, dass bei directer Inductionsreizung des Organes Einzelschläge und Tetanus bei ungefähr demselben Rollenabstande eintreten). In Folge dessen musste bei diesen Versuchen auf neurogene Wirkungen gänzlich verzichtet werden, man musste die Oeffnungsschläge dem Organ direct mittelst der Thonstiefel zuleiten. Sie erinnern sich vielleicht noch des Versuchsplanes, wonach das Latenzstadium der Reizung am Organe am Froschunterbrecher bestimmt werden sollte, dessen Muskel einmal direct, das andere Mal durch den Schlag des gereizten Organes erregt würde. Es ist mir in der That gelungen, das Latenzstadium der Reizung am Organ auf diese Weise zu messen, es beträgt (nach drei Versuchsreihen) 0.00349 Sec. Der Muskel war selbstverständlich überlastet. Aber die Freude, die ich über dies Ergebniss empfand, wurde nachträglich etwas getrübt durch einen Controlversuch an einem unwirksamen Organstück. Nach 24 Stunden ist nämlich das Organ stark sauer und völlig wirkungslos, es zeigt weder eine constante Wirkung noch schlägt es auf Reizung. Ich fand nun, dass man von solchem unwirksamen Organstück auch Zuckung erhalten kann (der Nerv ist ja Nebenschliessung zum Organ), wenn man den Abstand der den Inductionsstrom zuführenden Thonspitzen etwa vervierfacht. Unter diesen Umständen ist der Versuch nicht so schlagend, wie zu wünschen wäre.

Viel weniger noch erreichte ich mit der Messung der Dauer des Schlages. Ich liess zu diesem Behuf die eine Spitze des Pendelrheotoms einen Oeffnungsinductionsstrom erzeugen, während die andere Spitze nach

Verlauf eines beliebigen kleinen Zeitintervalles den Bussolkreis schloss. Durch Vorversuche wurde die Richtung der durch den Schlag erzeugten Ablenkung ermittelt, welche letztere 100° betrug. Es zeigte sich leider, dass die Bewegung des Pendels nicht hinreichend beschleunigt werden konnte, um jenes kritische Zeitintervall hinreichend verkleinern zu können. Bis zu $\frac{1}{50}$ Secunde herab zeigte der Faden nur die Wirkungen der Polarisation, welche sich von einem etwa abgefangenen Stück der Schlagcurve (vergl. Fig. 5) sehr leicht dadurch unterscheiden lässt, dass ihre Richtung mit der Richtung des Inductionsstromes wechselt. Als ich nun die contactlose Strecke (jenes Intervall) noch mehr verkleinerte, bekam ich allerdings Ablenkungen, die unzweifelhaft auf abgeschnittenen Stücken des Schlages beruhten. Aber ich hatte mich durch Vorversuche überzeugt, dass nach der Construction des Apparates unter diesen Umständen selbst die bescheidensten Ansprüche auf Constanz der Resultate nicht mehr erfüllt werden, und musste daher von einer Messung abstehen. (Die Fehler des Apparates erlangen natürlich einen um so grösseren relativen Werth, je kleiner die Quecksilberstrecke ist, um die es sich handelt; ich habe deshalb bei den Polarisationsversuchen stets die ganze Rinne verwendet (10°) und die Zeit nur durch Einstellung der Linse variirt.) Der einzige sichere Schluss, der aus diesen Versuchen gezogen werden kann, ist, dass der durch einen Oeffnungsinductionsstrom erzeugte Schlag eines 10^{cm} langen prismatischen Stückes vom elektrischen Organ noch nicht die Dauer von $\frac{1}{50}$ Secunde erreicht.

7) Das frische Organ reagirt alkalisch, nach dem Strychnintetanus neutral. Ein 20 Minuten lang von Inductionsströmen durchflossenes frisches Präparat zeigt auf frischen Schnitten scharf saure Reaction, ähnlichen Grades, wie Stücke, welche 24 Stunden gelegen haben.

8) Nachträglich zur Immunitätsfrage. Während die Gymnoten auf ihren eigenen Schlag und den anderer Thiere nicht im Geringsten reagiren, ist Nichts leichter, als zu constatiren, dass sie gegen Inductionsströme sehr empfindlich sind. Ein Thier, das, in der Versuchswanne befindlich, soeben zu vielen Versuchen mit Aufsetzen der Sättel u. d. m. gedient hat, ist gegen Berührungen ziemlich gleichgültig. Man kann ein Elektrodenpaar an irgend einer Stelle auf die Haut setzen, ohne dass sich das Thier dessen zu entledigen sucht; öffnet man jetzt den Schlüssel zum Tetanisiren, so fährt das Thier erschrocken zurück und entladet seine eigenen Batterien, wie der Froschwecker verräth. Der Möglichkeit der Flucht beraubt, windet es sich qualvoll. Dies lässt sich noch constatiren bis zu einem Rollenabstand, wo ich, an empfindlichen Hautstellen, die Ströme nur gerade als unangenehm, keineswegs als unerträglich empfand.

Soweit das Experimentelle.

9) Die Platte ist im ganz frischen Zustande nirgends granulirt. Durchmustert man ein elektrisches Fach von vorn nach hinten, so folgt auf das gefäss- und nervenreiche Septum zunächst eine dünne Lage Schleimgewebe mit Sternzellen, welches auch die Zwischenräume zwischen den Papillen ausfüllt. Dann folgen die Papillen, völlig homogen, mit eingesprengten Zellen, die aus körnigem Protoplasma mit Ausläufern bestehen. Die Kerne dieser Zellen sind es, die man an den Spirituspräparaten erkennt. Darauf folgt eine helle, völlig structurlose Schicht, in der, etwa eine Minute nach Anfertigung des Schnittes eine scharfe Linie erscheint, wodurch sie in zwei etwa gleiche Hälften geschieden wird. Im Bereich dieser Linie findet man gelegentlich eine Trennung der Platte. Auf die helle, homogene Schicht folgt die Nervenplatte, von der die hinteren Papillen und die „Prolungamenti spiniformi“ (ich suche noch immer vergebens nach einem hübschen bezeichnenden Ausdruck für diese Gebilde) ausgehen und in die sich die zahlreichen, etwa $1\ \mu$ starken, kurz vor der Endigung die Markscheide verlierenden terminalen Nervenfasern einsenken. Diese Schicht ist im frischen Zustande nicht granulirt, wie ich irrthümlich schrieb, sondern homogen grau getönt.¹ Sie wird granulirt kurze Zeit nach Anfertigung des Schnittes. Die Nervenfasern gehen auf der Oberfläche dieser Schicht in eine Bildung über, die ich dem Pseudonetz vom Torpedo völlig gleichsetze. Leider ist die dicke höckrige Platte des Gymnotus kein so elegantes Object in dieser Beziehung, wie die dünne membranöse Platte der Torpedo.

10) Hinsichtlich des Rückenmarkes vom Gymnotus haben Sie (in Ihrer Arbeit über *Malopterurus*²) eine richtige Vermuthung ausgesprochen: es enthält einen langgestreckten Lobus electricus. Es wird ein tüchtiges Stück Arbeit sein, in Berlin Gehirn und Rückenmark nach der Stilling'schen Methode durchzuarbeiten. Die ganz frische Untersuchung der Ganglienzellen hat nichts Besonderes ergeben; ich stimme mit Boll darin überein, dass die Ganglienzelle frisch keinerlei fibrilläre Structur zeigt.

11) **Das neue Organ.** Ein Durchschnitt des Gymnotus zeigt im Gebiete der vorderen Körperhälfte das altbekannte Bild: oben 8—10 Muskelpakete, dann die beiden grossen Organe, dann die muskelumhüllten kleinen Organe. Schneidet man das Thier weiter nach hinten quer durch, so erscheint über dem lateralen oberen Rande des grossen Organes, in enger Verbindung damit, eine Substanz (s. Fig. 6, a, die schwarze Partie), die sich von der milchglasartigen Färbung des nicht ganz frischen Organes

¹ Hiernach ist also Fig. 1 zu berichtigen. [E. d. B.-R.]

² *Gesammelte Abhandlungen u. s. w.* Bd. II. S. 611. Anm. 2. [E. d. B.-R.]

durch ihre dunklere, gelbgraurothliche Färbung und namentlich durch ihre viel grössere Durchsichtigkeit unterscheidet. Innerhalb derselben verlaufen, wie im grossen Organ, weisse Bindegewebs-Septa von innen nach aussen, aber sehr unregelmässig und mit vielen Anastomosen (vergl. Fig. 7). Macht man einen Querschnitt weiter nach hinten (Fig. 6, b), so erkennt man, dass das neue Organ sich mächtig nach der Medianlinie hin entfaltet hat und eben soviel Raum auf dem Durchschnitt einnimmt, als das schon sehr reducirte grosse Organ. Geht man noch weiter nach hinten, so kann es kommen, dass das neue Organ sich zuspitzt und wieder vom Durchschnitt verschwindet; aber in drei von vier Fällen geschieht das Gegentheil, es nimmt mehr und mehr zu (Fig. 6, c). Ursprünglich vom grossen Organ durch eine scharfe weisse Bindegewebslage getrennt, verschmilzt es dann mit diesem, welches sich mehr und mehr verdünnt und zuletzt verschwindet. Man macht nunmehr einen Längsschnitt durch die beiden Organe, von denen das eine über dem anderen liegt, und erkennt sogleich ohne alle optischen Hilfsmittel, dass, während das alte Organ nur für ein scharfes Auge seine Zusammensetzung aus Platten durch eine feine Querstreifung verräth, das neue Organ aus Kästchen besteht, welche im oberen Theil bis zu 2^{mm} Dicke haben, während sie nach der Grenze hin bis auf 1^{mm} und noch weniger abnehmen (Fig. 7).

Das Mikroskop zeigt, dass der grössere Theil des Inhaltes dieser Kästchen (vielleicht passender „Kasten“ genannt) aus einer starken Lage von Schleimgewebe mit prächtigen Sternzellen besteht, durchzogen von starken Gefässen. Darauf folgt eine elektrische Platte, meist mit gigantischen, bizarr geformten Papillen versehen, an ihrer hinteren Fläche reichlich mit Nerven versehen. Wie die Kästchen des neuen Organes nach der Grenze hin sich verkleinern, so vergrössern sich die Kästchen des alten Organes in derselben Gegend, so dass eine Art Uebergang besteht. Gerade in dieser Uebergangsregion ist es, wo zwei wichtige Erscheinungen sich kundgeben, Querstreifung am Axentheile der Papillen und Doppelbrechung, letztere allerdings nur spurweise und der Intensität nach mit der Doppelbrechung des Muskels nicht vergleichbar.

Welche kühnen Hoffnungen danach — sechs Wochen hatte ich schon mit *Gymnotus* gearbeitet, ohne von diesem Organ das Geringste zu wissen — in mir rege wurden, werden Sie sich leicht ausmalen können. Ich nahm an, es liege hier eine Uebergangsbildung vor, vielleicht auf das Wachsthum des elektrischen Organes abzielend; darauf bauend, beschloss ich die Stelle zu suchen, wo, wie der Nagel und das Haar aus ihrer Matrix, das elektrische Organ aus Muskelsubstanz heraus entsteht. Man wird zugestehen, dass dies kein übler Fund gewesen wäre. Vierzehn Tage lang habe ich auf Hunderten von Schnitten alle die kritischen

*Stellen mikroskopisch durchgesehen, um dieses Eldorado meiner Wünsche aufzufinden. Vergeblich! Manche Bilder schienen jene Vermuthung zu begünstigen; aber ein endgültiger Beweis war nicht zu erbringen. Fast grollend mit der Natur wegen eines so unvollständigen, halben Geschenkes nahm ich Abschied von dem Gegenstand.

12) Was die Angelegenheit der Embryonen betrifft, so ist es sicher, dass die Laichzeit der Thiere nicht in die Zeit meines Aufenthaltes fällt. Der allgemeinen Ansicht zufolge laichen die Gymnoten, wie alle anderen Fische hier, in der ersten Hälfte der Regenzeit, Mai-Juni. Ein Fischer behauptete positiv, um diese Zeit Eier in dem Leibe eines Tembladors gefunden zu haben. Gegenwärtig sind die Geschlechtsorgane, der mikroskopischen Analyse zufolge (unter 10 nach einander untersuchten Thieren befand sich Ein Weibchen) im Zustande völliger Unreife; daher kann an künstliche Befruchtung nicht gedacht werden. Sie werden mit Recht die Frage aufwerfen, weshalb ich nicht meinen Aufenthalt bis zu jener Zeit ausdehne. Aber aus verschiedenen Gründen ist dies nicht möglich. Das Land ist zu jener Zeit bereits stark überschwemmt, die Wege undassirbar. Das würde mich nicht abschrecken, wenn die Aussichten auf Erlangung von Embryonen günstig wären. Aber in den angeschwollenen Gewässern ist der Fischfang ungeheuer erschwert, und die kleinen Embryonen, wo soll man sie suchen? Stagnirende Sümpfe, wo die Gymnoten sicher zu finden sind, existiren nur gegen das Ende der trockenen Zeit, wenn die Caños zu fließen aufhören und Reste des Wassers an den tiefgelegenen Stellen verbleiben. Mit dem Eintritt der Regenzeit communiciren sofort alle diese Lagunen mit den Strömen (Uritucu, Guárico) und wer wird in diesen Strömen, die dann meilenweit die Savane bedecken, die kleinen Thierchen suchen wollen? Eine so verschwindend geringe Hoffnung kann mich nicht veranlassen, meinen Aufenthalt drei bis vier Monate länger auszudehnen. Ich hinterlasse jedoch Anordnungen, damit dasjenige, was überhaupt geschehen kann (Durchsuchen des Schlammes auf dem Boden der Gewässer, Fischen mit Gaze-Netzen), geschieht; ich habe demjenigen, der mir nach meiner Anordnung conservirte Embryonen zusendet, eine ansehnliche Belohnung zugesagt und werde über dieses Versprechen sogar eine notarielle Urkunde aufnehmen lassen. Im Uebrigen werde ich jedoch meinen Aufenthalt in Bolivar (Angostura), der wahrscheinlich noch in den Anfang der Regenzeit hineinfällt, benutzen, um womöglich einen Versuch künstlicher Befruchtung zu machen.

Auf den Transport lebender Gymnoten legen Sie, wie aus Ihrem letzten Briefe hervorgeht, kein sehr grosses Gewicht. Ich selbst glaube auch nicht, dass im Augenblicke etwas Namhaftes in experimenteller

Beziehung neu hinzugetragen werden kann; ebensowenig erscheint mir die Demonstration des frischen Objectes in histologischer Beziehung besonders begehrenswerth, da meine Präparate ziemlich Alles zeigen, worauf es ankommt, vielleicht mit alleiniger Ausnahme jener schwachen Doppelbrechung im neuen Organ, die an den Präparaten schon jetzt verschwunden ist. Dagegen erscheint es mir im Interesse meiner wissenschaftlichen Glaubwürdigkeit durchaus geboten, mich im Besitz des Materials zu befinden, um bei meiner Rückkehr etwaige Zweifel an meinen Versuchen durch Demonstration derselben zu entkräften. Das elektrische Organ mit seinen Nerven besitzt glücklicherweise eine so enorme Lebensfähigkeit, dass ich mir getraue, an zwei bis drei getödteten Thieren (um Vivisection handelt es sich fast gar nicht) die sämtlichen Versuche zu zeigen. Glücklicher Weise bin ich durch die grosse Liberalität, mit der das Curatorium und die Akademie mir den erbetenen Zuschuss sofort zugesagt haben, in der Lage, an dieses Unternehmen mit der besten Hoffnung auf Erfolg hinangehen zu können. Ich werde acht bis zehn Thiere verschiedener Grösse in meinem grossen, mit durchlöcherter Deckel versehenen Trog nach Angostura schaffen, um sie dort zu verschiffen. Ich habe dort noch die Gelegenheit, etwa gestorbene oder schlechte Thiere durch frische zu ersetzen; wie viele dann die Seereise glücklich überstehen, dürfte wesentlich der Meeresherr zu entscheiden haben. —

IV.

San Fernando de Apure, 28. März 1877.

— Sie ersehen aus der Aufschrift dieses Briefes, dass ich Calabozo bereits verlassen habe. Ich bin Ihnen daher zunächst den Bericht über den Abschluss meiner dortigen Thätigkeit schuldig.

Das Letzte, was ich in experimenteller Hinsicht am Gymnotus unternommen habe, war eine Versuchsreihe mit dem Froschunterbrecher, wobei die Zuckung eine Nebenschliessung zur Bussole (aperiodischer leichtester Spiegel) öffnete und somit den letzten Theil des Schlages zur Anschauung brachte. Die verschiedene Grösse der Ueberlastung setzte mich in den Stand, das Abschneiden an beliebigen Stellen der Schlagcurve eintreten zu lassen. Der Schlag wurde mittelst der Stanniolsättel abgeleitet. Ich hatte geglaubt, dass der Ausschlag mit zunehmender Ueberlastung in regelmässiger Weise abnehmen werde, überzeugte mich aber bald, dass auf eine solche Regelmässigkeit bei dieser Versuchsweise nicht zu rechnen ist. Im Grossen und Ganzen, namentlich beim Ziehen gewisser Summen,

gibt sich jedoch das Abnehmen der Wirkung unzweifelhaft zu erkennen. Indem ich nun zu den 6 Unzen Ueberlastung, die ich schon aufgelegt hatte, noch eine siebente hinzufügte, sah ich zu meiner grössten Ueberaschung und zum ersten Mal nach dreimonatlichen Versuchen eine negative Wirkung: der Faden flog nach der falschen Seite. Indem ich nun mehrfach erst den ganzen Schlag durch die Bussole gehen liess, dann eine Nebenleitung anlegte und diese zunächst durch den belasteten, dann durch den immer stärker überlasteten Muskel öffnen liess, überzeugte ich mich unzweifelhaft, dass der elektrische Vorgang unter diesen Umständen eine negative Phase hat, vielleicht mehr als eine. Die stärksten Ueberlastungen geben stets rein negative Ausschläge, bei geringeren Ueberlastungen dagegen erhält man nicht selten sowohl richtige Ablenkung mit einem kleinen falschen Vorschlage, als falsche Ablenkung mit richtigem Vorschlage. Das erste dieser beiden „Doppelbilder“ erklärt sich vielleicht durch die Annahme, dass der Fisch doppelt geschlagen habe, wobei dann der Magnet noch auf dem Wege, den ihm der negative Stromstoss vorschrieb, von dem übermächtigen positiven Theil eines neuen Schlages ereilt wird. Zwar ist nur in einem einzigen Fall notirt, dass am Froschwecker zwei Glockentöne hörbar waren, aber selbst unzweifelhafte Doppelschläge markiren sich am Froschwecker mitunter nur in sehr zarter Weise, und meine Aufmerksamkeit war naturgemäss auf Faden und Scale gerichtet. Pflichtet man jener Erklärung bei, der zunächst nichts entgegensteht, so bleibt nur das zweite Doppelbild und die unzweifelhaft constatirte negative Schlussphase. Beide erklären sich, wenn man der Stromescurve im Versuchskreis die in Fig. 8 sichtbare Gestalt gibt. Eine weitere Frage ist nun aber, ob der negative Theil der Curve wirklich dem Schlage zugehört oder ob er auf der Polarisation an den Sätteln beruht. Der Umstand, dass Sie unter denselben Versuchs-umständen am Zitterwels nie negative Wirkungen auf den Magnet beobachtet haben, scheint freilich gegen letztere Annahme zu sprechen. Dann wäre also wahr, was Sie für überaus unwahrscheinlich erklärten und was durch meine zahlreichen Magnetisirungsversuche hinreichend widerlegt schien, — dass der Schlag des Zitteraales alternirender Natur ist.

Aber um diesen wichtigen Schluss zu sichern, muss die obige an sich so leichte Versuchsreihe wiederholt und wesentlich verbessert werden. An die Stelle der Sättel müssen unpolarisirbare Elektroden treten, an die Stelle der höchst unzuverlässigen, sehr zu spontanen Zuckungen neigenden Krötenpräparate unsere vortrefflichen Frösche. Dies allein ist Grund genug für mich, auf die Mitnahme lebender Tembladoren unter keinen Umständen zu verzichten, trotz der schmachlichen Niederlage, die ich mit dem ersten Transport bereits erlebt habe.

Etwa 14 Tage vor meiner Abreise von Calabozo machte ich meine letzte Expedition nach dem Uritueü, um eine Anzahl Thiere für den Transport zu fangen. Der Caño Santa Catalina hatte zu fließen aufgehört und in dem Tümpel, den er, nahe vor seiner Mündung, hinterlassen hatte, waren von meinen Spähern zahlreiche Tembladoren beobachtet worden. Der Fang stieß auf keine Schwierigkeiten, ich beförderte fünfzehn Thiere an's Trockene, eine Zahl, die leicht hätte vergrößert werden können. Sieben von diesen wählte ich zum Transport aus, die übrigen benutzte ich zu anatomischen Studien unter freiem Himmel. Die bisherigen Beobachtungen über die Topographie des neuen Organes wurden bestätigt. Zu meiner Verwunderung erwiesen sich sämtliche secirte Thiere als Weibchen. Später fand ich leider Gelegenheit, an den mitgenommenen sieben Thieren das Nämliche zu constatiren. Da nun bei einem früheren Fang im Caño Baruta lauter Männchen (sechszehn an der Zahl) erhalten wurden, dürfte nicht zu bezweifeln sein, dass die Fische, beim Herannahen der Laichzeit, sich in Banden von bestimmtem Geschlecht sondern. In welcher Weise dann das Laichgeschäft von Statten geht, darüber habe ich, zu meinem Bedauern, nicht das Geringste ermitteln können. Die Reifung der Eier war bei diesen Thieren schon so weit vorgeschritten, dass bei Druck auf den Leib die Eier aus dem Geschlechtsporus hervortraten. Die Ovarien waren so bedeutend vergrößert, dass das Abdomen aufgetrieben erschien. — Zu Haus besass ich noch drei Tembladoren von dem Fange im Caño Baruta; als bald darauf einer von diesen starb, benutzte ich die Gelegenheit, um mich vom Zustande der Hoden zu unterrichten. Dieselben erwiesen sich als nicht vergrößert und noch immer von härlicher Consistenz, sie enthielten zahllose freie Spermazoiden, denen aber das wesentliche Kriterium der Befruchtungsfähigkeit, die Bewegung, völlig mangelte. Die Aussichten auf Gelingen der künstlichen Befruchtung waren daher ziemlich schwach, und in der That hat dieser Versuch, den ich am 10. März mit den Ovarien von vier Thieren und den Hoden von zweien anstellte, nicht den geringsten Erfolg gehabt. Aller Wahrscheinlichkeit nach erfolgt die definitive Reife der Geschlechtsproducte und der Act des Laichens im Beginn der Regenzeit, wo dann aber beim Anschwellen und Strömen der Gewässer die Thiere schwer zu erlangen sind. Doch werde ich nicht versäumen, den Versuch zu wiederholen, sobald sich die Gelegenheit bietet, was hoffentlich in Angostura der Fall sein wird.

Für den Transport von Gymnoten, den ich, der Sicherheit halber, schon von Calabozo aus unternehmen wollte, hatte ich einen hölzernen Trog ($4\frac{1}{2}$ Fuss lang, $2\frac{1}{2}$ Fuss breit, $1\frac{1}{2}$ Fuss hoch) mit schweren Kosten bauen lassen. Leider erwies er sich aber zu schwer, um, wie ich

gedacht hatte, auf den Schultern von vier Männern bis zum Einschiffungs-ort, 15 Meilen weit, transportirt zu werden. Es blieb daher nichts übrig, als ihn, wie das übrige Gepäck, auf einen zweirädrigen Karren zu setzen. Um die Stösse des Fuhrwerkes einigermaassen unschädlich zu machen, spannte ich an allen vier Wänden Leinwand aus, welche als elastisches Polster die Stösse aufnehmen sollte. Am 6. März kam es zur Abreise.

Die Reise von Calabozo nach Camaguan am Rio Portuguesa dauerte vier Tage (unter gewöhnlichen Umständen braucht man dazu nur zwei). Dieser Marsch über die verbrannte, klaffende, wasserlose Steppe, stets in langsamem Schritt hinter dem Wagen her, mitgenommene Lebensmittel als Zehrung, das Wasser schlammiger, von allem möglichen Gethier verpesteter Lachen die einzige und seltene Erquickung, ist in der That das Beschwerlichste, was ich je erlebte. Die intensive Insolation verursachte mir ein Erythem an Gesicht und Händen, woran ich noch mehrere Tage nach der Ankunft litt. Und welche Verdriesslichkeiten! Schon am ersten Tage bekam die mühsam gelöthete Blechkiste, welche die Spiritussamm-lungen enthielt, ein Leck, und ich hatte das angenehme Schauspiel, den hier keineswegs billigen Alkohol sämmtlich auslaufen zu sehen. Als ich endlich in Camaguan anlangte, lebten von den mitgenommenen neun Tembladoren trotz aller Sorgfalt und trotzdem ich das Wasser überall, wo sich solches vorfand, erneuert hatte, nur noch zwei, und auch diese starben noch an demselben Tage. Alle Thiere waren über und über mit Schorfen bedeckt, in Folge der Verwundungen, welche die Stösse des Wagens verursacht hatten.

In Camaguan rastete ich einen Tag und sandte meine Mula nach Calabozo zurück, wo ich sie für kaum zwei Drittel des Kaufpreises ver-kaufte hatte. Am 11. März schiffte ich mich mit meinem Gepäck in einem Bongo ein, der von einem Steuermann und einem indischen Ruderer gelenkt wurde; die Nacht brachten wir auf einer Sandinsel im Flusse (Playa) zu, das Geheul des Jaguars in nächster Nähe. Gegen die Mös-quito-Schwärme schützte glücklicher Weise der mitgenommene Gaze-Mosquitero. Am nächsten Morgen lief ich aus dem Portuguesa in den schönen Apure-Strom ein, der noch jetzt, im Stadium der höchsten Reduccion, den Rhein an Breite übertrifft, und landete eine Stunde später in dem Städtchen San Fernando (am 12. März).

Ich hatte die Absicht, meinen Tembladorenvorrath schon hier zu erneuern; doch ist mir bis jetzt nur gelungen, einen einzigen zu erlangen, der nur 20 Zoll lang ist, dieser gibt aber durch seine Munterkeit und seinen vortrefflichen Appetit die beste Hoffnung, ihn zu erhalten. In Bolivar (Angostura) wird die Sache hoffentlich leichter sein. — —

Ich habe eine ganze Reihe neuer Harze, antifebriler Droguen u. d. m.

gesammelt, zum Theil in Quantitäten, die eine pharmakologische Untersuchung gestatten werden. Ebenso besitze ich drei prächtige Original-Calabassen mit Curare und manches andere Interessante.

Was aber an Wichtigkeit alles dies weit hinter sich lässt, ist die Entdeckung eines neuen, äusserst merkwürdigen Giftes aus der Classe der Narkotica, des Guachamacá.

Schon in Carácas machte man mich auf eine Giftpflanze aufmerksam, die, in den Apure-Wäldern heimisch, eine Zeit lang der Schrecken der dortigen Bevölkerung war. Die Verbreitung der Pflanze ist, nach den Aussagen Vieler, neueren Datums, und daraus erklärt es sich wohl, dass selbst die Eingeborenen sie meist nur sehr oberflächlich kennen und leicht mit anderen Pflanzen verwechseln. Furchtbare Vergiftungsfälle ereigneten sich; Fleisch, das an einem Stecken des Guachamacá-Baumes gebraten war, tödtete Jeden, der davon genoss.¹ Andererseits wurde das Gift zum Jagen benutzt, indem man an das Ufer von Lagunen kleine Fische hinlegte, die mit der geraspelten Rinde des Giftbaumes bestreut waren. Ein Vogel, der einen solchen Fisch verschluckt, soll, nach Aller Aussagen, sofort todt hinstürzen. Indem man rasch Kopf und Hals abschneidet, bleibt das Fleisch des Körpers geniessbar und unschädlich.

Eine derartige blitzschnelle Wirkung würde das Gift in eine Reihe mit der Blausäure gestellt haben; es war vom höchsten Interesse, einen solchen Körper wissenschaftlich zu studiren. Aber, in San Fernando angelangt, musste ich mich verdriesslicher Weise überzeugen, dass die Einwohner der Stadt die Pflanze gar nicht kannten, obwohl ein Jeder dies auf das Bestimmteste behauptete. Nicht weniger denn acht verschiedene Gewächse erhielt ich nach und nach, welche sich durch den Versuch sämmtlich als völlig harmlos erwiesen. Ein beschwerlicher Ausflug in den Wald verlief gleichfalls resultatlos. Die Pflanze ist auch botanisch noch keineswegs bekannt; Dr. Ernst in Carácas erhielt einen blüthenlosen Zweig übersandt, wonach er die Pflanze Guachamaca venenosa nannte und sie vermuthungsweise der Familie der Apocynen anreichte.

Ich war nahe daran, die Geduld zu verlieren, als ein Mann von der Savane erschien, der erklärte, für £ 2 die richtige Pflanze liefern zu wollen. Er überbrachte mir eine Quantität blüthenloser Zweige, die auf frischen Schnitten eine dickliche Milch hervorquellen liessen und deren Rinde intensiv bitter schmeckte.

¹ Es ist nicht das erste Mal, dass auf diese Art die Giftigkeit einer Pflanze sich verrieth. 1809 assen 12 französische Soldaten vor Madrid Fleisch, welches an Oleanderzweigen (*Nerium Oleander*, auch eine Apocynce) als Spiess gebraten worden war. Sieben starben, fünf erkrankten schwer (Lindley, *The vegetable Kingdom*. 3th Ed. London 1853. p. 600. [E. d. B.-R.]

Es wurde eine kleine Quantität der Rinde abgeschabt und mit gehacktem Fleisch gemengt einem Huhn vorgesetzt. Das Thier pickte ein paar Bröckchen des Fleisches auf und blieb danach ganz ruhig stehen, wodurch sich zunächst die Erzählung von der momentanen Wirkung des Giftes als Uebertreibung erwies. Nach 10 Minuten jedoch sank das Thier in die Knie, liess den Kopf hängen und fiel schliesslich auf die Seite. Sensible Reize hatten zunächst noch schwache Reaction im Gefolge; binnen wenigen Minuten jedoch trat völlige Reactionslosigkeit ein, selbst beim Berühren der Cornea mit einer Messerspitze. Krämpfe und Erhöhung der Reflexerregbarkeit fehlten bei dem ganzen Vorgange durchaus. In diesem Zustande vollständiger Narkose, aber bei völlig ungestörter Respiration, verharrte das Thier etwa drei Stunden; dann kehrte allmählig die Cornea-Reaction zurück, kleine Bewegungen des Kopfes und der Extremitäten wurden bemerkbar und bald sprang das Thier wieder auf die Beine, anscheinend durchaus nicht afficirt. Da es die giftige Mischung nicht mehr anrührte, wurde ihm nunmehr eine etwas grössere Quantität derselben zwangsweise verabreicht, und wiederum trat nach 10 Minuten vollständige Narkose ein, die aber diesmal 20 Stunden anhielt. Nach Verlauf dieser Zeit erwachte das Huhn, stand bald wieder auf den Beinen und frass mit Appetit. Es hat nachträglich nicht die geringste Störung in seinem Wohlbefinden gezeigt.

Ein kalter wässriger Aufguss der geschabten Rinde erwies sich, einer Kröte subcutan injicirt, wirkungslos, obwohl er bitter schmeckte. Nachdem der Aufguss, mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt, 24 Stunden gestanden hatte, starb die Kröte, der er injicirt wurde, allerdings, aber erst so spät, dass ich den Aufguss nicht mit Sicherheit als wirksam bezeichnen kann. Dagegen verfiel eine Kröte, der man einige Brocken jenes vergifteten Fleisches in den Schlund geschoben hatte, unverkennbar in einen narkotischen Zustand und starb am selben Tage.

Ich werde diese Versuche noch fortsetzen. Immerhin sind die Erfahrungen, die auf diese Weise gewonnen werden können, roher Natur. Viel wichtiger, als hier zu experimentiren, dürfte es sein, eine hinlängliche Menge der Rinde zu sammeln, um in Berlin den wirksamen Körper darstellen und untersuchen zu können. Auch werde ich, wenn es irgend möglich, die Pflanze lebend transportiren. Die Eigenschaft des Giftes, in kleiner Dosis starke Narkose bei völlig ungestörter Respiration zu erzeugen, scheint die Möglichkeit zu beweisen, dass diesem Körper eine grosse Zukunft in arzneilicher Hinsicht bevorsteht.

Meine Abreise von hier wird in den ersten Tagen des April erfolgen; bereits sitzt mir die Regenzeit auf dem Nacken, die ersten Schauer sind

schon gefallen, der Strom ist schon im Steigen begriffen. Die Schifffahrt auf dem Apure und Orinoco bis Ciudad Bolivar dürfte nicht viel weniger als drei Wochen in Anspruch nehmen.

In Bolivar werde ich mich etwa einen Monat aufhalten; hoffentlich wird sich auch dort noch Gelegenheit zu naturwissenschaftlichen Arbeiten bieten. Von Bolivar aus werde ich meine Rückreise über Trinidad so prompt als möglich bewerkstelligen.

30. März 1877.

Seitdem erhielt ich soeben drei weitere kleine Gymnoten, sowie drei verschiedene interessante Verwandte vom Gymnotus (*Gymn. albifrons*, *Ramphichthys*?) die heute mikroskopirt werden sollen. Die ganze Gesellschaft hatte sich merkwürdigerweise in einem umgestürzten Boote gefangen. Sollten die Thiere sich als Verwandte fühlen? — —

V.

Ciudad Bolivar [Angostura, am Orinoco. E. d. B.-R.],
den 16. Mai 1877.

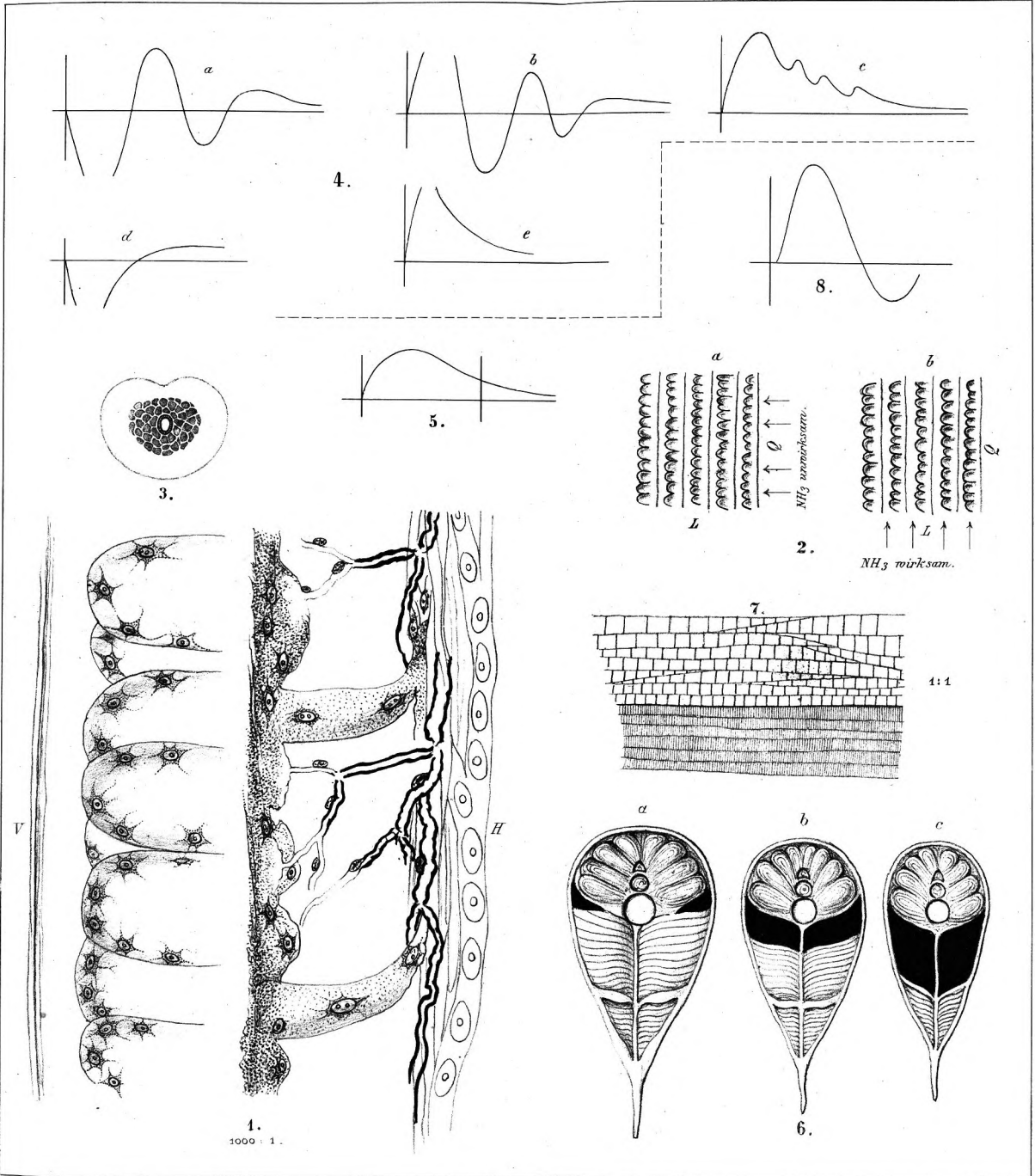
— Da ich die Hoffnung hege, 14 Tage nach dem Eintreffen dieses Briefes selber Sie in Berlin persönlich begrüßen zu können, will ich mich heute kurz fassen.

Was den Verlauf meiner Reise anbelangt, so habe ich mich erst am 24. April in San Fernando eingeschifft und nach 12tägiger Fahrt, also am 7. Mai, Bolivar erreicht. Meinen sechs kleinen Tembladoren hatte die stürmische Bewegung des Fahrzeuges auf dem Orinoco Nichts geschadet; sie fielen sofort mit Gier über die dargebotenen Fischchen und Krebschen her, und frassen sich nach der langen Fastenzeit so voll, dass der Miniaturbauch¹ zu platzen drohte. Ich hege die sichere Hoffnung, sie nach Berlin zu bringen.

In San Fernando habe ich mich, ausser mit der Fortsetzung meiner Guachamacá-Versuche, von denen Sie hoffentlich gehört haben (Brief vom 28. März aus San Fernando), mit der Untersuchung der Stimm- und Gehör-Organen der tropischen Cicaden beschäftigt, die mir überraschende Aufschlüsse gab.

Vier verschiedene Arten von Gymnotini habe ich mikroskopisch auf pseudoelektrische Organe untersucht; bei dreien überzeugte ich mich, dass

¹ Die Leibeshöhle des Gymnotus nimmt bekanntlich nur einen ganz kleinen Theil der Länge des Thieres ein. [E. d. B.-R.]



solche nicht vorhanden; bei der vierten blieb ich leider zweifelhaft, und es ist abzuwarten, ob die erhaltenen Bilder durch die Untersuchung am gehärteten Thierchen bestätigt werden können.

Mit grösstem Bedauern habe ich von dem Hrn. Geschäftsträger gehört, dass mein ausführlicher Brief vom 8. Februar, worin ich die Endsumme meiner Arbeiten am *Gymnotus* mit Genauigkeit darstellte, verloren gegangen ist.¹ Ich will hier nur kurz den wichtigsten Fund mittheilen: Oberhalb des längst bekannten „oberen elektrischen Organes“ findet sich in der hinteren Körperhälfte des *Gymnotus* ein neues Paar von Organen, ausgezeichnet durch Transparenz und dunklere Färbung. Auf einem Längsschnitt erkennt man, dass die bindegewebigen Septa ungefähr ähnlich sich verhalten, wie im früher bekannten Organ, nur dass die Kästchen eine zwanzigmal grössere Dicke haben, 2.0mm statt 0.1mm . Das Mikroskop zeigt in diesen Kästchen gewaltige Lagen Schleimgewebes mit Sternzellen und Blutgefässen, dahinter die elektrische Platte, welche ungeheuer lange, bizarr geformte Papillen entsendet. Letztere sind häufig partiell quer gestreift, namentlich im Gebiet eines Axencylinders; und in einigen Fällen habe ich deutliche Doppelbrechung wahrgenommen.

Hier in Bolivar habe ich, namentlich seitens der Deutschen, eine ausgezeichnete, ja enthusiastische Aufnahme gefunden. Ausserdem finde ich für meine zoologischen Sammlungen hier ziemlich gute Ausbeute. Dies würde mich aber nicht bestimmt haben, auf die Benutzung des Dampfers, der morgen nach Trinidad abgeht und Anschluss nach Southampton hat, zu verzichten, wenn nicht etwas hinzukäme. Ich hatte die Absicht, den Versuch künstlicher Befruchtung hier zu wiederholen; als ich nun mit den betreffenden Kreisen mich in's Einvernehmen setzte, hörte ich von mehreren Seiten die ganz bestimmte Angabe, dass der Tembladör lebende Junge zur Welt bringe, und zwar an der Stelle des Afters (daselbst liegt auch der Urogenitalporus). Als die Legezeit wurde der Monat Juni bezeichnet, was mit meiner auf gute Gründe gestützten Ansicht stimmt. Die Aussicht, die mit dieser Nachricht sich öffnete, machte mich förmlich schwindeln, denn ich hatte auf Embryonen schon ganz verzichtet. Zwar kam mir die Sache in hohem Grade unwahrscheinlich vor, denn der *Gymnotus* ist getrennt-geschlechtig und das Männchen besitzt keine Begattungsorgane. Aber es wäre höchst kurz-sichtig, deswegen jene Nachricht für erlogen zu halten.

Ich setzte nunmehr alle Hebel in Bewegung, um Tembladoren zu erhalten; ich bot 50 Pesos für ein trächtiges Thier; aber zu meinem grössten Aerger habe ich bisher, in neun Tagen, noch nicht ein Thier

¹ Dieser Brief ist später noch richtig angelangt. Es ist sichtlich der oben mit III bezeichnete. [E. d. B.-R.]

erhalten. Die Zeit ist leider nicht günstig; zur Zeit des höchsten Wasserstandes (im August) soll der Fisch hier in Masse gefangen werden; aber vorerst ist der Strom nur wenig gestiegen.

Ich halte es aber, einer solchen Aussicht gegenüber, für meine Pflicht, auszuharren. Bis zum Abgang des nächsten Dampfers (über 14 Tage) bin ich vielleicht glücklicher.

Von sonstigen, in Calabozo angestellten Versuchen erwähne ich noch die Curare-Vergiftung, die ein klares und bündiges Resultat gab: Lähmung der elektrischen Nerven, dabei die directe Erregbarkeit des Organes wohl erhalten. Die Polarisationsversuche haben ebenfalls völlig constante, wenn auch schwer zu deutende Resultate gegeben; es tritt stets negative Polarisation (im gewöhnlichen Sinne) ein, die sich rasch in Oscillationen abgleicht; am wärmestarren Organ ist davon keine Spur wahrzunehmen. Die Einzelheiten sind hier sehr complicirt.

Weniger befriedigt haben mich die zeitmessenden Versuche. Die Magnetisirungsversuche an Nadeln habe ich zu ziemlicher Vollkommenheit gebracht (Magnetismus an der Bussole gemessen). Es ergeben sich stets normale Pole.

Das merkwürdigste unter den experimentellen Ergebnissen bleibt für mich der Umstand, dass rasch sich folgende Inductionsströme schon bei sehr schwacher Intensität den elektrischen Nerven erregen, während ein einzelner Oeffnungsstrom erst bei vierzigmal grösserer Intensität eine ganz geringe Wirkung zeigt. Im vollsten Gegensatz hierzu besteht für die directe Organreizung ein solcher Unterschied nicht im Allergeringsten.

Uebrigens zeigt sich der lebende Zitteraal durch die Ströme des Schlittenapparates schon bei grossem Rollenabstande sehr unangenehm afficirt (Eine Sternsäule im primären Kreise). — —