



A. Fieb

Zum Andenken an A. Fick.

Von

F. Schenck in Marburg.

(Als Beilage I Fick's Bildniss.)

Am 21. August 1901 ist Adolf Fick gestorben. In ihm verliert die physiologische Wissenschaft einen ihrer glänzendsten Vertreter, der durch ein halb Jahrhundert hindurch an führender Stelle als Forscher und Lehrer thätig gewesen ist, und der durch seine Arbeiten wesentlich beigetragen hat zur Begründung und zum Ausbau der modernen Physiologie. Es erscheint daher angebracht und billig, dass jenem Manne in der Zeitschrift, in der er einen grossen Theil seiner Abhandlungen veröffentlicht hat, ein Gedenkblatt der Erinnerung gewidmet wird, und ich freue mich besonders, dass ich mit der Erfüllung dieser Pflicht der Pietät und des Dankes, den ich dem Verstorbenen schulde, zugleich einem Wunsche des Herausgebers des Archivs entsprechen kann.

Adolf Fick wurde geboren am 3. September 1829 in Cassel als Sohn des Geheimen Oberbauraths Friedrich Fick¹⁾. Die Familie Fick stammt aus dem Salzburgischen und wurde von da ihres protestantischen Glaubens halber etwa um 1730 vertrieben; sie wanderte aus in die damals markgräflich-bayreuthischen Lande. Der Grossvater Dr. Christian Fick war Professor in Erlangen, er sollte in der Napoleonischen Zeit mit Palm erschossen werden, rettete sich aber durch Flucht in's preussische Lager. Der Vater A. Fick's stand zuerst als Bauingenieur in bayrischen Diensten in Bamberg, von dort wurde er durch die hessische Regierung nach Cassel berufen. Von seinen neun Kindern war Adolf das jüngste.

Seine Schulbildung erhielt A. Fick in seiner Vaterstadt, wo er Ostern 1847 das Gymnasium absolvirte. Er bezog nun die Universität Marburg, wo sein 16 Jahre älterer Bruder Ludwig

1) Die folgenden Angaben verdanke ich hauptsächlich dem Sohne des Verstorbenen Herrn Prof. Rudolf Fick in Leipzig, sowie seinen Freunden, den Herren E. Pflüger in Bonn, E. v. Rindfleisch in Würzburg und J. Wislicenus in Leipzig.

Professor der Anatomie war. Schon während der Schulzeit hatte er sich durch ein grosses Interesse für Mathematik ausgezeichnet, und er kam auf die Universität mit der Absicht, Mathematik zu studiren; doch wandte er sich bald der Medicin zu, da er von seinem 7 Jahre älteren Bruder Heinrich (der später Professor der Rechte in Zürich war) den Rath erhalten hatte, nicht Mathematik als Hauptfach zu ergreifen, sondern Medicin, weil darin ein mathematisch geschulter Kopf von vornherein einen grossen Vorsprung habe. Die Beschäftigung mit analytischer Mechanik, die er nach Poisson studirte, zusammen mit den anatomischen Studien regte ihn schon in den ersten Semestern zu Untersuchungen über die Statik der Skelettmuskeln an, und als Ergebniss dieser Untersuchungen veröffentlichte er schon im Alter von 19 Jahren eine Abhandlung: „Statische Betrachtung der Muskulatur des Oberschenkels“, die noch heute als Grundlage für die Kenntniss der Hüftmuskelwirkungen anzusehen ist.

Unter den akademischen Lehrern in Marburg, die auf Fick's Studien wesentlichen Einfluss hatten, muss ausser seinem Bruder, der die Anatomie in vortrefflicher Weise docirte, vor allem Carl Ludwig genannt werden. Dieser war junger Docent für Anatomie und Physiologie; in ihm fand Fick einen entgegenkommenden Lehrer, mit dem er schon hier Freundschaft für's Leben schloss. Fick's Lehrer in Physiologie war ausserdem H. Nasse.

Ferner fand Fick einen sehr anregenden Verkehr im Kreise seiner Commilitonen. Er gehörte einer studentischen Vereinigung an, in der sich damals eine Reihe bedeutender junger Männer zusammengefunden hatten. Vor Allen sei Eduard Pflüger genannt, dem Fick bis zu seinem Tode die Freundschaft bewahrte, ferner der Botaniker de Bary, die Philologen Rossbach (jetzt in Königsberg) und Westphal (später in Jena). Ein besonders guter Freund Fick's war Kessmann, ein begabter Schüler Nasse's, über dessen späteres Schicksal ich nichts in Erfahrung bringen konnte. Zu dem Kreise gehörte auch der schon erwähnte Bruder Heinrich, der Jurist. Ein merkwürdiger Zufall hatte zu dieser Zeit in Marburg die drei so verschieden alten Brüder Fick zusammengeführt. Sie sollen sich damals geglichen haben wie Zwillinge, Ludwig und Heinrich waren schwarz, Adolf blond. In diesem Kreise seiner Commilitonen fiel Adolf auf durch seinen grossen Scharfsinn und auch durch körperliche Schönheit.

Im Herbst 1849 ging er nach Berlin. Hier hörte er haupt-

sächlich klinische Vorlesungen bei Langenbeck, Schönlein, Romberg und dem Gynäkologen Schmitt. Bei Schönlein verkehrte er viel im Hause; er hatte Beziehungen zu Schönlein's Familie dadurch, dass seine ältere Schwester in dieser Familie Erzieherin gewesen und mit den Kindern Schönlein's sehr befreundet war. Am meisten imponirte ihm von seinen klinischen Lehrern Romberg. Auch zu den Berliner Physiologen trat er in Beziehungen, vor Allem schloss er sich an an Emil du Bois-Reymond und Helmholtz, mit denen er später auch in Briefwechsel blieb. Bei Johannes Müller hospitierte er, ohne jedoch wesentlich Anregungen von ihm zu empfinden. Letzteres mag auffallend erscheinen, erklärt sich aber vielleicht, wenn man bedenkt, dass Johannes Müller der älteren, vorwiegend anatomischen und speculativen Richtung der Physiologie entstammt war und, wenn er auch der heutigen Entwicklung der Physiologie vorgearbeitet hat, doch noch nicht das mathematisch-physikalische und chemische Rüstzeug für die physiologische Forschung in dem Maasse zur Verfügung hatte, dass er einem nach mathematischen und physikalischen Problemen in der Physiologie suchenden Kopfe leicht die Wege weisen konnte. Das Verdienst Johannes Müller's liegt, wie mir scheint, hauptsächlich darin, dass er mit den alten Speculationen aufgeräumt und so der Experimentalphysiologie die Wege geebnet hat, nicht aber darin, dass er etwa selbst durch ausgedehnte physikalisch- oder chemisch-physiologische Forschungen die breite Basis für die moderne Physiologie geschaffen hätte.

Im Jahre 1851 sehen wir Fick wieder in Marburg, wo er am 27. August dieses Jahres zum Doctor in der medicinischen Facultät promovirt wird; bei seinem Tode fehlten also nur noch sechs Tage zu seinem 50jährigen Doctorjubiläum. Seine Dissertation trägt den Titel: „Tractatus de errore optico.“ Im Herbst 1851 erhält er in Marburg eine Prosectorstelle, aber schon nach einem halben Jahre vertauscht er Marburg mit Zürich. Dorthin war inzwischen Carl Ludwig als Professor der Anatomie und Physiologie berufen worden, und als Ostern 1852 eine Prosectorstelle in Zürich frei wurde, berief Ludwig seinen Freund A. Fick auf diese Stelle. In dem Briefe, in welchem Ludwig ihm die Anstellung in Zürich mittheilt, schreibt er: „Ich knüpfe an diesen Act für Sie und mich grosse wissenschaftliche Hoffnungen, und ich denke, dass Ihr auf das Ziel gerichteter Ehrgeiz Ihre frische junge Kraft auf eine schöne

und einflussreiche Bahn führen wird, die künftig von den irdischen Astronomen, denn das sollten die physiologischen Historiker und Biographen sein, noch oft wird gemessen werden.“

1855 wurde Ludwig nach Wien berufen; seine bisherige Stelle wurde getheilt: H. v. Meyer, der bis dahin pathologische Anatomie gelesen hatte, erhielt den Lehrstuhl für Anatomie, während Moleschott die physiologische Professur bekam. Fick wurde ausserordentlicher Professor für die anatomischen und physiologischen Hilfswissenschaften und behielt die Prosectorstelle bei Meyer. Als Moleschott 1861 nach Turin kam, erhielt Fick die physiologische Professur in Zürich, die er nun bis Herbst 1868 inne hatte.

Der Züricher Aufenthalt brachte Fick mit einer grossen Zahl bedeutender Männer zusammen, mit denen er in regsten freundschaftlichen Verkehr und wissenschaftlichen Gedankenaustausch trat. Es seien genannt: Billroth, Johannes Wislicenus, Rindfleisch, Biermer, der Physiker Clausius, die Mathematiker Prym und Paul du Bois-Reymond, der Kriminalist Temme, Gottfried Semper, Gottfried Kinkel und Andere. Es ist daher auch begreiflich, dass Fick die schönsten Erinnerungen an diesen Verkehr mitnahm, Zürich selbst als seine zweite Heimath ansah und auch später, so oft er konnte, den Weg nach Zürich nahm.

Aus der Züricher Zeit stammen viele der bedeutendsten Schriften Fick's. So veröffentlichte er in dieser Zeit kurz nach einander seine berühmten Lehrbücher: die medicinische Physik 1856, das Compendium der Physiologie 1860 und das Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane 1862. Der Verkehr mit seinen Freunden gab Anregungen zu gemeinsamen Untersuchungen, von denen die mit Billroth zusammen angestellte Untersuchung über die Wärmebildung bei Tetanus und der berühmte, mit Johannes Wislicenus ausgeführte Versuch über die Quelle der Muskelkraft erwähnt seien. Die Unterhaltungen mit Clausius über die mechanische Wärmetheorie führten ihn zu der Auffassung, dass der Muskel keine thermodynamische Maschine sein könne. Ausser einer grösseren Zahl von Schriften physiologischen Inhalts, hauptsächlich aus dem Gebiete der Muskel- und Nervenphysiologie, und der physiologischen Optik, publicirte er hier auch rein physikalische Untersuchungen. So entdeckte er hier das nach ihm noch heute benannte Diffusionsgesetz.

Während dieser Zeit knüpfte er auch mancherlei Beziehungen

zu auswärtigen Fachgenossen an. Erwähnt sei, dass er ganz besondere Freundschaft mit Czermak schloss, und dass er auch in regen Briefwechsel mit den Gebrüdern Weber, mit Brücke, mit Volkmann u. A. trat.

Im Herbst 1868 wurde Fick als Nachfolger v. Bezold's zum ordentlichen Professor der Physiologie nach Würzburg berufen, hauptsächlich auf Betreiben Kölliker's, der durch den Abschnitt über Entwicklungsgeschichte im Compendium der Physiologie auf ihn aufmerksam geworden war. Die Würzburger medicinische Facultät war damals im Wachsen begriffen, und in der aufblühenden Facultät eröffnete sich für Fick ein weites Feld der Thätigkeit. Die Förderung der Interessen der Facultät, der Verfolg gemeinsamer wissenschaftlicher Ziele brachte ihn hier in engsten Verkehr mit Männern, wie Kölliker, Gerhardt, v. Bergmann; er fand ausserdem einige seiner Züricher Freunde wieder: Wislicenus, Rindfleisch, Prym, Clausius. Das Interesse für die Physik führte ihn den Physikern Kundt, Quincke, Kohlrausch, Röntgen zu. Als zwischen dem Weggang Clausius' und der Berufung Kundt's die physikalische Professur in Würzburg unbesetzt war, las Fick sogar selbst in Vertretung des Physikers das Hauptcolleg in Physik, und er erzählte später noch öfter, welche Freude ihm dies gemacht hat. In seinem Laboratorium sammelte sich eine grosse Zahl von Schülern, die bei ihm Anregung und Gelegenheit zu wissenschaftlicher Arbeit suchten und fanden. Aus der Zahl seiner Würzburger Assistenten erwähne ich: Blasius, R. Böhm, A. J. Kunkel, Harteneck, sein Neffe A. E. Fick, Joh. Gad, F. Krukenberg, Landwehr, J. Loeb, Schönlein, Neumeister, A. Gürber; ausserdem zählen noch zu seinen Würzburger Schülern: F. Riegel, Rossbach, Albin Hofmann, Sängler, Schede, Westphal u. A.

Als Fick nach Würzburg kam, fand er das ihm unterstellte „physiologische Cabinet“ noch wenig entwickelt vor. Seiner Thätigkeit, seinen Erfolgen als Lehrer und Forscher ist es zu danken, dass das Institut erweitert wurde, und dass schliesslich, als die Räume, die dem Institut im medicinischen Collegienhause zugewiesen waren, zu eng wurden, in den Jahren 1885—1888 ein prachtvoller Neubau nach den von ihm angegebenen Plänen gebaut wurde, dessen zweckmässige Ausstattung mustergültig ist. Bis zum Jahre 1878 war nur eine Assistentenstelle am Institute vorhanden; von da ab waren zwei Assistenten angestellt, einer für Physiologie, der andere für medicinische Chemie.

Fick erfreute sich sowohl in Folge seiner vortrefflichen Charaktereigenschaften als auch wegen seiner Erfolge in Lehr- und Forscherthätigkeit bald der grössten Hochachtung und des grössten Vertrauens seiner Collegen in der engeren Facultät und auch in den weiteren Universitätskreisen, was darin zum Ausdruck kam, dass ihm mehrmals das Decanat der medicinischen Facultät übertragen wurde, dass er öfter in den Senat gewählt wurde, und dass ihm im Jahre 1878 die höchste akademische Würde, das Rectorat der Julius-Maximilians-Universität zufiel.

In Würzburg wirkte er so unausgesetzt durch 31 Jahre hindurch. Im Herbst 1899, als er 70 Jahre alt geworden war, trat er freiwillig von seiner Professur zurück, nicht etwa, weil er sich körperlich oder geistig schwach fühlte, sondern weil er der Ansicht war, dass ein 70jähriger nicht mehr dieselbe Leistungsfähigkeit wie ein Jüngerer haben könnte, und weil er desshalb glaubte, im Interesse des physiologischen Unterrichts einer jüngeren Kraft Platz machen zu müssen. Die wohlverdiente Ruhe sollte er nicht mehr lange geniessen, zwei Jahre nach seinem Rücktritt vom Amte ereilte ihn schon der Tod.

Wenn ich nun dazu übergehe, die Bedeutung der Arbeiten Fick's für unsere Wissenschaft zu würdigen, so habe ich vorauszuschicken, dass es hier nicht meine Aufgabe sein kann, alle die zahlreichen Einzelheiten der Ergebnisse der von Fick angestellten Untersuchungen aufzuzählen — dazu würde ich zu viel Raum in Anspruch nehmen müssen —, es wird vielmehr hier darauf ankommen, nur in grossen Zügen die allgemeinen Gesichtspunkte, welche ihn bei seinen Untersuchungen leiteten, und die Hauptergebnisse hervorzuheben.

Der weitaus grösste Theil der Schriften Fick's gehört dem Gebiete der Physiologie an; diese stehen hier auch im Vordergrunde unseres Interesses und sollen daher hier zuerst besprochen werden. Es liegen aber aus seiner Feder auch zahlreiche Publicationen rein physikalischen und philosophischen Inhalts, sowie Schriften über öffentliche Angelegenheiten vor, auf diese komme ich zum Schlusse zu sprechen.

Die meisten der physiologischen Schriften entfallen auf die Muskelphysiologie. Dies ist begreiflich, wenn man bedenkt, dass ein Forscher, der nach physikalischen Problemen in der Physiologie

suchte, gerade in den Muskelwirkungen auf Erscheinungen stiess, die eine einigermaassen genaue Messung der für die mathematische Behandlung in Betracht kommenden Grössen gestatten, und die der mathematischen Behandlung nach den Regeln der analytischen Mechanik leicht zugänglich erschienen. Zur Zeit, da Fick als junger Student an die Bearbeitung dieses Gebietes herantrat, lag die Lehre von den Muskelwirkungen noch sehr im Argen. Man hatte sich auf Grund der anatomischen Befunde über Ursprung und Ansatz der Muskeln nur ganz grobe Vorstellungen von den Muskelwirkungen gemacht, die noch mit zahlreichen Irrthümern behaftet waren. Fick wandte sich zunächst der Behandlung statischer Probleme der Muskelmechanik zu; er legte sich die Frage vor: In welchem Sinne und mit welcher Kraft strebt ein oder mehrere Muskeln den Knochen, an dem sie befestigt sind, in einer bestimmt angenommenen Lage zu bewegen, wenn auch noch die Spannung der Muskelfasern vorausgesetzt ist, d. h. eine wie gerichtete und wie grosse andere Kraft würde unter den durch das Gelenk gesetzten Bedingungen den Muskelspannungen Gleichgewicht halten? Die Lösung des Problems nahm er zunächst an einem Kugelgelenk vor, dem Hüftgelenk, für die Stellung, welche ein vom aufrecht stehenden Menschen senkrecht herabhängender Schenkel einnimmt. Um die Momente der auf das Hüftgelenk wirkenden Muskeln genau zu bestimmen, nahm er Messungen an Leichen vor; er bestimmte in einem willkürlich gewählten Coordinatensystem die rechtwinkligen Coordinaten der auf Punkte reducirten Ursprünge und Ansätze der Muskeln und die Coordinaten des Drehpunktes. Dann konnte er durch einfache trigonometrische Rechnungen den Winkel finden, den die Achse des Momentes eines Muskels mit den Coordinatenachsen bildete. Die Grösse des Momentes selbst ergab sich durch Multiplication der Spannung mit dem Hebelarm des Momentes. Dies Product war also die Kraft, welche bei der Contraction des Muskels bewegend auf den Knochen wirken konnte.

Die Angaben über die Momente der am Oberschenkel wirkenden Hüftmuskeln in der angegebenen Weise bestimmt, bilden den Inhalt der Schrift, die Fick schon als 19jähriger Student veröffentlichte, und die heute noch als grundlegend für unsere Kenntnisse über die Hüftmuskelwirkungen gilt. Welchen Fortschritt man damals in dieser Abhandlung sah, das geht hervor aus den einleitenden Bemerkungen, die C. Ludwig zu derselben gab; die Abhandlung wird da ge-

nannt eine „Arbeit, durch welche zum ersten Male eine scharfe Darstellung der Muskelfunctionen angebahnt ist und zugleich dem Mathematiker die Möglichkeit gegeben ist, mit allen Feinheiten des Calculs an dieses schöne mechanische Problem, welches praktisch durch den Organismus gelöst ist, zu dringen“.

Für andere Muskelgruppen ist später das Problem auf Anregung Fick's durch einige seiner Schüler behandelt worden. So sei erwähnt, dass A. Eugen Fick und Weber in analoger Weise die Schultermuskeln behandelten, wobei aber noch der dynamische Effect, d. h. die Arbeitsleistung der Muskeln, in Betracht gezogen wurde. Bestimmungen der Arbeitsleistung der auf die Fussgelenke wirkenden Muskeln wurden später auch von Fick's Sohne Rudolf vorgenommen.

Die Beschäftigung mit den hier erörterten Problemen machten Fick auch auf die Mechanik der Gelenke aufmerksam, und das Studium der Gelenke führte ihn zur Entdeckung des Sattelgelenks, welches früher für ein Kugelgelenk gehalten worden war. Er erkannte, dass die Bewegung der durch Sattelgelenk verbundenen Knochen sich zurückführen lässt auf Bewegungen um zwei Achsen, deren eine in den beweglich gedachten Knochen fällt und zu ihm eine beständige Lage hat, also bei der Bewegung ihre Lage im absoluten Raume ändert; er machte darauf aufmerksam, dass das Gelenk genau dasselbe leistet, als ob zwischen die beiden durch das Gelenk verbundenen Knochen noch ein in Charniergelenken bewegliches Zwischenstück eingeschaltet wäre, so dass die Achsen der beiden Charniergelenke sich senkrecht überkreuzten.

Zusammenfassende Darstellungen der Grundsätze der speciellen Bewegungslehre gab er erstens in seiner medicinischen Physik, deren erste Auflage 1856 erschien, und welche zwei grundlegende Capitel über Gelenkmechanik und Muskelstatik enthält, und zweitens in dem 1. Bande des Handbuchs der Physiologie von Hermann, 1879 erschienen.

Während in den bisher erwähnten Untersuchungen, welche die mechanische Analyse der Muskelwirkungen auf die gelenkig verbundenen Knochen betrafen, die Muskelcontraction als etwas Gegebenes vorausgesetzt wurde, beschäftigen sich eine grosse Zahl anderer Abhandlungen Fick's mit dem Wesen der Contraction selbst. Das Problem der Muskelcontraction übte eine grosse Anziehungskraft auf ihn aus, weil er die Ueberzeugung gewonnen hatte,

dass gerade diese von den Lebenserscheinungen zu allererst einer streng mechanischen Erklärung zugänglich sein würde.

Die Zahl der einzelnen Abhandlungen Fick's, die über die Muskelcontraction handeln, beträgt etwa dreissig, dazu kommen noch viele Arbeiten seiner Schüler.

Eine der ersten Untersuchungen auf diesem Gebiete war die Arbeit, die er in Gemeinschaft mit J. Wislicenus ausführte, und welche die Entstehung der Muskelkraft zum Gegenstande hatte. Ueber die Geschichte dieser Arbeit hat kürzlich Wislicenus einen interessanten Bericht¹⁾ gegeben, dem ich Folgendes entnehme:

Wislicenus schreibt:

«Mein damaliger Züricher College, der Physiologe Adolf Fick, hatte mich Anfang des Jahres 1865 mit einem Gedanken über den Ursprung der Muskelkraft bekannt gemacht, der von der damaligen, von Liebig's Autorität getragenen Theorie wesentlich abwich. Nach letzterer sollte die Verbrennung der Muskelsubstanz selbst, also von Eiweisskörpern, die für die Muskelarbeit erforderliche Energie, die Oxydation der stickstofffreien Nahrungsmittel, der Kohlehydrate und Fette dagegen die zur Erhaltung der thierischen Eigentemperatur nothwendige Wärme liefern. Fick bezweifelte die Richtigkeit dieser Rollenvertheilung der beiden Nahrungsmittelgruppen und entwickelte einen in allem Wesentlichen fertigen Plan zur experimentellen Entscheidung der Frage, indem er mich als Chemiker zur Mitarbeit einlud. Wir sollten, nachdem wir uns auf Stickstoffhunger gesetzt, durch Besteigung eines ansehnlichen und steilen Berges von bekannter Höhe eine aus unseren Körpergewichten genau berechenbare Arbeit leisten, durch Bestimmung der Menge des kurz vor, während und nach der Besteigung im Harne ausgeschiedenen Stickstoffs ein Maass für die verbrauchte Menge Muskeleiweiss gewinnen, aus derselben die im Maximum entwickelbare Verbrennungswärme berechnen und die derselben äquivalente Arbeitsmenge mit der durch die senkrechte Hebung wirklich geleisteten Arbeit vergleichen. Dass mich dieses Programm mächtig packte und ich die Einladung des Freundes mit Freuden annahm, ist wohl verständlich. Wir haben darauf das Ganze oft durchgesprochen, den Arbeitsplan in allen Details genau festgestellt und das Faulhorn als Versuchsberg gewählt.

Freund Fick theilte dann den Plan seinem Schwager (das war

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. Bd. 33 Heft 20.

der 1899 gestorbene englische Chemiker Frankland) brieflich mit. In seiner fast umgehend eingetroffenen Antwort sprach sich Frankland fast enthusiastisch darüber aus und bot seine Theilnahme an der Expedition und seine Mitwirkung an, die mit Freuden angenommen wurde. Anstatt, wie ursprünglich beabsichtigt, nach Norwegen zu gehen, erschien er dann auch schon vor Beginn unserer Universitätsferien in der Schweiz, um zunächst in den Walliser und Savoyer Alpen noch einige Bergbesteigungen auszuführen und auf Fick's Ruf hin sich mit uns zur Faulhornpartie zu vereinigen. Die Witterungsverhältnisse liessen sich jedoch so schlecht an, dass er in Genf die Besserung derselben abzuwarten beschloss. Sie gestalteten sich in der Folge jedoch so hoffnungslos elend, dass er nach einigen Wochen auf dem kürzesten Wege nach London zurückkehrte.

Wir beiden Anderen befanden uns in der glücklicheren Lage, besseres Wetter zu Hause abwarten zu können. Im letzten Drittel des Monats August stellte es sich thatsächlich ein und schien eine gewisse Dauer zu versprechen. Am Abend des 28. August 1865 begannen wir mit der Aufnahme ganz stickstofffreier Nahrung, am Morgen des 29. machten wir uns auf den Weg nach Iseltwald am Briener See und führten von da aus die Besteigung des Faulhorns am 30. aus, im letzten Drittel des Weges von dickstem Nebel umgeben, der keinerlei Ausblick auf mehr als 2 Meter Entfernung gestattete. Der in der vorausgehenden Nacht und während der Arbeitsleistung selbst von Beiden secernirte Harn wurde gesammelt und genau gemessen, sein Harnstoffgehalt unmittelbar nach Erreichung des Gasthauses auf dem Gipfel titrimetrisch bestimmt und schliesslich Proben davon, wie auch von dem ebenfalls gemessenen titrirten Urin der nachfolgenden, oben verbrachten Nacht nach Zürich mitgenommen. Dort wurde in den sechs Proben der Gesamtstickstoff-Gehalt ermittelt und aus den gefundenen Werthen — immer unter für unsere Beweisführung möglichst ungünstigen Annahmen — die in jedem von uns zerstörte Quantität von Muskeleiweiss und daraus die bei seiner Verbrennung disponibel werdende Energiemenge berechnet.

Schon nach wenigen Tagen konnte Frankland gemeldet werden, dass diese Energiebeträge nicht einmal für die allein direct messbare Arbeit der senkrechten Hebung unserer Körpergewichte, die doch nur ein Theil der geleisteten Gesamtarbeit war, auch nur annähernd ausgereicht haben konnten. Die Antwort lautete

recht wehmüthig, dass er nicht dabei gewesen, sonst höchst befriedigt und enthielt das Ersuchen, ihm die Ermittlung der bisher unbekanntes kalorimetrischen Verbrennungswerte für die Muskelsubstanz und die wichtigsten stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsmittel zu überlassen. Die prompte Ausführung dieser Bestimmungen durch Frankland hat dann auch die Entscheidung der Frage noch viel schärfer als unsere Rechnungsoperationen gestaltet.

Wenn ich hier etwas ausführlicher, als vielleicht nothwendig erscheint, geworden bin, so hat dies namentlich darin seinen Grund, dass in England sich bezüglich der eigentlichen Autorschaft dieser Untersuchung eine Legende zu bilden scheint, welche das Verdienst Adolf Fick's etwas in den Schatten zu drängen droht. In einem kurzen, sonst vortrefflichen Nachrufe auf Frankland, den vor etwa Jahresfrist Professor J. R. Japp vor der „Institution of Civil Engineers“ gegeben hat, findet sich der Satz: „In 1865 Frankland, Fick and Wislicenus arranged an experiment to put to a crucial test the theory, that the source of muscular power is the oxydation and destruction of the muscles themselves“ etc. Darin ist Frankland's Name, sogar gegen die alphabetische Reihenfolge, vor den von Fick gestellt, wodurch der Schein entstehen kann, als sei Frankland der eigentliche Vater des Gedankens, während derselbe in seiner ganzen Ausdehnung einzig und allein von Fick herrührt. Wenn es dann weiter heisst: „Frankland was prevented from taking part in the ascent“ (des Faulhorns) „which was carried out by Fick and Wislicenus, but upon him devolved the subsequent laboratory analyses, as also certain calorimetric experiments to determine the heat values of different kinds of food,“ so ist auch das nur im allerletzten Theile des Satzes richtig, da die eigentlich entscheidenden chemischen Analysen nur im Laboratorium der Universität Zürich ausgeführt worden sind. Meinen eigenen Antheil an der Arbeit habe ich selbst übrigens immer recht gering angeschlagen. Dass mein Name mit dem Fick's an der Spitze der zuerst in der Vierteljahrsschrift der Züricher naturforschenden Gesellschaft erschienenen Abhandlung steht, ist trotz meines Wunsches, nur im Texte als chemischer Helfer genannt zu werden, geschehen; Fick hat es eben nicht anders gewollt, und ich habe mich schliesslich doch auch darüber gefreut, mich neben dem Namen meines brüderlichen Freundes genannt zu sehen. Frankland's grosse Verdienste um die Entscheidung der wichtigen physiologischen Frage

bleiben ja auch nach Herstellung der historischen Richtigkeit ungeschmälert.»

Der Versuch hatte also, wie von Wislicenus in dem citirten Berichte schon erwähnt wird, das Ergebniss gehabt, dass die Steigarbeit bei der Bergbesteigung sich grösser zeigte als die Energiemenge, die das nach Ausweis der Stickstoffausscheidung verbrannte Eiweiss geliefert haben konnte. Aus diesen Versuchsergebnissen zog Fick zunächst den Schluss, dass die Muskelmaschine unzweifelhaft durch stickstofffreies Brennmaterial geheizt werden kann, und er glaubte sich weiter zu der Folgerung berechtigt, dass dies überall das angemessene Kraftmaterial für den Muskel sei. Diese Ueberlegungen Fick's sind nicht unwidersprochen geblieben. Es ist gegen die Schlussfolgerung eingewendet worden, dass sie deshalb nicht zwingend sei, weil die stickstoffhaltigen Endproducte des Eiweissstoffwechsels nicht schon während oder gleich nach der Arbeitsleistung alle ausgeschieden sein könnten, sondern erst erheblich später. Aber wenn auch die Frage nach der Quelle der Muskelkraft durch diese Versuche noch nicht endgültig entschieden ist — bekanntlich bestehen bis auf den heutigen Tag noch Controversen darüber —, so wird es doch immer das grosse Verdienst Fick's bleiben, durch die combinirte chemisch-physikalische Betrachtung in dieser Frage einen Weg vorgezeichnet zu haben, der auch bei weiteren Untersuchungen hierüber einzuhalten ist. Uebrigens dürfte auch die erste der Fick'schen Folgerungen, nämlich der Satz, dass stickstofffreies Brennmaterial als Kraftquelle für den Muskel dienen kann, nicht bestritten werden; fraglich ist nur noch, ob das stickstofffreie Brennmaterial unter allen Umständen als Kraftquelle dienen muss, ob nicht doch der Muskel, wenn er kann, Eiweiss als Brennmaterial bevorzugt.

Nach dieser Untersuchung lag es nahe, den Muskel zu vergleichen einer aus Eiweiss aufgebauten Maschine, in der für die Arbeitsleistung Fette und Kohlehydrate verbrannt werden, analog wie in einer Dampfmaschine, die aus Metall aufgebaut ist, Kohle verbrannt wird. Fick hat in jener Abhandlung auch diesen Vergleich gemacht, aber er war sich nicht im Unklaren darüber, dass dies ein sehr äusserlicher Vergleich war, dass die Verbrennung der stickstofffreien Brennmaterialien in den Muskeln doch in wesentlichen Punkten anders sein müsse als die Verbrennung der Kohle unter dem Dampfkessel. Zu dieser Auffassung wurde er geführt

durch Erwägungen über die Frage, ob der Muskel eine thermodynamische Maschine sei oder nicht, Erwägungen, zu denen er sich veranlasst sah durch seine Beschäftigung mit der mechanischen Wärmetheorie, insbesondere dem von Clausius aufgestellten zweiten Hauptsatze dieser Theorie.

Dieser Satz sagt bekanntlich aus, dass die unerlässliche Vorbedingung für jeden thermodynamischen Kreisprocess, bei dem Wärme in Arbeit verwandelt werden soll, ein Wärmefall oder Uebergang von Wärme aus einem wärmeren in einen kälteren Körper ist, und dass eine bestimmte Beziehung zwischen dem im günstigsten Falle erhaltenen mechanischen Nutzeffect und der Temperaturdifferenz des wärmeren und kälteren Körpers besteht. Die von Clausius für diese Beziehung gegebene Formel legt Fick nun seinen Berechnungen zu Grunde, die zu dem Ergebniss führen, dass der Muskel keine thermodynamische Maschine sein kann. Er macht darauf aufmerksam, dass die Temperatur des thätigen Muskels von der seiner Umgebung nur so wenig verschieden ist, dass höchstens 1 % der vom Muskel umgesetzten Kraft zu mechanischer Arbeit verwendet werden könnte, während in Wirklichkeit ein Nutzeffect von 25 % und mehr erhalten wird.

Gegen diese Ueberlegung ist freilich von Engelmann der an und für sich berechtigte Einwand erhoben worden, dass für die Berechnung nicht die Temperatur des ganzen Muskels, sondern nur eines geringen Theiles desselben als die Temperatur des wärmeren Körpers in Rechnung zu setzen ist, und dass doch die Möglichkeit bestehe, dass die Theile, in denen die Verbrennung sich abspiele, eine um so viel höhere Temperatur als die anderen Theile bekommen könnten, um den grossen Nutzeffect der Muskelmaschine erklärlich zu machen. Aber Fick konnte demgegenüber darauf hinweisen, dass bei der postulirten grossen Temperaturdifferenz zwischen den wärmeren und kälteren Muskeltheilen zur Erklärung der geringen Gesamt-Temperaturzunahme es nothwendig sei, anzunehmen, die wärmeren Theile bildeten nur einen winzig kleinen Theil, nur etwa ein Zehntausendstel der ganzen Muskelmasse; diese winzig kleinen Theile müssten die Verbrennungsorte und die maschinellen Theile enthalten, nur diese winzigen Theile würden die eigentliche contractile Substanz sein, während die übrige Muskelmasse der zu bewegende Ballast wäre; diese Auffassung würde aber aus dem Rahmen jeder Analogie mit anderen thermodynamischen Systemen heraus-

treten — ganz abgesehen davon, dass es schwer zu verstehen wäre, warum die Temperaturerhöhung dieser Theile, die 114° C. betragen müsste, nicht dauernd schädigend darauf wirkte. Fick kommt durch diese Ueberlegungen zu der Auffassung, dass bei der Muskelcontraction nicht die chemischen Spannkraften erst in Wärme, d. h. in ungeordnete Molekularbewegung, verwandelt werden, sondern dass die Moleküle im Muskel so geordnet sein müssen, dass die frei werdende chemische Spannkraft sich direct in die bei der Contraction auftretenden Zugkräfte des Muskels, also direct in geordnete Molekularkräfte umsetzt. Diese Auffassung enthält das Bemerkenswerthe, dass nach ihr die maschinellen Theile des Muskels und die der Verbrennung unterliegenden Moleküle eins sein müssen. Demnach könnte der Muskel also nicht eine aus Eiweiss aufgebaute Maschine sein, in der Fett und Kohlehydrate verbrennen wie die Kohle in der eisernen Dampfmaschine. Fick verschloss sich dieser Folgerung auch nicht und neigte zu der Ansicht, dass Fett und Kohlehydrate erst eine Umwandlung erleiden müssten, ehe sie der Verbrennung anheimfielen. So kam er zu einer Auffassung vom Wesen der Contraction, die im Principe mit der von Pflüger ausgesprochenen übereinstimmt. — Pflüger lässt ja auch den Contractionsact sich abspielen in den erregbaren Molekülen, das sind die lebendigen Eiweissmoleküle.

Im Zusammenhang mit dieser Vorstellung steht auch die Vermuthung, die Fick über die Natur des Erschlaffungsvorgangs im Muskel ausgesprochen hat. Er weist darauf hin, dass die Wiederverlängerung des Muskels nach der Contraction ein Phänomen ist, welches nicht weniger merkwürdig und räthselhaft ist als der Contractionsact selbst; er macht darauf aufmerksam, dass der Wiederverlängerungsvorgang höchstwahrscheinlich auch in einem chemischen Process besteht, und zwar in einem Process, der nur die Fortsetzung des eigentlichen Contractionsprocesses, mithin von derselben Art wie dieser ist; in diesem Punkte unterscheidet sich seine Auffassung wesentlich von der anderer Autoren, welche den Wiederverlängerungsprocess für einen assimilatorischen Vorgang halten.

Die thatsächlichen Unterlagen für die hier erwähnten theoretischen Vorstellungen hat sich Fick grösstentheils selbst durch ausgedehnte Untersuchungen über die Kraftwechselphänomene des Muskels, die Wärmeentwicklung, die mechanischen Veränderungen durch die Contraction, und die Grösse des Nutzeffects verschafft.

Um bei den Untersuchungen über Wärmeentwicklung die gebildete Wärme messen zu können, bedurfte es zunächst einer Vervollkommnung der Methodik. Zur Wärmemessung verwendete Fick nach dem Vorgange von Helmholtz und Heidenhain Thermosäulen, die aber zwecks schnellen Ausgleichs der Temperaturen des Muskels und der Säule sehr klein gemacht wurden; sie waren aus schmalen Streifen von Eisen- und Neusilberblech construiert; die mit dem Muskel in Berührung zu bringende Löthstellenreihe wurde noch papierdünn zugefeilt. Um diese Löthstellenreihe allseitig von Muskelmasse umgeben sein zu lassen, machte Fick ein besonderes Muskelpräparat ausfindig, nämlich die Muskelgruppen an der inneren Fläche des Oberschenkels vom Frosche, die aus dem Körper ausgepräparirt und an dem Beckenende aufgehängt wurden; zwischen die herabhängenden Muskeln der beiden Seiten wurde die Schneide der Thermosäule eingeschoben. Der Apparat wurde auf absolutes Maass der Temperatur graduirt, indem ein einzelnes grösseres Thermo-element aus denselben Blechen verwendet und die Ablenkung festgestellt wurde, welche das Element bei bekanntem Widerstande und bei bekannter Temperaturdifferenz an dem Galvanometer hervorbringt. Daraus war zu berechnen, welche Temperaturdifferenz einem Scalentheile Ablenkung entspricht — vorausgesetzt, dass der Widerstand der Leitung beim wirklichen Versuch bekannt war.

Auf dem hier in Rede stehenden Gebiete war ein nahe liegendes Problem, den Nachweis zu erbringen, dass das Gesetz der Erhaltung der Kraft auch für den Kraftwechsel im Muskel Gültigkeit haben müsse. Der Versuch war so anzustellen, dass ein Muskel zu Zuckungen veranlasst wurde, in denen er ein Gewicht zu heben hatte in zweierlei Art: das eine Mal musste das Gewicht nach dem Hube auf der Hubhöhe gehalten werden, das andere Mal musste es nach der Erhebung wieder zurückfallen auf den Muskel, so dass die geleistete Arbeit in Fallarbeit zurückverwandelt wurde und als Erwärmung des Muskels erschien. Die Erwärmung des Muskels musste in beiden Fällen verschieden sein, und zwar um so viel verschieden, als dem thermischen Aequivalent der geleisteten Arbeit entsprach. Nachdem Fick selbst zunächst den Unterschied der Erwärmung des Muskels in den beiden Fällen nachgewiesen hatte, hat später Danilewski auf Fick's Anregung und unter seiner Leitung genaue Messungen der Wärme und Arbeit in solchen Versuchen gemacht und ist dabei zu einem mechanischen Wärmeäquivalent gekommen, welches von dem nach

physikalischen Methoden erhaltenen nur so weit abweicht, als durch die unvermeidlichen Fehlerquellen in solchen Versuchen bedingt sein konnte. So war der Nachweis der Gültigkeit des Gesetzes der Erhaltung der Energie für physiologische Vorgänge erbracht.

Den Untersuchungen über diese Frage verdanken wir noch die Erfindung eines sinnreichen Apparates, des Arbeitssammlers. Der Apparat speichert die Arbeit mehrerer auf einander folgender Zuckungen eines Muskels auf, indem er das gehobene Gewicht nach der Hebung durch eine Zuckung nicht herabsinken lässt, aber ermöglicht, dass das Gewicht durch die nächstfolgende Zuckung weiter gehoben wird. Das geschieht dadurch, dass erstens eine Klemmsperrung die Bewegung des Schwungrades, über dessen Welle das zu hebende Gewicht an einem Faden hängend angebracht ist, nur in derjenigen Richtung gestattet, in der auch der Muskel am Rade zieht, und dass zweitens der Muskel den Zug am Rade ausübt durch Vermittlung eines Hebels, der durch eine zweite Klemmsperrung so am Rade angreift, dass bei der Aufwärtsbewegung des Hebels das Rad mitgenommen wird, während nach der Zuckung der Hebel wieder herabsinkt, ohne das nun durch die erste Klemmsperrung festgehaltene Rad mitzunehmen.

Eine weitere Frage, die von grösstem Interesse für die Lehre von der Muskelcontraction war, war die Frage, wie gross der mechanische Nutzeffect, d. h. der im günstigsten Falle auf die mechanische Arbeit entfallende Theil der gesammten umgesetzten Kraft wäre. Als Fick sich zur experimentellen Beantwortung dieser Frage wandte, musste er zunächst das Problem lösen, welches die günstigsten mechanischen Bedingungen für die Muskelleistungen waren. Eine allgemeine physikalische Betrachtung über die Arbeitsleistung, die ein elastischer Strang durch seine elastischen Kräfte bewirken kann, führte zu dem Resultat, dass die Bedingungen für möglichst grossen mechanischen Effect am günstigsten sind, wenn der gespannte elastische Strang bis auf die Spannung 0 entlastet wird. Für den Muskel ergab sich daraus, dass eine möglichst grosse Arbeitsleistung nicht etwa dann erzielt wird, wenn man ein passend grosses Gewicht an den Muskel hängt und dies Gewicht einfach heben lässt, sondern wenn man den Muskel zunächst an seiner Verkürzung hemmt, so dass er bei der Erregung sich stark anspannt, und dann während der maximalen Erregung entlastet. Fick konnte nun zeigen, dass diese für die Arbeitsleistung vortheil-

haften Bedingungen bei der Art, wie die Muskeln in vivo arbeiten, oft erfüllt sind. Unter Entlastung contrahirt sich z. B. der Quadriceps femoris bei der Erhebung des Körpers aus der Kniebeuge, unter Entlastung contrahiren sich die Muskeln auch beim Wurf von trägen Massen.

Für die muskelphysiologische Methodik ergab sich aus diesen Betrachtungen die Folgerung, dass man günstige Arbeitsbedingungen erzielen konnte, wenn man die Muskeln angreifen liess an äquilibrirten trägen Massen, Schwungrädern oder Schwunghebeln, an denen die Muskeln Arbeit leisten nicht durch Erhebung des Gewichts der Massen, sondern dadurch, dass die Massen in Schwung versetzt werden und so lebendige Kraft erhalten, denn bei dieser Art der Arbeitsleistung findet zunächst Anspannung der Muskeln, dann Entspannung unter Beschleunigung der trägen Massen statt.

Dieser Vorrichtungen bediente sich Fick nun bei vielen seiner muskelphysiologischen Arbeiten, insbesondere auch bei seinen Untersuchungen über den Nutzeffect der Muskelmaschine. Die Untersuchungen wurden angestellt an ausgeschnittenen Froschmuskeln; die vom Muskel gebildete Wärme wurde genau gemessen und die durch den Wurf von Schleuderhebeln geleistete Arbeit bestimmt. Die Versuche ergaben, dass in günstigsten Fällen der Nutzeffect bis zu 30 % betragen konnte, in der Regel ergab sich etwa 20—25 %.

An diese Feststellungen wird nun noch folgende bemerkenswerthe Betrachtung angeknüpft. Helmholtz hatte schon früher gezeigt, dass der ganze menschliche Körper etwa $\frac{1}{5}$ der gesamten umgesetzten Kraft zu mechanischen Leistungen verwenden kann. In Fick's Versuchen lieferten isolirte Muskeln einen nicht wesentlich höheren Nutzeffect. Folglich müssen die Muskeln der Hauptherd der Verbrennung im Körper sein, denn wenn ausser in Muskeln noch anderswo viel Wärme gebildet würde, müsste der Nutzeffect des ganzen Körpers wesentlich kleiner sein als der der Muskeln allein.

Andere myothermische Untersuchungen Fick's betreffen die Frage nach der Grösse des Kraftumsatzes unter verschiedenen Bedingungen. Dem Heidenhain'schen Satze, dass der Muskel um so mehr Wärme entwickelt, je grösser seine Anfangsspannung ist, konnte er den Zusatz geben, dass auch Spannungszunahme während der Zuckung die Wärmeentwicklung steigert, ferner dass der Muskel gegen grössere Widerstände nicht bloss energischer, sondern auch

mit grösserem Nutzeffect arbeitet, und schliesslich dass der Einfluss der Spannung auf die Wärmeentwicklung um so mehr hervortritt, je geringer die Temperatur des Muskels ist.

Weiter ergab sich, dass eine Reihe von rasch auf einander folgenden Einzelzuckungen mehr Wärme lieferten als ein gleich lange dauernder Tetanus. Dieses Phänomen war jedoch nur zu beobachten, wenn dem Muskel gestattet war, sich zu verkürzen; wurde die Verkürzung gehemmt dadurch, dass der Muskel an beiden Enden festgehalten wurde, so gaben die Zuckungen weniger Wärme als der Tetanus. Demnach erforderte gerade der Act der Verkürzung einen besonderen Aufwand von Kraft. Dies zeigte sich auch bei dem Vergleich einer gehemmten Zuckung mit einer solchen, bei der der Muskel anfangs zwar gehemmt, nachher aber frei gelassen wurde: erstere gab weniger Wärme als letztere. Fick folgerte, dass im Muskel nicht mechanische Spannkraft durch chemische Arbeit zunächst erzeugt und zu mechanischen Leistungen verfügbar gehalten werde, dass vielmehr der die mechanischen Leistungen bewirkende chemische Process zur Zeit dieser Leistungen selbst stattfinden müsse.

Versuche, in denen ein Muskel während des Tetanus gedehnt und dann wieder entspannt wurde, lieferten nur etwa halb so viel Wärme als bei dem umgekehrten Acte: erst Entspannung, dann Dehnung, obwohl die Arbeitsleistung in beiden Acten fast gleich war. Trotz geringeren Kraftumsatzes wird also bei dem ersteren Acte gerade so viel Arbeit geleistet wie im zweiten. Diese Thatsache führte zu dem Schlusse, dass in dem ersteren Acte, wo der Muskel sich zunächst unter geringer Spannung contrahirt, eine Contractur sich ausbildet, welche bei der Dehnung mechanische potentielle Energie liefert, durch die bei der darauf folgenden Entspannung die Arbeit theilweise mitgeleistet werden kann. In dem anderen Acte ist diese Contractur nicht betheiligt, weil sie sich nicht entwickelt, wenn die Contraction des Muskels anfangs unter hoher Spannung erfolgt.

Als besonders wichtig hervorzuheben ist noch der Befund, dass bei gehemmter Contraction die Wärmeentwicklung mit wachsender Reizstärke schneller wächst als die Spannung des Muskels, dass also zur Erhaltung einer grösseren Spannung relativ mehr Kraft aufgewendet werden muss als zur Erhaltung einer geringeren Spannung. Diese Beobachtung hat Fick selbst als seine werthvollste angesehen.

Erwähnt sei schliesslich noch die in Gemeinschaft mit Billroth

angestellte Untersuchung über die Wärmebildung im Starrkrampf, durch welche nachgewiesen wurde, dass die Temperatursteigerung im Starrkrampf vorzugsweise durch vermehrte Wärmebildung im Muskelgewebe bedingt ist, ferner der mit Dybkowski erbrachte Nachweis, dass beim Starrwerden des Muskels eine mit der Verkürzung zeitlich zusammenfallende Wärmebildung auftritt, und endlich die mit Böhm zusammen vorgenommene Untersuchung an veratrinierten Muskeln, welche ergaben, dass die anhaltende Contraction dieser Muskeln nicht durch eine Verzögerung der Wiederverlängerung, sondern durch gesteigerten Kraftumsatz bedingt ist.

Dass die Muskelphysiologie auch von der Untersuchung der Aenderung der mechanischen Eigenschaften des Muskels durch die Contraction wesentliche Förderung erfahren musste, lag auf der Hand, und daher wandte sich Fick auch diesem Problem zu. Bekannt war, dass die Dehnbarkeit des Muskels im Tetanus grösser ist als in der Ruhe; zu untersuchen war aber noch, wie die Dehnbarkeit sich im Verlaufe der Contraction, insbesondere während einer Einzelzuckung änderte.

Zu diesem Zwecke verglich er den Verlauf zweier Zuckungen, von denen die eine Verkürzung ohne Spannungsänderung, die andere Spannungsänderung ohne Verkürzung zeigte. Erstere Zuckung nannte er die isotonische, letztere die isometrische. Das isotonische Verfahren bestand darin, dass der Muskel an dem langen Hebelarm eines leichten Schilfhebels angriff, an dem das zur Belastung des Muskels dienende Gewicht nahe der Achse angebracht war — die Schleuderung des Hebels wurde dadurch auf ein Minimum beschränkt. Das isometrische Verfahren bestand darin, dass der Muskel an einem sehr kurzen Hebelarm angriff und sich nur um einen minimalen Betrag verkürzen konnte, weil seiner Verkürzung eine sich anspannende Feder entgegen wirkte; es verkürzte sich der Muskel dann fast gar nicht, sondern zeigte nur Spannungsänderung, die durch einen mit der Hebelachse verbundenen langen Schilfhalm angegeben und aufgezeichnet wurde.

Die isotonische und isometrische Zuckungscurven stimmten in ihrem Verlaufe nicht überein, letztere erreicht ihren Gipfel früher als erstere; ausserdem liegen je zwei Punkte gleicher Ordinatenhöhe im auf und ab steigenden Theile bei den beiden Curven nicht an einander entsprechenden Stellen, sondern der Nachlass der Contraction ist in der isometrischen Curve früher nachweisbar als in der isotonischen.

Fick berechnete nun zunächst aus der Vergleichung der Längen und Spannungen, dass der Elasticitätscoefficient der Muskeln während der Contraction beständig abnimmt und seinen Minimalwerth auch noch während der Erschlaffung behält. Aber die Fortsetzung der Untersuchungen über die Mechanik der Contraction führte ihn bald zu einer anderen Auffassung. Er stiess nämlich auf die bemerkenswerthe Thatsache, dass der Muskel bei der Zuckung in ein und demselben Zeitpunkte nach dem Reizmoment für gleichen Verkürzungsgrad sehr verschiedene Spannungen aufweisen kann, wenn bis dahin in den mit einander verglichenen Zuckungen der Muskel nicht unter gleichen mechanischen Bedingungen sich contrahirt hatte. Daraus folgte, dass die Länge resp. Spannung des Muskels bei der Zuckung nicht nur Function der Zeit ist, sondern dass auch die äusseren mechanischen Bedingungen auf Länge resp. Spannung Einfluss haben, oder mit anderen Worten: dass der Ablauf des Contractionsvorgangs durch die Spannung des Muskels beeinflusst wird.

Dieser merkwürdigen Erscheinung lenkte Fick auch weiterhin seine Aufmerksamkeit zu; er veranlasste einige seiner Schüler, die Einzelheiten der Abhängigkeit des Contractionsverlaufs von der Spannung noch näher festzustellen. So entstand die Abhandlung Sogalla's über Schleuderzuckungen, so regte er auch mich zu einer Reihe von Arbeiten auf diesem Gebiete an und stand mir mit Rath und That stets treu zur Seite bei der Bearbeitung dieser und anderer damit zusammenhängender Fragen der Muskelphysiologie.

Hier darf nicht unerwähnt bleiben, dass Fick's muskelphysiologische Untersuchungen die physiologische Methodik noch um einige wichtige Apparate bereichert haben ausser den bereits erwähnten. Es sind die Schreibflächen, die zur Aufzeichnung der Curven benutzt wurden. In älterer Zeit verwendete er das Pendelmyographion, bei dem die an der Schreibspitze vorbei zu bewegende Schreibfläche an einem Pendel angebracht war. Später wurde eine einfache Registrirtrommel benutzt, die durch ein fallendes Gewicht bewegt wurde; die letztere Vorrichtung arbeitet trotz ihrer grossen Einfachheit sehr exact, und es ist erstaunlich, zu sehen, wie die Trommel, falls Fallraum und Grösse des antreibenden Gewichts gleich sind, immer wieder die erwünschte gleiche Geschwindigkeit erlangt.

Von besonderem Interesse ist schliesslich noch eine muskelphysiologische Abhandlung Fick's, welche die Beziehung zwischen Function und Wachsthum zum Gegenstande hat. Es wird dort der

Satz aufgestellt: die Masse, die ein Muskel in einem gegebenen Augenblicke hat, ist abhängig von der Arbeit, welche er bis zu diesem Augenblicke geleistet hat, dergestalt, dass die Masse mit wachsender Arbeit wächst, und zwar entsprechen den beiden Factoren der Massenzunahme: Dickenwachsthum und Längenwachsthum, die beiden Factoren der Arbeit: Kraft und Weg. Wächst die Arbeit dadurch, dass die Kraft, mit der er gespannt ist, häufig gross wird, so befördert das die Dickenzunahme. Wächst die Arbeit dadurch, dass häufig Spannungen durch grosse Wegstrecken hindurch ausgeübt werden, so wächst die Länge der Muskelfasern. Mit dem Satze stehen im Einklang die Ergebnisse der Messungen von Skelet-Muskelfasern. Fick hat hier schon das Gesetz in specieller Form ausgesprochen, das später von Roux als Gesetz der functionellen Anpassung verallgemeinert wurde.

Die bei den muskelphysiologischen Experimenten oft verwendete elektrische Reizung führte Fick zu Untersuchungen über die Einwirkung der Elektrizität auf erregbare Gebilde. Er beschränkte diese Untersuchungen nicht auf die Frosch-Skeletmuskeln, sondern zog auch andere Muskeln, die glatten Muskelfasern des Schliessmuskels der Muschel, sowie Nerven mit in Betracht. Da stiess er nun auf eine merkwürdige Thatsache. Während man nämlich bis dahin angenommen hatte, dass für die Erregung von Muskel und Nerv das du Bois-Reymond'sche allgemeine Gesetz der Erregung gültig sei, nach welchem nicht die Dauer und die absolute Grösse des Reizstromes, sondern die Geschwindigkeit der Aenderung der Stromdichte für die Erregung maassgebend sei, konnte Fick nachweisen, dass bei dem Muschelmuskel weniger die Geschwindigkeit der Stromänderung als vielmehr die Dauer für die Erregung bestimmend ist. Er fand z. B. für eine gewisse Stromstärke keinen Unterschied in der Erregungsgrösse des Muschelmuskels, einerlei, ob er den Strom momentan oder innerhalb einer Zeit von 20 Secunden anwachsen liess; die letztere langsame Zunahme des Stromes erwies sich aber auf den Frosch-Skeletmuskel ohne Wirkung. Inductionsströme waren wegen ihrer kurzen Dauer beim Muschelmuskel unwirksam, wenn sie nicht eine sehr grosse Intensität hatten. Kurzdauernde Ströme waren überhaupt nur dann wirksam, wenn sie sehr stark waren; die zur Erregung nothwendige Zeitdauer war also

abhängig von der Stromstärke, je grösser diese, desto kürzer durfte jene sein.

Nach diesem Befunde war zu erwarten, dass auch die Erregung des quergestreiften Muskels und des Nerven nicht bloss von der Geschwindigkeit der Stromdichteschwankung, sondern auch von der Stromdauer abhängig ist, und thatsächlich fand Fick, dass eine gewisse Stromstärke, die den Frosch-Skelettmuskel bei 0,001 Secunde Dauer gerade maximal erregte, eine geringere Erregung gab, wenn *ceteris paribus* die Stromdauer vermindert wurde (kurze Schliessungen stellte er her dadurch, dass er einen Metallstift schnell über eine schmale Metallplatte hinführte). Entsprechendes ergab sich für die Nerven-erregung.

Bei der Erregung motorischer Nerven fand sich dabei noch Folgendes:

Erstens die Erscheinung, dass bei absteigend gerichtetem Strom mit Zunahme der Stromdauer die Zunahme der Contractionsgrösse absatzweise erfolgte: bei einer gewissen Stromdauer war zunächst eine mit weiterer Zunahme der Stromdauer nicht gleich weiter wachsende Contractionsgrösse erhalten, erst bei viel grösserer Stromdauer nahm die Contractionsgrösse von Neuem zu. Die absatzweise erfolgende Zunahme der Contractionsgrösse wurde auch bei Reizung durch absteigende Inductionsströme mit Zunahme der Stromstärke erhalten. Die Erscheinung liess sich darauf zurückführen, dass bei den starken Strömen, sowie bei der langen Dauer sich zu der Kathodenschliessungs-Erregung noch eine Anodenöffnungs-Erregung hinzugesellt, die den Reizeffect verstärkt.

Zweitens das Phänomen der „Lücke“, d. i. die Erscheinung, dass die Zuckung, welche bei gewisser Stärke der im Nerven aufsteigend gerichteten kurzen constanten oder inducirten Ströme maximal auftritt, bei weiterer Verstärkung des Stromes erst abnimmt, manchmal bis auf Null, dann wieder zunimmt. Letztere Beobachtung wurde auf Grund zeitmessender Versuche daraus erklärt, dass kurz dauernde schwache Ströme nur Kathodenschliessungs-Erregung, keine Anodenöffnungs-Erregung geben, selbst dann, wenn der Anelektrotonus während der kurzen Dauer sich schon so weit entwickelt hat, dass er die Erregungsleitung hemmt; erst bei Verstärkung des Stromes kommen dann Anodenöffnungs-Erregungen hinzu. Die alleinige Kathodenschliessungs-Erregung bei kurzen schwachen Strömen ergab sich auch daraus, dass die Erregbarkeitserhöhung im Kat-

elektrotonus nur dann nachzuweisen war, wenn der zur Erregbarkeitsprüfung verwendete Inductionsstrom mit seiner Kathode nahe der Kathode des elektrotonisirenden Stromes lag, während die Anode des Inductionsstromes weit davon entfernt war. Lag umgekehrt die Anode des Inductionsstromes der Kathode des Polarisationsstromes nahe, dann liess sich die Erregbarkeitserhöhung nicht nachweisen.

Versuche mit Schrägdurchströmung von Nerven, die vorgenommen wurden, indem der Nerv in einen mit Kochsalzlösung gefüllten Trog schräg zu den durch den Trog durchgeleiteten Stromfäden gelegt wurde, ergaben eine Erregung, die nach Ausweis der Latenzzeiten bei Schliessung an einer anderen Stelle als bei Oeffnung erfolgte. Es erklärte sich das daraus, dass sich in der vom Strome durchflossenen Nervenstrecke überall Anelektrotonus und Katelektrotonus gegenüberstehen, die in ihrer Wirkung sich gegenseitig aufheben, mit Ausnahme der beiden Enden, wo eine freie Anode bei Oeffnung und eine freie Kathode bei Schliessung zur Wirkung kommt.

Elektrische Muskeleerregungen nahm Fick auch am lebenden Menschen vor, und hier verglich er speciell die Wirkung der elektrischen Erregung mit der willkürlichen Contraction. Zu den Versuchen benutzte er den *Musculus abductor indicis*, dessen Contraction er graphisch registrirte, indem er ihn durch Vermittlung des Zeigefingers auf einen Spannungszeichner wirken liess. Er konnte so die absolute Kraft dieses Muskels bestimmen, die er von derselben Grössenordnung fand wie die von Weber für den Wadenmuskel angegebene Zahl. Dann fand er, dass durch elektrische Tetanisirung niemals derselbe Spannungsgrad zu erreichen war wie durch willkürliche Erregung, ferner dass die Summirung der Zuckungen des menschlichen Muskels bei elektrischer Reizung viel weiter geht als im Froschmuskel: während bei letzterem die Tetanusspannung nur etwa doppelt so gross ist als die Spannung der Maximalzuckung, erreicht beim Menschen die Spannung des Tetanus etwa den sechsfachen Werth oder noch mehr von der der Zuckung. Ausserdem wurde festgestellt, dass ein elektrischer Schlag reflektorisch auf die durch willkürliche Contraction hervorgerufene Spannung vermindern wirkt.

Interessant ist ein kleiner Artikel, der die angeblich verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskel-Präparate zum Gegenstande hat. Luchsinger hatte beobachtet, dass die Krebscheere bei schwacher Reizung ihrer Nerven sich öffnet, bei starker sich schliesst, und daraus geschlossen, dass Oeffner und Schliesser

oder ihre motorische Nerven verschiedene Erregbarkeit besitzen. Fick macht nun darauf aufmerksam, dass dies auch ebensogut auf den gröblich anatomischen Verhältnissen des Apparates beruhen kann. Wenn z. B. die Schliesser sehr dick und zugleich überschüssig lang, die Oeffner dünn und kurz sind, so muss die Erscheinung auch bei gleicher Reizbarkeit auftreten. Daraus ergibt sich, dass die Gelenkmechanik und Muskelstatik bei allen solchen Fragen zu Rathe gezogen werden muss.

Auch das Gebiet der speciellen Nervenphysiologie hat Fick um einige Beiträge bereichert. Er erbrachte da den Nachweis, dass die vorderen Rückenmarksstränge nicht, wie van Deen u. A. behauptet hatten, unerregbar gegen elektrische Reize sind. Er zeigte ferner, dass zur Erzeugung von Reflexbewegungen Reizung der natürlichen Endigungen der sensiblen Nerven günstiger ist als Reizung der Nervenstämme, dass bei Reizung der Nervenendigungen zweckmässige, bei Reizung der Nervenstämme ungeordnete Reflexbewegungen erhalten werden, und dass die Summirung von Reizen dem Zustandekommen der Reflexe günstig ist. — Mit Goldstein zusammen wies er nach, dass die Athemfrequenz beträchtlich vergrössert wird, wenn das zum Athemcentrum hinströmende Carotidenblut erwärmt wird dadurch, dass die Carotiden mit doppelwandigen eng anschliessenden Röhren umgeben werden, durch deren Wand warmes Wasser durchgeleitet wird.

Einen breiten Raum unter den physiologischen Schriften Fick's nehmen weiter seine Abhandlungen zur Sinnesphysiologie, insbesondere die über den Gesichtssinn ein.

Vor Allem sind hier eine Reihe sehr bemerkenswerther Aufsätze zur Farbentheorie zu erwähnen. Er zeigt sich hier als entschiedenen Verfechter der Young'schen Theorie. Die Hering'sche Theorie bekämpft er, und der Polemik gegen Hering ist noch die letzte von seinen Publicationen gewidmet. Hering's Theorie lehnt er aber nicht etwa ab, weil sie weniger als andere Theorien unter Zuziehung von den nöthigen Hülfsypothesen mit den Thatsachen in Einklang zu bringen wäre, sondern desshalb, weil ihre Grundannahmen an sich unhaltbar sind aus folgenden Gründen:

Erstens wendet sich Fick gegen den Grundfehler der Hering'schen Theorie, dass der mit dem Worte Schwarz bezeichnete Be-

wusstseinszustand eine eigentliche Empfindung sei, analog wie Weiss oder irgend eine Farbe. Er macht darauf aufmerksam, dass wir zur Beurtheilung der Frage, ob ein Bewusstseinszustand Empfindung ist oder nicht, folgendes Kriterium haben: Empfindung ist ein Bewusstseinszustand, der mit der Vorstellung des Angegriffenseins durch ein äusseres Agens verknüpft ist, und der, wenn er sehr hohe Grade erreicht, unangenehm wird. Dies Kriterium trifft z. B. für Weiss zu, nicht aber für Schwarz. Wenn das ganze Gesichtsfeld schwarz ist, sieht man sich nicht veranlasst, zu fragen, was diesen Bewusstseinszustand verursachte. Ferner sieht man im Dunklen die Grenzen des Gesichtsfeldes nicht; wäre Schwarz eine Empfindung, so müsste man die Grenze des Schwarz gerade so wie etwa die des Weiss im Gesichtsfeld sehen. Auch spricht gegen Hering, dass die verschiedenen Stufen des Grau, welche qualitativ verschiedene Mischempfindungen darstellen sollen, nicht in verschiedenen Intensitätsgraden wahrzunehmen sind.

Sodann führt Fick aus, dass die Annahme der Assimilations-erregung mit unseren biologischen Grundanschauungen in Widerspruch steht. Die Empfindung ist im Thierreich herangezüchtet als Signal für einen das thierische Subject bedrohenden Angriff. Es wäre offenbar durchaus unzweckmässig, wenn das Bewusstsein auch noch beschäftigt würde durch die Prozesse, welche die Nerven-elemente nach Aufhören der zerstörenden reizenden Einwirkungen wieder in ihren ursprünglichen reizbaren Zustand zurückbringen, durch die assimilirenden Vorgänge. Und warum ist eine so fundamentale Einrichtung, wie es die Auslösung von Empfindungen durch Assimilation sein würde, nicht auch auf den anderen Sinnesgebieten zu finden?

Schliesslich liegt nach Fick noch eine Schwierigkeit für die Hering'sche Theorie darin, dass die objectiven Lichtstrahlen auf die eine Sehsubstanz, nämlich die Schwarz-Weiss-Substanz, alle dissimilirend, auf die andere wenigstens zum Theil assimilirend wirken sollen, und dass auf ein und dieselbe Sehsubstanz von zwei Strahlungen, deren Wellenlängen nur sehr wenig verschieden sind, die eine dissimilirend, die andere assimilirend wirken soll.

Fick ist, um vom Standpunkte der Young'schen Theorie die typischen Fälle von Farbenblindheit zu erklären, zu einer Hypothese gekommen, die von der geläufigen Annahme in wesentlichen Punkten abweicht. Ausgehend von Beobachtungen über die Farbenblindheit der Netzhaut-Peripherie macht er darauf aufmerksam, dass die nor-

male Rothblindheit der mittleren und die totale Farbenblindheit der äussersten Netzhautzone nicht aus dem Fehlen der Rothfasern in ersterer, der Roth- und Grünfasern in letzterer erklärt werden kann. Er nimmt deshalb an, dass überall auf der Netzhaut die drei Fasergattungen vorhanden sind, dass aber die Unterschiede der Erregbarkeit der Fasergattungen gegen homogene Lichter in der Netzhautmitte am grössten sind und nach dem Aequator hin kleiner werden.

Die verschiedenen Typen von Farbenblindheit erklären sich danach so: es kann erstens der Fall vorkommen, dass die Erregbarkeit der Roth- und Grünfasern nicht verschieden ist, so dass beide immer gleichzeitig und gleich stark erregt werden; Roth und Grün werden dann nie mehr getrennt empfunden, sondern immer zusammen als Mischfarbe, d. h. als Gelb. So entsteht der eine Typus der Rothgrünblindheit. Es kann zweitens der Unterschied der Erregbarkeit der Roth- und Blaufasern fehlen, dann haben wir den zweiten Typus der Rothgrünblindheit, und es kann schliesslich der Unterschied der Erregbarkeit der Grün- und Blaufasern fehlen, dann haben wir die Blaugelbblindheit. Die totale Farbenblindheit aber würde entstehen, wenn alle drei Fasergattungen gleich erregbar wären.

Soweit ich ersehen kann, ist Fick's Theorie der Farbenblindheit die einzige, welche alle Thatsachen ungezwungen erklären kann. Es ist ihr bisher auch nur ein sachlicher Einwand gemacht worden, und zwar von v. Kries, der bei seinen Untersuchungen über Rothgrünblinde gefunden zu haben angibt, dass die für die Blaufasern zu construierende Erregungcurve für die beiden Typen der Rothgrünblinden übereinstimmt, während sie nach Fick verschieden sein müssten. Sieht man aber die v. Kries'schen Blaucurven näher an, so bemerkt man, dass die Uebereinstimmung doch sehr zu wünschen übrig lässt. Die Möglichkeit scheint mir nicht ausgeschlossen, dass fortgesetzte Untersuchungen doch den nach Fick zu erwartenden Unterschied der Blaucurven liefern. Uebrigens gibt auch Helmholtz in der zweiten Auflage seiner physiologischen Optik eine der Fick'schen Theorie analoge Erklärung der partiellen Farbenblindheit, freilich ohne dabei zu erwähnen, dass diese Erklärung von Fick herrührt.

Sehr wichtige Beiträge hat Fick zur Lehre vom zeitlichen Verlauf der Netzhauterregung gegeben. Er knüpft an an die Thatsache, dass bei intermittirender Netzhautreizung hinreichende Successionsgeschwindigkeit der Reize eine gleichmässige Empfindung zu Stande

kommen lässt, und dass nach dem Talbot'schen Satze dann der continuirliche Eindruck dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während jeder Periode eintreffende Licht gleichmässig über die ganze Dauer der Periode vertheilt würde. Aus diesen Sätzen folgerte er durch logische Schlussfolgerung, dass nicht nur nach Aufhören des Lichtreizes die Erregung der gereizten Netzhautstelle, wie man schon wusste, noch einige Zeit anhält, sondern dass auch die Erregung bei momentanem Entstehen eines Lichtreizes nicht sofort ihre volle Intensität erreicht, sondern dazu einige Zeit braucht. Diese Erscheinungen bezeichnete er als Abklingen und Anklingen der Netzhauterregung. Aus den bekannten Erscheinungen der rotirenden Scheibe mit weissen und schwarzen Sektoren konnte er das Gesetz des An- und Abklingens der Erregung noch näher feststellen.

Hier sind weiter zu erwähnen seine grundlegenden Betrachtungen über die Augenbewegungen. In dem Aufsätze hierüber weist er nach, dass wie überhaupt über Muskelbewegung, so auch über die Augenbewegungen nicht in Bausch und Bogen abgesprochen werden kann ohne eine eingehende, eigentlich mathematische Betrachtung. An dem gewählten Beispiel, den Augapfelbewegungen, erörtert er dann, wie man die Contractionsenergien berechnen könne, die man den sechs äusseren Augenmuskeln beilegen müsste, wenn ein Drehbestreben um eine bestimmte geforderte Achse resultiren soll. Er findet, dass es für jede Achse unzählige Combinationen von Contractionsenergien gibt, die ein Drehbestreben um dieselbe zur Folge haben. Um das Problem zu einem bestimmten zu machen, stellt er ein Hilfsprincip auf: unter jenen unzähligen Combinationen, welche das Verlangte leisten, hat in der Natur diejenige Realität, welche es mit der geringsten Gesamtanstrengung leistet. Wenn ferner einer der sechs Muskeln weggedacht wird, dann lässt sich alle Mal ein kegelförmiger Raum angeben, der die Achsen enthält, um welche dann kein Drehungsbestreben mehr hervorgebracht werden kann. Im Lichte des hier aufgestellten Principis erschien die auffallende Lagerung der beiden Musculi obliqui, deren teleologische Erklärung schwierig war, als zweckmässig. Wäre sie anders, so würde bei den meisten Lagen der Sehachsen die Orientirung minimalen Kraftaufwandes enorme Raddrehungen in entgegengesetztem Sinne erfordern, welche das Sehen mit zwei Augen sehr verwirren müssten.

Zur Dioptrik des Auges lieferte er ausser einigen kleineren Beiträgen über die chromatische Abweichung und über Unregelmässig-

keiten der brechenden Flächen noch zwei beachtenswerthe Schriften. In seiner Dissertation zeigte er, dass gewisse optische Täuschungen durch verschieden starke Krümmung der Flächen in verschiedenen Meridianen bedingt sein konnten, und er lieferte damit einen Beitrag zur Begründung der Lehre vom normalen Astigmatismus. In der Abhandlung über Periscopie berechnet er, dass für schief in's Auge einfallende Strahlenbündel der Ort des kleinsten Querschnitts der Brennstrecke in die Netzhaut fällt, und dass dieser kleinste Querschnitt die Stelle eines punktuellen Bildes vertritt. Dies gilt aber nicht für das reducirte Auge, bei welchem die ganze Brennstrecke des schief auffallenden Strahlenbündels vor die Netzhaut fällt.

Zur Messung des intraocularen Druckes gab Fick ein sehr sinnreiches Instrument, das Ophthalmotonometer an. Es wird zur Druckmessung ein kleines, ebenes Plättchen gegen die Augenwand von aussen her gedrückt, so stark, dass die Wand da, wo das Plättchen aufliegt, gerade platt gedrückt wird. Dann ist der auf das Plättchen ausgeübte Druck, der aus dem Grade der Verbiegung einer mit dem Plättchen verbundenen Feder zu entnehmen ist, gleich dem von innen auf die Augenwand einwirkenden Druck.

Sehr lesenswerthe zusammenfassende Darstellungen aus dem Gebiete der physiologischen Optik und der Lehre von der Lichtempfindung hat Fick in seiner medicinischen Physik und im dritten Bande von Hermann's Handbuch der Physiologie gegeben; dieselben enthalten manche neue und originelle Betrachtungsweise. Erwähnt sei, dass er in der medicinischen Physik schon vor Donders das Maassprincip für die Accommodation gegeben hat.

Die Physiologie des Gehörorgans wurde von ihm bereichert durch einige grundlegende Untersuchungen über die Resonanz des Trommelfells. Er construirte einen Phonautographen, dessen Schallmembran in allen wesentlichen Punkten den anatomischen Verhältnissen des natürlichen Trommelfells möglichst genau nachgebildet war. Aus einer dicken Holzplatte wurde ein kreisförmiges Stück ausgesägt, die Oeffnung durch eine trichterförmig eingestülpte Pergamentmembran oder ein Goldschlägerhäutchen verschlossen, und ein Holzleistchen radiär, entsprechend dem Hammerstiel des Trommelfells, auf die Membran aufgeklebt. Von der Mitte des Holzleistchens geht ein Faden zu einem in die Holzplatte eingelassenen Wirbel; dieser Faden stellt die Sehne des Tensor tympani dar, durch denselben kann die Membran stärker oder schwächer gespannt werden. An die Holz-

leiste ist ein Schilfstreifen befestigt zur Aufzeichnung der Schwingungen. Dieser Phonograph nimmt, wie die Aufzeichnung der Schwingungen ergibt, alle Schallwellen auf. Ein starker Pistolknall gibt keine grösseren Excursionen als einfache Töne von geringer Kraft; die Membran schwingt demnach nicht aperiodisch, jedem Anstosse proportional, sondern durch Resonanz der summirten Luftschwingungen mit. Fick denkt sich, dass die spannenden Kräfte, welche auf den Hammerstiel von der Membran ausgeübt werden, nicht von der ganzen Membran, sondern von einzelnen Faserzügen ausgehen. Er hält es für möglich, dass Gruppen solcher Faserzüge getrennt und unabhängig von einander mitschwingen, je nach Länge und Spannung, wenn verschiedene Töne auf sie auftreffen. Demnach hat das Trommelfell den Zweck, mit Begünstigung regelmässig periodischer Schwingungen den Hammerstiel und dadurch den Steigbügel in solche Mitschwingungen zu versetzen, die an Frequenz und Form den einwirkenden Luftschwingungen vollkommen gleichen.

Auf dem Gebiete der Physiologie des Kreislaufs waren es hauptsächlich zwei Fragen, die Fick beschäftigten, erstens die Frage nach dem Verlaufe der pulsatorischen Blutdruckschwankungen, zweitens die Frage nach den pulsatorischen Aenderungen der Blutbewegungsgeschwindigkeit.

Zur Untersuchung des Blutdrucks war vor Fick ausschliesslich das von Ludwig angegebene Quecksilbermanometer verwendet worden, das aber den Verlauf der Blutdruckschwankungen nicht getreu wiedergeben konnte, weil es zu viel träge Masse hatte. Fick suchte daher einen Wellenzeichner zu construiren, der weniger Entstellung der Curven durch Trägheit der zu bewegenden Masse gab. So entstand zunächst das Hohlfederanometer: eine kreisförmig gekrümmte hohle Messingfeder mit elliptischem Querschnitt, die sich streckt, wenn in der Höhlung der Druck steigt. Die mit Alkohol gefüllte Höhlung wird mit dem Blutgefäss durch geeignete Röhren in Communication gebracht. Das eine Federende ist fest, das andere macht den Blutdruckschwankungen entsprechende Bewegungen, die auf ein Hebelwerk übertragen und so aufgezeichnet werden.

Später construirte er das Flachfederanometer: auf eine bandförmige Stahlfeder, deren eines Ende festgestellt ist, deren anderes Ende mit einem die Verbiegung der Feder vergrössernd wiedergebenden Schreibhebel verbunden ist, wird der Blutdruck übertragen

durch eine Schneide oder Pelotte, die auf einer Kautschukmembran befestigt ist; die Membran verschliesst ein kleines mit Wasser gefülltes Glas- oder Metallröhrchen, das mit dem Blutgefäss communicirt. Die Communication mit dem Blutgefäss wurde hergestellt durch eine Glasröhre, die in älteren Versuchen mit Luft gefüllt war; später benutzte er Flüssigkeitsfüllung.

Mit diesem Manometer untersuchte er nun die Blutdruckschwankungen in verschiedenen Arterien. Dabei ergab sich unter Anderem das Bemerkenswerthe, dass das Minimum des Blutdruckes in der Aorta kleiner sein kann als in peripheren Arterien.

Zur Geschwindigkeitscurve gelangte Fick durch folgendes sinnreiche Verfahren. Er zeichnete die Volumschwankungen eines Armes auf, indem er den Arm in einen Blechcylinder steckte. Der im Uebrigen mit Wasser gefüllte Blechcylinder war nach aussen vollständig verschlossen bis auf eine kleine Oeffnung, die durch eine Communication mit einem Wassermanometer verbunden war. Das Manometer gab die Volumschwankungen des Armes an und zeichnete sie durch einen Schwimmer auf. Fick hat da schon das Verfahren angewendet, das später von Mosso ausgearbeitet wurde und als Plethysmographie bekannt geworden ist. Die Volumschwankungen beruhen darauf, dass das Blut durch die Arterie mit wechselnder Geschwindigkeit einfließt. Die Aenderungen der Bewegungsgeschwindigkeit ergeben sich aus dem Grade der Steilheit des Anstiegs und Abstiegs der Volumcurve. Construiert man also eine zweite Curve, deren Ordinatenwerthe der Steilheit der ersten Curve entsprechen, so hat man die Curve der Geschwindigkeitsänderung. Es ergab sich, dass das so bestimmte Geschwindigkeitsmaximum in der Arteria radialis nicht mit dem pulsatorischen Druckmaximum zeitlich zusammenfiel. Daraus konnte Fick — einem Gedanken v. Kries' folgend — den Schluss ziehen, dass Reflexionen der Pulswelle in der Peripherie des Gefässsystems erfolgen müssen.

In dem Aufsätze über den Dikrotismus des Pulses macht er darauf aufmerksam, dass die Ursache des Dikrotismus in einer negativen Welle liegen könnte, die durch Zurückströmen von etwas Blut in's Herz vor dem Schlusse der Aortenklappen zu Stande käme; durch schematische Versuche an einem Gummischlauche veranschaulicht er diesen Vorgang.

Ebenfalls auf Grund von Versuchen an einem dem Gefässsystem in den wesentlichsten Punkten nachgebildeten Schema kommt er zu

der Folgerung, dass im Blutgefässsystem von der Aorta bis zu den Capillaren ein sehr unbedeutendes Gefälle herrschen muss, so dass in diesen noch nahezu derselbe Blutdruck, wie in den Arterien, herrscht; in den Anfängen der Venen sinkt er dann sehr rasch zu den in den Venen mittleren Calibers beobachteten geringen Werthen. Diese Folgerung ist freilich auf Widerspruch gestossen, die Frage, wo das grösste Gefälle ist, hat bis jetzt noch keine übereinstimmende Beantwortung gefunden; aber Fick's Verdienst wird es immer bleiben, zu jener Frage durch seine Ueberlegungen und Versuche die Anregung gegeben zu haben, und seine Folgerungen bestehen auch sicher insofern wenigstens zu Recht, als auf dem Wege von den grossen bis zu den kleinsten Arterien das Gefälle nur ein sehr geringes sein kann.

Ueber die Erregungsleitung im Herzmuskel liegt noch ein sinnreiches Experiment von Fick vor. Er spaltete den Ventrikel des Froschherzens beliebig durch Zickzackschnitte und konnte danach doch noch eine Fortpflanzung der Contraction von jedem Stücke nach jedem Anderen beobachten. Dies musste darauf zurückgeführt werden, dass die Erregungsleitung im Herzen direct von Muskelzelle auf Muskelzelle erfolgt.

An der Discussion über die Ursache der Vermehrung der rothen Blutkörperchen an hochgelegenen Orten betheiligte er sich, indem er darauf aufmerksam machte, dass dies nicht nothwendiger Weise durch Vermehrung der Neubildung derselben bedingt sein müsse, sondern dass ebensowohl verlängerte Lebensdauer derselben die Vermehrung verursacht haben könnte.

In der Lehre von der Athmung bereicherte er uns mit einem Apparate zur Registrirung der Erweiterung des Thoraxdurchmessers, dem Pneumographen, d. i. ein Tastercirkel, dessen längere Schenkel mit ihren Enden den zu untersuchenden Thoraxpunkten angelegt werden, während die kurzen Schenkel einen Stempel in einem Glasrohr bewegen; diese Bewegung wird durch Luftübertragung einer Marey'schen Schreibtrommel mitgetheilt.

Hinsichtlich des Mechanismus der Athmung tritt er der herrschenden Annahme entgegen, dass der abdominale Athemtypus beim Manne, der costale beim Weibe vorkommt. Er macht auf die Thatsache aufmerksam, dass bei willkürlich ausgeführten rein diaphragmalen Athemzügen, die auszuführen bei einiger Uebung nicht schwer ist, der Querdurchmesser des Thorax unten nicht ver-

grössert, sondern verkleinert wird, während beim normalen Athmen dieser Durchmesser sich vergrössert. Er hält daher das sogenannte abdominale Athmen wesentlich bedingt durch die Wirkung der Intercostalmuskeln in der unteren Thoraxhälfte, während das sogenannte costale Athmen hervorgebracht wird durch vorwiegende Wirkung der oberen Intercostalmuskeln. Er zeigt, dass auch der Mann manchmal den sogenannten costalen Athemtypus aufweist.

Entsprechend seiner vorwiegend mathematisch-physikalischen Begabung hat Fick sich hauptsächlich mit solchen Problemen in der Physiologie beschäftigt, die Aussicht boten, durch physikalische Methoden gefördert zu werden; auf dem Gebiete der physiologischen Chemie hat er keine ausgedehnteren Untersuchungen angestellt. Doch liegen auch hier einige kleinere Abhandlungen von ihm vor, die zum Theil interessante neue Beobachtungen enthalten, zum Theil durch eigenartige Gedanken anregend wirken.

Einige von diesen Arbeiten beschäftigen sich mit der Eiweissverdauung durch Pepsin. Fick wies nach, dass die Schiff'sche Theorie der Ladung der Magenschleimhaut mit peptogenen Stoffen falsch ist; er beobachtete, dass kein Unterschied in der Verdauung von geronnenem und ungeronnenem Eiweiss besteht; er stellte fest, dass das Magenferment der Kaltblüter von dem der Warmblüter verschieden sein müsse, da ersteres zwischen 0° und 40° C. gleiche Verdauungskraft zeigt, während letzteres unter 10° unwirksam ist; er fand, dass das Pepsin sich an die zu verdauenden Eiweisskörper anheftet, so dass es nicht abgespült werden kann.

Eigenartige Gedanken hat er über den Eiweissstoffwechsel, über die Wirkungsart der Fermente und über die Fettverbrennung geäussert.

Was zunächst den Eiweissstoffwechsel anlangt, so stellte er sich vor, dass nur ein Theil des Nahrungseiweiss im Körper zum Aufbau der Gewebe verwendet würde, und zwar das Eiweiss, das nicht bis zu den Peptonen verdaut würde. Die Peptone, so meint er, würden nicht zum Eiweissaufbau verwendet, sondern in der Leber in einen stickstofffreien Bestandtheil, der dann weiter im Körper verbrenne, und in die stickstoffhaltigen Endproducte des Stoffwechsels verwandelt. Um diese Auffassung auf ihre Richtigkeit zu prüfen, veranlasste er seinen Schüler Goldstein, zu untersuchen, ob bei Hunden, denen die Nieren extirpirt worden waren, nach

Injection von Pepton in's Blut eine grössere Ansammlung von Harnstoff im Blute auftritt als ohne diese Injection oder als nach Injection von Eiweiss. Die wenigen von Goldstein angestellten Versuche schienen für Fick's Auffassung zu sprechen; die Untersuchung wurde jedoch nicht zu Ende geführt.

Ueber die Wirkungsart der Fermente hatte er sich folgende Ansicht gebildet. Er dachte sich, dass die Verdauungsfermente in der Art wirkten, dass jedes zu spaltende Molekül mit dem Ferment in Berührung kommen müsse, um gespalten zu werden, dass dagegen die Gerinnungsfermente nicht mit jedem einzelnen zu verändernden Molekül in Berührung kämen, sondern dass bei der Gerinnung sich der Vorgang von einem veränderten Molekül auf andere fortpflanze. Diese Ansicht stützte er auf Beobachtungen über die Geschwindigkeit, mit der sich der Vorgang abspielt; die Gerinnung tritt, auch wenn das Ferment gar nicht mit der gerinnbaren Flüssigkeit vollständig vermischt wird, so schnell ein, dass Fick es nicht für möglich hielt, dass das Ferment zu jedem gerinnbaren Molekül gelangt sein könnte.

Ueberlegungen über die Bedeutung des Fettes in der Nahrung führten ihn zu der Ansicht, dass es zwei Arten von Verbrennung im Körper geben müsse, die physiologisch verschiedenwerthig sind. Die eine Art von Feuerung, die der Kesselfeuerung einer Dampfmaschine zu vergleichen ist, soll zur Arbeitsleistung dienen, die andere, die als Ofenfeuerung aufgefasst wird, soll nur der Heizung des Körpers dienen. Für die erstere Art von Feuerung wären Kohlehydrate, für die zweite wäre Fett das günstigste Brennmaterial. Dass diese beiden Arten von Stoffen, obwohl sie sich bei den Verbrennungen vertreten können, ungleiche physiologische Bedeutung haben, schliesst er aus der Thatsache, dass in der von der Natur für das Kind geschaffenen Nahrung, der Milch, sowohl Fett als Kohlehydrat in bestimmten Mengen vorhanden ist.

Den Bericht über die physiologischen Schriften Fick's beschliesse ich mit einem kurzen Hinweis auf die von ihm verfassten Lehrbücher. Es sind dies das Compendium der Physiologie, das Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane, und die Capitel „Specielle Bewegungslehre, Dioptrik, Lichtempfindung“ in Hermann's Handbuch der Physiologie. Alle diese Bücher weisen

in der Art der Darstellung ihres Gegenstandes etwas Charakteristisches auf, das wohl am deutlichsten in dem für den Anfänger geschriebenen Compendium zum Ausdruck kommt. Fick's Bemühen ist hier, nicht einfach Thatsachen aufzuzählen, nicht Memoranda zu geben, sondern ein lesbares Buch zu schreiben, und in möglichst zusammenhängender und möglichst deductiv dogmatischer Darstellung ein Bild vom leiblichen Leben des Menschen zu geben. Einzelheiten, die nicht in Zusammenhang gebracht werden können mit dem allgemeinen Geschehen im menschlichen Körper, sind daher nicht in den Bereich der Darstellung gezogen. Grosser Werth ist dagegen gelegt auf allgemeine Betrachtungen, durch die gezeigt wird, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, wenn der Zweck eines Organes erfüllt sein soll; auch werden die physiologischen Lehrsätze möglichst gefolgert aus grossen, am lebenden Menschen augenfälligen Erscheinungen, weniger aus künstlichen vivisectorischen Versuchen. Fick verstand es übrigens ganz vortrefflich, in sehr gewählter und schöner Sprache zu schreiben, ohne deshalb aber in den Fehler einer romanhaften Darstellung wissenschaftlicher Gegenstände zu verfallen; im Gegentheil, seine Schriften sind ausgezeichnet durch Klarheit und logische Schärfe. Dies fand auch ganz besondere Anerkennung. So schreibt du Bois-Reymond in einem Briefe an Fick: „Ich habe Ihre Darstellungsweise immer bewundert und bei jeder Gelegenheit gerühmt,“ und Helmholtz sagt ihm: „Ich wünschte, Sie könnten mir etwas von Ihrem Talent, Bücher zu schreiben, abgeben.“

Eines der von Fick verfassten Lehrbücher bedarf nun aber noch besonderer Erwähnung, weil es in seiner Art einzig dasteht und ein geradezu klassisches Werk ist. Es ist bisher noch nicht mit aufgezählt worden, weil es nicht auf rein physiologischem Gebiete liegt; es ist die „Medicinische Physik“. Durch seine mathematisch-physikalische Ausbildung, durch seine Arbeiten auf dem Grenzgebiete der Physik und Physiologie erschien Fick, wie kaum ein anderer, besonders befähigt, ein Buch zu schreiben, in welchem diejenigen Lehren der Physik, die ausserhalb des Kreises des gewöhnlichen Elementarunterrichts liegen, und die dennoch dem Mediciner unentbehrlich sind, in einer auch dem nicht mathematisch geschulten Verstande fasslichen Form darzustellen waren, und er ist dieser Aufgabe in glänzender Weise gerecht geworden. „Flickwerk“, so nennt Fick selbst zwar in seiner bescheidenen Weise das Buch, weil er es nur als eine Ergänzung zu den Lehrbüchern der Physik geschrieben hat,

und weil es daher den systematischen Zusammenhang vermissen lässt, lediglich dazu bestimmt, die Lücken in der physikalischen Ausbildung der Mediciner zuzustopfen. Aber dieses Flickwerk erweist sich dem Sachkundigen als eine Reihe von klassischen Aufsätzen über Theile der Physik, die in physikalischen Lehrbüchern nur kurze oder gar keine Beachtung finden, und deren Darstellung eine mühevoll Arbeit war, weil es galt, schwierige physikalische Lehren ohne Hülfe der mathematischen Symbolik fasslich darzustellen. — Unter dem Eindruck dieses Buches stellte Virchow auf der Naturforscher-Versammlung in Tübingen Fick dem greisen Uhland vor mit den Worten: „Das junge Licht der Physiologie.“

Aus den physikalischen und philosophischen Abhandlungen Fick's hebe ich nur kurz hervor, was für uns hier besonderes Interesse haben dürfte.

In der Physik ist es die Lehre von der Diffusion, an deren Entwicklung Fick sehr wesentlich mitgearbeitet hat. Seine Versuche führten ihn dazu, die Ausgleichung verschiedener Flüssigkeiten durch structurlose Scheidewände hindurch zu unterscheiden von der Ausgleichung durch poröse Scheidewände. Die Gesetze der eigentlichen Endosmose durch structurlose Membranen untersuchte er an Colloidhäutchen; er findet, wenn wässrige Salzlösung gegen Wasser diffundirt, den Wasserstrom sowohl wie den entgegengesetzten Salzstrom der Lösungsdichtigkeit nahezu proportional. Bei der Diffusion durch Thonscheidewände ist die Stärke des Salzstromes auch der Lösungsdichtigkeit proportional, der Wasserstrom aber nicht, sondern dieser hat ein Minimum für Lösungen von etwa 3%, um von da mit zunehmender und mit abnehmender Lösungsdichtigkeit zu wachsen. Bei thierischen Membranen kommen, wie Fick meint, die beiden Vorgänge der eigentlichen Endosmose und der Porendiffusion neben einander vor. Der aus diesen Befunden abgeleitete Satz, dass die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit eines bestimmten Flüssigkeitsquerschnitts diffundirende Salzmenge gleich dem Konzentrationsunterschied mal einer Constanten ist, ist noch jetzt in der Physik als das Fick'sche Grundgesetz der Diffusion bekannt.

Interessant ist die Ansicht, die Fick in einer populär-wissenschaftlichen Abhandlung über den bedeutendsten Fortschritt der Naturwissenschaften seit Newton äussert. Er sieht den Fortschritt in Weber's Gesetz des Aufeinanderwirkens elektrischer Theilchen. Nach diesem Gesetze sind bekanntlich die Kräfte, mit denen elek-

trische Theilchen auf einander anziehend oder abstossend wirken, nicht nur abhängig von der Entfernung der Theilchen von einander, sondern auch von der Geschwindigkeit ihrer Bewegung gegen einander. Fick hält es nun für unwahrscheinlich, dass eine so fundamentale Erscheinung bloss auf die elektrischen Theilchen beschränkt sei; er zeigt, dass man das Gesetz für andere Arten des Aufeinanderwirkens von Massen verallgemeinern könne, und dass die Verallgemeinerung des Weber'schen Gesetzes eine wichtige Ergänzung des Newton'schen Gesetzes bedeute.

Von den philosophischen Schriften Fick's dürfte eine der wichtigsten diejenige sein, in welcher er Stellung zum Darwinismus nimmt. Er erkennt darin zwar an, dass Darwin's Theorie in dem Sinne Rechenschaft von der Zweckmässigkeit der organischen Natur gibt, als keinerlei geheimnissvolle Macht mehr angenommen zu werden braucht, welche neben oder entgegen der Wirkung mechanischer Kräfte dafür sorgte, dass die höchst verwickelten zweckmässigen organischen Formen im Laufe der Generationen aus einfacheren hervorgingen. Die Darwin'sche Theorie kann aber nicht den Anspruch machen, die Entstehung der Arten oder irgend eine andere Lebenserscheinung mechanisch erklärt zu haben, denn bei ihr ist ja gerade das, was der mechanischen Erklärung bedarf, Voraussetzung und Erklärungsgrund, nämlich die Vererbung und die Variabilität. Die Darwin'sche Theorie gibt keinen Aufschluss über die Art und Weise, wie im werdenden Organismus durch richtende und ordnende Kräfte die Moleküle so gelagert werden, dass ein dem Elternorganismus ähnlicher Tochterorganismus mit geringen Variationen entsteht, aber gerade nach diesen Kräften hat die mechanische Erklärung der Phylognese zu fragen. Der Kampf um's Dasein ist eine negative Potenz, er kann nie etwas schaffen; die positive Ursache des Wachstums liegt in der besonderen Lage der Atome der lebendigen Substanz, über die der Darwinismus nichts aussagt. Fick vergleicht die Entstehung der Arten mit der Gestaltveränderung eines Baumes, der seine Aeste nur in zwei Dimensionen entwickeln kann, weil alle nach anderer Richtung auswachsenden Aeste vom Gärtner abgeschnitten werden. In diesem Falle entspricht die Gärtnerscheere dem Kampf um's Dasein; die Ursache, dass die Aeste wenigstens in jenen beiden Dimensionen wachsen, liegt aber nicht im Beschneiden der anderen Aeste, sondern in der Beschaffenheit des Baumes.

Die übrigen hierher gehörigen Aufsätze fallen meist in das Grenzgebiet der Physik und der Philosophie und haben hauptsächlich die

Grundbegriffe der Mechanik zum Gegenstande; auf diese näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

An der Discussion öffentlicher Angelegenheiten betheiligte sich Fick auch in hervorragendem Maasse. Von seinen Aufsätzen hierüber dürfte an dieser Stelle von besonderem Interesse sein, was er über die Frage der Vorbildung zum medicinischen Studium und über die Alkoholfrage geäußert hat.

In der ersten Frage sehen wir ihn als eifrigen Verfechter der Zulassung der Realschulabiturienten zum Studium der Medicin. Nicht als ob er kein Freund humanistischer Bildung gewesen wäre, oder als ob er Kenntnisse in den alten Sprachen gering geschätzt hätte — er überraschte oft durch seine Belesenheit in den Werken griechischer Autoren, deren Aussprüche er mit Vorliebe citirte —, sondern weil er der Ueberzeugung war, dass die humanistische Ausbildung auf den Realschulen nicht geringer ist als auf dem Gymnasium, und dass über der einseitigen Beschäftigung mit den alten Sprachen die mathematische und naturwissenschaftliche Ausbildung der Gymnasiasten zu kurz käme. Die mathematische Vorbildung verlangte er aber als die einzig mögliche sichere Grundlage der medicinischen Bildung, weil Gegenstand der medicinischen Wissenschaft Bewegungsvorgänge materieller Massen in Raum und Zeit sind, und weil die einzige wissenschaftliche Form, solche Vorgänge zu erforschen und darzustellen, die mathematische ist. Er beruft sich da auf den Ausspruch Kant's, welcher sagt: „Ich behaupte, dass in jeder besonderen Naturlehre nur so viel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist.“ Der Einwendung, dass die gegenwärtigen Mittel der Mathematik nicht genügen zur Darstellung der verwickelten organischen Vorgänge, tritt er entgegen, indem er hervorhebt, dass die Logik, welche aus dem erwähnten Grunde die mathematische Ausbildung der Mediciner für nutzlos hält, der Logik mancher Schuldner gleicht, die, weil sie nicht alle ihre Schulden tilgen können, lieber gar nichts bezahlen, als dass sie die Mittel, welche sie besitzen, wenigstens zur Abtragung einiger Schulden verwenden. In den Kreisen der Aerzte, welche sich ja überwiegend gegen die Zulassung der Realschüler zum Studium der Medicin ausgesprochen haben, findet man oft Urtheile über die Leistungen der Realschulen, die nur auf Unkenntniss des Lehrplans dieser Schulen beruhen können; man hält sie für eine Art Handwerkerschulen. Diesen Urtheilen

gegenüber muss das von Fick gefällte Urtheil um so höher veranschlagt werden, als es auf eine sehr genaue Kenntniss der Realgymnasien gegründet ist, die er sich erwerben konnte, weil er öfter von seiner vorgesetzten Behörde zu den Abiturientenprüfungen auf solchen Schulen als Regierungscommissar beordert worden war. Kurz vor seinem Tode wurde ihm noch die Freude zu Theil, dass endlich die so lange erstrebte Freigabe des medicinischen Studiums für Realgymnasiasten erfolgte.

In der Alkoholfrage sehen wir ihn als einen eifrigen Förderer der Abstinenzbewegung. Durch einen Aufsatz Bunge's aus dem Jahre 1887 auf diese Frage besonders aufmerksam gemacht, ist er seitdem eifrig bemüht, durch belehrende Aufsätze und Vorträge die öffentliche Meinung in Deutschland gegen den Alkohol aufzurütteln, und um seine Agitation wirksamer zu gestalten und mit gutem Beispiel voranzugehen, enthält er sich von da ab selbst ganz der alkoholischen Getränke. Welche Bedeutung er dieser Frage beilegt, geht hervor aus einem Briefe an Bunge, in dem er schreibt: „Die Enthaltensamkeitsbewegung in Nordamerika ist das Wichtigste, was in diesem Augenblicke in der Welt vorgeht.“ Und in einem Aufsätze über die Alkoholfrage sagt er: „Der Kampf gegen den Alkohol ist die bedeutendste Erscheinung unseres Zeitalters. Denn dieser Kampf hat zum Zweck, durch freie vernünftige Entschliessung in kurzer Frist einen Zustand der Menschheit herbeizuführen, der sonst durch die natürliche Zuchtwahl zwar ganz sicher, aber erst nach unsäglichen Qualen vieler Tausende von Menschen eintreten wird.“

Unter den Schriften Fick's über öffentliche Angelegenheiten hat für den Physiologen schliesslich noch ein kleiner Aufsatz Interesse, der betitelt ist: „Plaudereien eines Physiologen über die Männerkleidung.“ In derselben zieht er mit beissendem Spott gegen die herrschende Tracht los, gegen die papiersteifen Hemdkragen, die langen Hosen, die Weste und den Frack resp. Rock. Er verurtheilt diese Tracht nicht nur aus ästhetischen, sondern vor Allem auch aus physiologischen Gründen, und schlägt eine den physiologischen Anforderungen mehr entsprechende Tracht vor, die etwa der gegenwärtig in Sportskreisen verbreiteten Kleidung entspricht.

So war Fick als Lehrer und Forscher. Das hier von ihm gegebene Bild würde aber ein unvollständiges sein, wollte ich nicht auch davon erzählen, was er uns als Mensch gewesen ist.

Fick war von einer seltenen Lauterkeit des Charakters. Er liess sich bei seinen Handlungen stets leiten von hohen Idealen, er war sich seiner sittlichen Verpflichtungen immer bewusst und nahm dieselben sehr ernst. Grosse Offenheit und Ueberzeugungstreue einerseits, ungemeines Wohlwollen andererseits und gemüthvolle Antheilnahme an dem Geschicke Anderer zeichneten ihn in seinem Verkehr mit seinen Mitmenschen aus.

Gross war insbesondere auch das persönliche Interesse, das er seinen Schülern und jugendlichen Mitarbeitern entgegenbrachte. Wie so viele andere, habe auch ich dies, während ich sein Assistent war, in hervorragendem Maasse erfahren. Nicht nur stand er uns bei der Arbeit mit Rath und That zur Seite und stellte uns die Hilfsmittel seines Instituts uneingeschränkt zur Verfügung, sondern auch in allen anderen Dingen war er stets bemüht, uns zu helfen und förderlich zu sein, wo und wie er immer konnte. Vertrauensvoll durfte man sich jederzeit an ihn wenden und fand in ihm stets und in allen Angelegenheiten einen freundlichen und entgegenkommenden Berather. Insbesondere zeigte er auch immer eine reine und neidlose Freude an den Arbeiten und Erfolgen seiner Schüler.

Fick war von ungemeiner Selbstständigkeit in seinen Urtheilen über Menschen und Dinge. Er suchte sich nicht nur in seiner engeren Fachwissenschaft, sondern auch auf allen anderen Gebieten sein Urtheil durch Quellenstudium zu verschaffen. Selbstverständlich kam er dadurch oft zu anderen Ansichten als den landläufigen. Was er aber einmal als richtig erkannt hatte, das vertrat er auch rückhaltlos und oft mit grosser Schärfe, ohne Rücksicht darauf, ob er Widerspruch erregte oder nicht. Aber er blieb bei seinen Discussionen immer sachlich, wurde trotz seiner oft grossen ironischen Schärfe niemals persönlich ausfallend. Das freie Wort, die Freiheit der Anschauungen, die er für sich in Anspruch nahm, sah er aber auch bei Anderen gern. „Mir spricht schon überhaupt in allen Gebieten der mit dem historisch Gewordenen nicht pactirende Radicalismus und Rationalismus immer zu Herzen,“ so äussert er sich einmal in einem Briefe an Bunge, in dem er die Alkoholfrage berührt. Die offene Kühnheit der Ironie hat er übrigens, wie ich den Mittheilungen des Herrn Geheimrath Pflüger entnehme, in seinen jungen Jahren, als Student, in noch höherem Maasse gehabt als später.

Modethorheiten, unnöthiger conventioneller Zwang, überhaupt alles Unnatürliche am Menschen waren ihm ein Greuel, und er ging

scharf dagegen an. Während seines Aufenthalts in Berlin beging er das damals Unerhörte, dass er in Strohhut mit blauem Bande unter den Linden erschien. Das erregte grossen Anstoss, denn Jemand, der sich so jugendlich weltmännisch kleidete, konnte damals auf eine ernste Beurtheilung als Bewerber um einen Lehrstuhl keinen Anspruch machen.

Der Widerspruchsgeist, der in dieser Weise bei Fick oft zu Tage trat, darf indess durchaus nicht als durch Ueberschätzung der eigenen Meinung bedingt angesehen werden. Fick war nichts weniger als eitel, im Gegentheil, er war im Grunde genommen sehr bescheiden. In seinem Wesen zeigte er nichts von Gelehrtenhäut, wie man ihn nicht selten in Professorenkreisen findet. Er beschränkte seinen Verkehr desshalb auch nicht auf die akademischen Kreise, sondern suchte Berührung und Verkehr auch mit anderen Berufskreisen, besonders mit Technikern und Kaufleuten, deren Verdienste um die culturelle Entwicklung unseres Volkes er nicht geringer schätzte als die der Gelehrten. Aeussere Anerkennung seiner Thätigkeit wurde ihm öfter zu Theil, aber er legte wenig Werth darauf und ging, wenn möglich, jeder ihm zugedachten Ovation aus dem Wege. Für seine Verdienste waren ihm einige Orden verliehen worden, darunter auch der bayerische Kronenorden, mit dem der persönliche Adel verknüpft ist; er lehnte es aber ab, das Adelsprädicat zu führen. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dass zahlreiche wissenschaftliche Gesellschaften ihn durch Ernennung zum correspondirenden oder Ehrenmitglied ausgezeichnet hatten; von diesen nenne ich nur die Akademien zu Berlin, München, Stockholm, Florenz, Upsala u. A. Die Leopoldinische Akademie hatte ihm die goldene Cotheniusmedaille verliehen, und die philosophische Facultät der Universität Leipzig ernannte ihn zum Ehrendoctor.

Für die Lebensanschauungen Fick's besonders charakteristisch sind seine Urtheile über Schriftsteller. Seine Lieblinge waren Kant, Schopenhauer, Voltaire, Shakespeare, Byron. Goethe's Faust und überhaupt das Goethe'sche sich „darleben und ausleben“, sowie die damit übereinstimmende Nietzsche'sche Herrenmoral hasste und verachtete er tief; das stand in Widerspruch mit seinen sittlichen Anschauungen. Musik liebte er sehr; hier war es besonders die sinnige Musik eines Beethoven und Mozart, die ihn anzog. Grosse Concerte konnte er nicht leiden; Wagner'sche Musik erklärte er für ein unangenehmes Geräusch. Ferner

hatte er grosses Kunstinteresse, das durch den anregenden Verkehr mit Männern wie Semper, Lübke, Billroth besonders genährt worden war. Er zeichnete, aquarellirte und modellirte selbst sehr gut, hatte überhaupt grosses technisches Geschick, das ihm insbesondere auch bei seinen experimentellen Arbeiten sehr zu statten kam; die ersten Exemplare der von ihm erfundenen Apparate hat er sich selbst mit einfachen Mitteln zusammengebaut.

Seine ideale Gesinnung und Gesittung bewies er auch im politischen Leben, an dem er regen Antheil nahm. Er war freisinnig im guten Sinne, aber die „freisinnige Partei“ sagte ihm nicht recht zu, weil er bei dieser die positive Mitarbeit an der nationalen Entwicklung des Deutschthums vermisste. Er war ein glühender Patriot in grossdeutschem Sinne. Schon als Student in Marburg machte er Propaganda für den Gedanken, dass Deutschland unter Preussens Führung geeinigt werde. In Zürich wurden seine grossdeutschen Ideen besonders genährt durch den anregenden Verkehr mit den achtundvierziger Flüchtlingen, aber die spätere Entwicklung der Dinge sagte ihm nicht zu, weil er lieber die Einigung sämtlicher deutscher Stämme gesehen hätte, insbesondere war ihm der Ausschluss der Deutsch-Oesterreicher bei der Reichsgründung sehr schmerzlich. Er wendete seine Interessen allen den Vereinigungen zu, die für die nationale Weiterentwicklung wirken, besonders dem Alldeutschen Verbands, dem Schulverein und der Colonialgesellschaft.

Während des Züricher Aufenthalts, im Jahre 1862, führte Fick seine Gattin Emilie v. Cölln heim. Er lebte mit ihr in überaus glücklicher Ehe. Sie war eine echt deutsche Frau, die ganz in ihrer Familie aufging, und die keine Schonung für sich kannte, wo es galt, für ihren Gatten und ihre Kinder zu sorgen. In ihrem gastlichen Hause fand aber auch der Fremde stets freundliche und liebevolle Aufnahme.

Der Ehe sind fünf Kinder entsprossen, die sich unter der liebevollen Fürsorge der Eltern zu deren Freude entwickelten. Um so schmerzlicher wurde die Familie betroffen durch die schweren Schicksalsschläge, die der frühe Tod zweier der Kinder im blühenden Lebensalter brachte. Die noch lebenden drei Kinder sind in angesehener Lebensstellung, der älteste Sohn, von Beruf Jurist, ist angestellt bei einem grossen industriellen Unternehmen in Mannheim,

der zweite ist Professor der Anatomie in Leipzig, und die Tochter ist verheirathet mit Dr. Gudden in Pützchen bei Bonn, dem Sohne des bekannten Münchener Psychiaters.

Bei Fick hatten sich schon frühzeitig Erscheinungen gezeigt, die auf eine Verkalkung der Arterienwände hinwiesen. Schon im Jahre 1869 hat er Böhm, seinem damaligen Schüler gegenüber, auf seine Pulscurve deutend, geäußert: „Sie sollen sehen, an diesem Dächelchen der Curve gehe ich zu Grunde.“ Glücklicher Weise dauerte der Process länger, als er selbst gefürchtet hatte, und das Atherom machte ihm auch nie sonderliche Beschwerden. Im Gegentheil, er machte stets einen sehr rüstigen Eindruck, und nach seinem Rücktritt vom Amte erholte er sich sogar sehr und nahm an Frische zu. Ende Juli des vorigen Jahres hatte er sich in das Seebad Blankenberghe begeben, um dort im Kreise seiner Familie einige Tage der Ruhe zu verleben. Da stellten sich am 19. August plötzlich Lähmungserscheinungen der rechten Körperseite ein. Es war eine Gehirnblutung eingetreten, die in zwei Tagen den Tod herbeiführte.

Unerwartet starb er, viel zu früh für seine Familie und für uns. Was uns trösten kann, ist vielleicht der Umstand, dass er einen Tod fand, wie er selbst sich ihn gewünscht hat. Nicht lange vor seinem Tode sprach er mir gegenüber einmal die Befürchtung aus, dass er an Altersschwäche langsam dahinsiechen werde. Dem lebhaften und überaus thätigen Manne war es ein schrecklicher Gedanke, mit zunehmender körperlicher und geistiger Schwäche zur Unthätigkeit verurtheilt zu werden. Dieser Schmerz ist ihm durch seinen frühen und plötzlichen Tod erspart geblieben.

Seine Gattin hat ihn nicht lange überlebt. Sie hat den schweren Verlust nicht ertragen können, zwei Wochen später ereilte sie ein Herzschlag!

Wenn Fick auch nicht mehr unter uns weilt, so wird er uns doch nie vergessen sein. Den Dank aber, den wir ihm schulden, können wir ihm nicht besser bezeigen, als dass wir ihn uns stets vor Augen halten als leuchtendes Vorbild treuester Pflichterfüllung in der Berufsthätigkeit und opferfreudigster Hingabe im Dienste für sein Volk, im Dienste für die Menschheit.

A n h a n g.

Verzeichniss der Publicationen Adolf Fick's.

I. Lehrbücher und Sammelwerke.

1. Medicinische Physik. Braunschweig. 1. Aufl. 1856; 3. Aufl. 1885.
2. Compendium der Physiologie. Wien. 1. Aufl. 1860; 4. Aufl. 1890.
3. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Lahr 1862.
4. Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867.
5. Mechanische Arbeit und Wärme-Entwicklung bei der Muskelthätigkeit. Leipzig 1882.
6. Specielle Bewegungslehre im Handbuch der Physiologie von Hermann. Leipzig 1879.
7. Dioptrik und Lichtempfindung im Handbuch der Physiologie von Hermann. Leipzig 1879.

II. Fortlaufende und Sammel-Werke.

1. Referate über medicinische Physik in Cannstadt's Jahresbericht. 1852—1867.
2. Untersuchungen aus dem phys. Laboratorium Zürich. 1869.
3. Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium Würzburg. 1873—78.
4. Myothermische Untersuchungen aus den physiologischen Laboratorien zu Zürich und Würzburg. Wiesbaden 1889.

III. Einzelne Schriften.

A. Physiologische Schriften.

a. Muskelwirkungen. Gelenkmechanik.

1. Statische Betrachtung der Muskulatur des Oberschenkels. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 9. 1849.
2. Ueber Gelenke mit sattelförmigen Flächen. Ebenda Bd. 4. 1854.
3. Ueber die Anheftung der Muskelfasern an die Sehnen. Müller's Arch. 1858.
4. Ueber die Methode der Bestimmung von Drehungsmomenten der Muskeln. Arch. f. Anat. (u. Physiol.) 1889. Suppl. S. 281.
5. Bemerkungen zur Mechanik der Erhebung auf die Zehen. Pflüger's Archiv Bd. 75. 1899.

b. Muskelarbeit und Muskelwärme.

1. Ueber die Längenverhältnisse der Skelet-Muskelfasern. Moleschott's Untersuchungen Bd. 7. 1859.
2. Ein neues Myographion. Züricher Vierteljahrsschr. 1862.
3. Versuche über die Temperaturen bei Tetanus. Mit Billroth. Ebenda. 1863.

4. Ueber die Entstehung der Muskelkraft. Mit J. Wislicenus. Ebenda. 1865.
5. Untersuchungen über Muskelarbeit. Basel 1867.
6. Ueber die Wärme-Entwicklung beim Starrwerden des Muskels. Mit Dybkowsky. Züricher Vierteljahrsschrift. 1867.
7. Experimenteller Beitrag zur Lehre von der Erhaltung der Kraft bei der Muskelzusammenziehung. Untersuchungen d. physiol. Lab. Zürich 1869.
8. Ueber die Elasticitätsänderung des Muskels während der Zuckung. Pflüger's Archiv Bd. 4. 1871.
9. Ueber die Wirkung des Veratrins auf die Muskelfaser. Würzburger Verhandlungen. 1872.
10. Einige Demonstrationen zur Erläuterung der Muskelarbeit. Würzburger Verhandlungen. 1872.
11. Ueber die Wärme-Entwicklung bei der Zusammenziehung des Muskels. Festschrift für C. Ludwig. 1874.
12. Ueber die Wärme-Entwicklung bei der Muskelzuckung. Pflüger's Arch. Bd. 16. 1878.
13. Myothermische Fragen und Versuche. Würzburger Verhandlungen. 1884.
14. Mechanische Untersuchung der Wärmestarre des Muskels. Ebenda. 1884.
15. Versuche über Wärme-Entwicklung im Muskel bei verschiedenen Temperaturen. Ebenda. 1885.
16. Myographische Versuche am lebenden Menschen. Pflüger's Archiv Bd. 41. 1884.
17. Versuche über isometrische Muskelzuckungen. Ebenda Bd. 45. 1889.
18. Ein zu physiologischen Untersuchungen verwendbares Dynamometer. Pflüger's Archiv Bd. 50. 1891.
19. Neue Beiträge zur Kenntniss von der Wärme-Entwicklung im Muskel. Pflüger's Archiv Bd. 51. 1892.
20. Einige Bemerkungen zu Engelmann's Abhandlung über den Ursprung der Muskelkraft. Pflüger's Archiv Bd. 53 und Bd. 54. 1893.
21. Ueber die Abhängigkeit des Stoffumsatzes im tetanisirten Muskel von seiner Spannung. Pflüger's Archiv Bd. 57. 1894.
22. Ueber die Arbeitsleistung des Muskels durch seine Verdickung. Würzburger Verhandlungen. 1895.
23. Myographische Versuche am lebenden Menschen. Pflüger's Archiv Bd. 60. 1895.
24. Bemerkungen zu Dr. H. Frey's Untersuchung „über den Einfluss des Alkohols auf die Muskelermüdung“. Correspondenzblatt f. Schweizer Aerzte. 1896.

c. Elektrische Muskel- und Nervenerregung.

1. Ueber theilweise Reizung der Muskelfasern. Mole-schott's Untersuchungen Band 2. 1856.

2. Einige Bemerkungen über die neuere Elektrotherapie vom physikalisch-physiologischen Standpunkt. Wiener medic. Wochenschrift 1856.
3. Vorläufige Ankündigung einer Untersuchung über die Physiologie der glatten Muskelfasern. Wiener medic. Wochenschr. 1860.
4. Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritablen Substanzen. 1863.
5. Vorläufige Ankündigung einer Untersuchung über die Abhängigkeit der Muskelarbeit von der Stärke des Nervenreizes. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1862 Bd. 46.
6. Fernere Ergebnisse einer Untersuchung über elektrische Nervenreizung. Ebenda Bd. 47. 1863.
7. Dritte Fortsetzung einer Untersuchung über elektrische Nervenreizung. Ebenda Bd. 48. 1863.
8. Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. Braunschweig 1864.
9. Beitrag zur Physiologie des Elektrotonus. Züricher Vierteljahrsschr. 1865.
10. Die übermaximalen Zuckungen betreffend. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1869.
11. Ueber das Abklingen des Elektrotonus. Unters. Lab. Zürich. 1869.
12. Studien über elektrische Nervenreizung. Gratulationschrift der medicinischen Facultät Würzburg für E. H. Weber. 1871.
13. Studien über elektrische Nervenreizung. Würzburger Verhandlungen. 1871.
14. Ueber quere Nervendurchströmung. Würzburger Verhandlungen. 1876.
15. Ueber den Ort der Reizung bei schräger Durchströmung der Nerven. Ebenda. 1877.
16. Zur verschiedenen Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelpreparate. Pflüger's Arch. Bd. 30. 1883.
17. Neuer Universalcommutator. Würzburger Sitzungsberichte. 1895.
18. Neuer Apparat zur Erzeugung summirter Zuckungen. Pflüger's Archiv Bd. 69. 1897.

d. Specielle Nervenphysiologie.

1. Ueber die Empfindlichkeit des Rückenmarks gegen elektrische Reize. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1867.
2. Ueber die Reizbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge. Pflüger's Archiv Bd. 2. 1869.
3. Einige Bemerkungen über Reflexbewegungen. Pflüger's Archiv Bd. 3. 1870.
4. Hat Veränderung der Temperatur des im Hirn circulirenden Blutes Einfluss auf die Centra der Herz- und Gefässnerven? Pflüger's Archiv Bd. 5. 1872.

e. Sinnesphysiologie.

α. Gesicht.

1. Tractatus de errore quodam optico asymmetria bulbi effecto. Dissertation. Marburg 1851.
2. Erörterung eines physiologisch-optischen Phänomens. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 2. 1852.
3. Ueber die unempfindliche Stelle der Netzhaut im menschlichen Auge, zusammen mit P. du Bois-Reymond. Müller's Archiv. 1853.
4. Das Mehrfachsehen mit einem Auge. Zeitschr. f. rat. Medic. Bd. 5. 1855.
5. Die Bewegungen des menschlichen Augapfels. Zeitschr. f. rat. Medicin Bd. 4. 1853.
6. Noch eine Notiz über Augenmuskeln. Ebenda Bd. 5. 1854.
7. Einige Versuche über die chromatische Abweichung des Auges. Gräfe's Archiv Bd. 2. 1856.
8. Neue Versuche über die Augenstellungen. Moleschott's Untersuchungen Bd. 5. 1858.
9. Ueber den zeitlichen Verlauf der Erregung in der Netzhaut. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863.
10. Zur Theorie der Farbenblindheit. Würzburger Verhandlungen. 1873.
11. Zur Periskopie des Auges. Pflüger's Archiv Bd. 19. 1879.
12. Ueber die Farbenempfindungen. Deutsche Rundschau. 1880.
13. Ueber die Messung des Drucks im Auge. Pflüger's Archiv Bd. 42. 1888.
14. Zur Theorie des Farbensinns bei indirectem Sehen. Pflüger's Archiv Bd. 47. 1890.
15. Zur Theorie der Farbenblindheit. Pflüger's Archiv Bd. 64. 1896.
16. Kritik der Hering'schen Theorie der Lichtempfindung. Würzburger Sitzungsber. 1900.

β. Gehör.

1. Ueber den Mechanismus des Paukenfells. Würzburger Verhandlungen. 1886.
2. Zur Phonographik. Festschr. f. C. Ludwig. 1887.

γ. Tastsinn.

1. Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Tastsinns. Moleschott's Untersuchungen Bd. 7. 1860.

f. Blut. Kreislauf.

1. Ueber die Kräfte im Gefäßsystem. Wiener med. Wochenschr. 1857.
2. Ein neuer Blutwellenzeichner. Archiv f. Anat. und Physiol. 1864.
3. Ueber die Form der Blutwelle. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1864.

4. Die Geschwindigkeitscurve in den Arterien des lebenden Menschen. Untersuchungen des physiol. Lab. Zürich. 1868.
5. Ueber die Messung des Blutquantums in den Herzventrikeln. Würzburger Sitzungsber. 1870.
6. Ueber den Kreislauf des Blutes. Vorträge von Virchow-Holtzendorff. 1872.
7. Ueber die Schwankungen des Blutdrucks in verschiedenen Abschnitten des Gefässsystems. Würzburger Verhandlungen. 1872.
8. Erregungsleitung im Herzmuskel. Würzburger Sitzungsberichte. 1874.
9. Ein neuer Wellenzeichner. Festschr. d. med. Facult. Würzburg für Rienecker. 1877.
10. Experimenteller Beitrag zur Lehre vom Blutdruck. Festschrift z. 300jährigen Jubiläum der Universität Würzburg. 1882.
11. Eine Verbesserung des Blutwellenzeichners. Pflüger's Archiv Bd. 30. 1883.
12. Die Druckcurve und die Geschwindigkeitscurve in der Arteria radialis des Menschen. Würzburger Verhandlungen 1886.
13. Ueber die Blutdruckschwankungen im Herzventrikel bei Morphinumarkose. Verh. d. Congr. f. inn. Med. Bd. 5. 1886.
14. Ueber den Druck in den Blutcapillaren. Pflüger's Archiv Bd. 42. 1888.
15. Ueber den Dikrotismus des Pulses. Ebenda Bd. 49. 1891.
16. Bemerkungen über die Vermehrung der Blutkörperchen an hochgelegenen Orten. Pflüger's Arch. Bd. 60. 1895.

g. Athmung.

1. Ein Pneumograph. Würzburger Verhandlungen. 1872.
2. Ueber die Athmungsmechanismen. Ver. f. Naturk. Kassel 1886.
3. Einige Bemerkungen über den Mechanismus der Athmung. Würzburger Sitzungsber. 1897.

h. Verdauung. Ernährung.

1. Bemerkungen über Pepsinverdauung und das physiologische Verhalten ihrer Producte. Würzburger Verhandlungen. 1871.
2. Ueber die Schicksale der Peptone im Blute. Pflüger's Arch. Bd. 5. 1872.
3. Ueber das Magenferment kaltblütiger Thiere. Würzburger Verhandlungen. 1873.
4. Ueber die Bedeutung des Eiweiss in der Nahrung. Deutsche Revue. 1883.
5. Ein Hund nach Schilddrüsenexstirpation. Würzburger Sitzungsber. 1887.

6. Ueber die Anziehung des Pepsins durch Eiweisskörper. Ebenda. 1889.
7. Ueber die Wirkungsart der Gerinnungsfermente. Pflüger's Archiv Bd. 45. 1889.
8. Zu P. Walther's Abhandlung über Fick's Theorie der Labwirkung etc. Pflüger's Arch. Bd. 49. 1891.
9. Ueber die Bedeutung des Fettes in der Nahrung. Würzburger Sitzungsber. 1892.

i. Thierische Wärme.

1. Ueber thierische Wärme. Zeitschr. f. rat. Medicin. 1854. Bd. 5.

k. Technik.

1. Ueber eine neue Methode, mikroskopische Objecte zu zeichnen. Zeitschrift f. rat. Med. 1853.

l. Necrologe.

1. Nachruf auf C. Ludwig. Biographische Blätter. 1895.
2. Nachruf auf E. du Bois-Reymond. 1897.

B. Physikalische und Philosophische Schriften.

1. Versuch einer Erklärung der Ausdehnung der Körper durch die Wärme. Poggend. Annal. 1854. Bd. 91.
2. Neue Ausstellung am Begriffe des endosmotischen Aequivalentes. Ebenda Bd. 91. 1854.
3. Ueber Diffusion. Ebenda Bd. 94. 1855, und Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 6. 1856.
4. Ueber Endosmose. Moleschott's Untersuchungen. 1857.
5. Ueber das Jürgensen'sche Phänomen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861.
6. Die Naturkräfte in ihren Wechselbeziehungen. Würzburg. 1869.
7. Das Weltall als Vorstellung. Würzburg. 1870.
8. Ueber das Princip der Zerstreuung der Energie. Würzburger Verhandlungen. 1875.
9. Ueber die der Mechanik zu Grunde liegenden Anschauungen. Ebenda. 1879.
10. Ueber den Darwinismus. Würzburger Rectoratsrede. 1879.
11. Das Grössengebiet der vier Rechnungsarten. Ein erkenntnisstheoretischer Versuch. Leipzig 1880.
12. Versuch einer physischen Deutung der kritischen Geschwindigkeit in Weber's Gesetz. Würzburger Verhandlungen. 1881.
13. Philosophischer Versuch über Wahrscheinlichkeit. Würzburg 1883.
14. Ursache und Wirkung. Ein erkenntnisstheoretischer Versuch. Kassel 1882.
15. Hypothese über die Entstehung des Blitzes. Würzburger Sitzungsber. 1884.

16. Ueber den bedeutendsten Fortschritt der Naturwissenschaften seit Newton. Deutsche Revue. 1884.
17. Ueber den Druck im Inneren von Flüssigkeiten. Zeitschr. f. physik. Chemie. 1890.
18. Die stetige Raumerfüllung durch Masse. Würzburger Verhandlungen. 1891.

C. Schriften über Vorbildung der Mediciner, Alkoholfrage u. a.

1. Plaudereien eines Physiologen über die Männerkleidung. „Literatur“ 1874.
2. Betrachtungen über die Gymnasialbildung. Pädagog. Archiv. 1876.
3. Ueber die Vorbildung des Arztes. Ebenda. 1878.
4. Ueber die Vorbildung zum Studium der Medicin. Berlin 1883.
5. Ueber den Alkohol. Socialkorrespondenz 1888.
6. Zur Mittelschulreform. Deutsches Wochenblatt. 1891.
7. Ansprache eines Universitätslehrers an die akademische Jugend über den Beruf des deutschen Studententhums. 1886.
8. Der Alkohol als Genuss- und Arzneimittel. Internat. Monatsschr. zur Bekämpf. d. Trinksitten. 1894.
9. Offener Brief an Pfarrer Martius. Ebenda. 1891.
10. Vorschlag für die Mitglieder des Alkoholgegnerbundes. Ebenda. 1894.
11. Die Alkoholfrage. Würzburg. 2. Aufl. 1894.

Von den aus Fick's Laboratorium hervorgegangenen Abhandlungen seiner Schüler seien noch folgende als die wichtigsten erwähnt:

- Wunderli, Temperaturempfindung. 1859.
 J. J. Müller, Drehpunkt des menschlichen Auges. 1868.
 Schmulewitsch, Verhalten des Kautschuks zur Wärme und Belastung. 1866.
 Tachau, Wellenzeichner. 1864.
 Chaperon, Chininwirkung. 1869.
 Goldstein, Wärmedyspnoë. 1871.
 Badoud, Hirneinfluss auf den Druck in Lungenarterien. 1874.
 Bour, Verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Präparate. 1875.
 Fick, E. A. und Weber, E., Schultergelenkmuskeln. 1876.
 Mertschinsky, Wärmedyspnoë. 1881.
 Danilewski, Thermodynamische Untersuchungen. 1880.
 Wegele, Athmungshemmung. 1881.
 Blix, Umsatz von Wärme in Arbeit bei der Muskelcontraction. 1885.
 Sogalla, Analyse der Zuckungcurve. 1889.