

Ueber die Beziehungen der Physik und der Physiologie.

Rede gehalten bei der Einweihung des physikalischen und physiologischen Instituts der Universität Freiburg i. B. am 14. Mai 1891.

Von

J. v. Kries,

Director des physiologischen Instituts.

Hochansehnliche Versammlung!

Von Seiten Sr. Magnificenz ist bereits dem Danke Ausdruck gegeben worden, zu welchem die Feier des heutigen Tages uns gegenüber den verschiedenen bei der Planung und Herstellung dieser neuen Anstalten beteiligten Factoren verbindet. Es versteht sich wohl von selbst, dass das Gefühl freudiger und dankbarer Erhebung in dem Gemüthe desjenigen besonders stark ist, dem die Verwerthung und Leitung eines dieser Institute zunächst anvertraut ist. Um so reiner darf dasselbe im gegenwärtigen Augenblick zur Geltung kommen, wenn eine zwar erst kurze, aber doch in mancher Hinsicht schon entscheidende Erfahrung gezeigt hat, wie wohl sich Unterricht und wissenschaftliche Untersuchung in den neuen Räumen fühlen können und wie so manches hier gelingt, was an weniger günstigem Platze kaum versucht werden konnte. Begreiflich wäre es freilich trotzdem, wenn den frohen Empfindungen ein gewisses Gefühl der Beklommenheit sich beimischte. Ist es doch eine nicht leichte und eine sehr verantwortungsvolle Aufgabe, deren Lösung wir heute begrüßen. Sehr bedeutende Mittel sind aufgewendet worden und die äusseren Verhältnisse, in denen der physiologische Unterricht und die physiologische Forschung an der hiesigen Hochschule stattzufinden haben wird, sind damit, menschlicher Berechnung nach, für eine lange Reihe von Jahren fixirt. Wird sich alles als gut und zweckdienlich erweisen? Werden sich Mängel herausstellen, die vielleicht dauernd als Hin-

derungen und Störungen sich geltend machen? Werden unvorhergesehene Anforderungen gestellt werden, denen die geschaffenen Einrichtungen nicht genügen? Erst eine längere Erfahrung kann das zeigen; derartige Erwägungen aber, die wohl überall bei der Errichtung einer neuen Anstalt sich aufdrängen, sind bei einem physiologischen Institute ganz besonders nahe liegend. Denn kaum kann man irgendwo weniger in der Lage sein, sich nach einem bekannten und bewährten Muster zu richten. Fast alle deutschen Hochschulen sind im Laufe der letzten 25 Jahre mit physiologischen Laboratorien versehen worden; aber fast keines gleicht dem andern, und man ist vielleicht bei keiner Kategorie wissenschaftlicher Anstalten so weit davon entfernt geblieben, dass sich ein einheitlicher bestimmter Typus für sie herausgebildet hätte. In der Gestaltung der Institute prägt sich meist deutlich aus, welches die von dem Erbauer und Leiter vorzugsweise cultivirte Arbeitsrichtung ist. Das eine finden wir gefüllt mit anatomischen und zootomischen Präparaten, mit Mikroskopen und Mikrotomen, Injectionsapparaten und Farbstoffen, kurz mit dem ganzen Hilfsapparat der morphologischen Forschung, von welchem der Physiologe in seiner Art Gebrauch macht. In einem zweiten begegnen wir Retorten und Destillationsapparaten, Büretten, Waagen, umfangreichen Sammlungen chemischer Präparate u. s. w. In einem dritten herrschen Galvanometer und Inductionsapparat, Helio-stat und Spectroskop. Ein viertes gleicht einer Thierklinik; in hohen und hellen Sälen befinden sich die Käfige, in denen operirte oder sonst einem Versuch unterworfenen Thiere beobachtet und gepflegt werden; ein eingehogter Gartenplatz gestattet, die vierfüßigen Patienten sich im Freien tummeln zu lassen. Durchgängig sehen wir die hauptsächlich verfolgten Zwecke schon in der baulichen Anlage, in der Gestaltung und Vertheilung der Räume, ja schon in der Behandlung der Umgebung mehr oder weniger ausgeprägt. Wenige Institute sind es, in denen versucht ist, durch Organisation verschiedener Abtheilungen nach allen Richtungen hin vollständig und brauchbar zu sein; und hier ist dann leicht die Einheitlichkeit des Ganzen in so hohem Grade preisgegeben worden, dass auch damit wieder schwerwiegende Uebelstände verknüpft waren.

Unzweifelhaft nun findet die Mannigfaltigkeit der Gestaltung unserer Anstalten ihre Begründung und bis zu einem gewissen Grade ihre Rechtfertigung in der Natur unserer Wissenschaft. Die Gesichtspunkte der Forschung und namentlich auch die Methoden sind

so verschiedenartig, dass wohl Niemand ihnen allen mit völliger Sicherheit gegenübersteht. Hierzu kommt noch, dass auch die Unterrichtsaufgaben den verschiedenen physiologischen Anstalten nicht ganz gleich zugemessen sind. Der mikroskopisch-anatomische Unterricht, ebenso der physiologisch-chemische wurden bis vor Kurzem vielfach und werden noch auf einigen deutschen Hochschulen in den physiologischen Anstalten ertheilt, während doch der erstere zumeist den Anatomen, der letztere sehr häufig einem besonderen Lehrer der physiologischen Chemie anvertraut ist.

Wiewohl also hierin eine gewisse Verschiedenartigkeit der Institute und ihrer Einrichtungen gewiss ihre Legitimation findet, so hat man auf der anderen Seite mit Recht es auch tadelnswerth gefunden, wenn Jemand bei der Erbauung einer neuen Anstalt dieselbe gar zu sehr jeweiligen Verhältnissen und individuellen Neigungen anpasste. Es wird niemals leicht sein, hier ganz das Richtige zu treffen.

Was dieses Institut anlangt, so hat die Ausdehnung der Anlage gestattet, den Bedürfnissen des physiologischen Unterrichts und der Forschung in mannigfacher Weise gerecht zu werden, und es ist versucht worden, von vorn herein für alle diejenigen Erfordernisse Sorge zu tragen, welche besondere bauliche Einrichtungen erheischen. So ist zunächst für die demonstrative Ausrüstung der Vorlesung durch die zweckentsprechende Einrichtung des Hörsaals und seine Verbindung mit den Institutsräumen gesorgt. Es sind ferner für vivisektorische Versuche, für optische und photographische Arbeiten, für Quecksilberarbeiten und Gasanalyse, für die Aufbewahrung und Beobachtung von Thieren solche Einrichtungen getroffen worden, wie sie für derartige Zwecke gewünscht werden können.

Während es nicht leicht sein würde, diese Räume ihren ursprünglichen Bestimmungen zu entfremden, ist eine erhebliche Zahl anderer so beschaffen, dass sie für sehr verschiedene Zwecke benutzt werden können. So könnten z. B. die zunächst für Uebungsarbeiten experimenteller Natur bestimmten Räume sehr gut, vermöge ihrer günstigen Lichtverhältnisse, auch zu mikroskopischen Cursen benutzt und sie könnten auch ohne erhebliche Schwierigkeit für physiologisch-chemische Uebungen hergerichtet werden. Wiewohl ich daher hoffe, dass der Anlage dieses Institutes nicht der Vorwurf einer besonderen Exklusivität oder Einseitigkeit gemacht werden wird, so liegt es doch in der Natur der Dinge und der Verhält-

nisse, dass nicht sogleich alles in vollem Umfange hat hergestellt und eingerichtet werden können, worauf in der Anlage des Baues Bedacht genommen worden ist. Stärker also, als vielleicht in einigen Jahren der Fall sein wird, tritt gegenwärtig noch das Uebergewicht derjenigen Arbeitsrichtung hervor, welche schon vor meiner Zeit an dem hiesigen Institut vorzugsweise cultivirt wurde, und welcher auch ich mich mehr als anderen zugewendet habe.

Es ist dies das Studium aller derjenigen Erscheinungen des thierischen Lebens, welche wir mit physikalischen Methoden erforschen und deren Deutung wir im Anschlusse an physikalische Thatsachen und Gesetze suchen können. Es wird sich dies dem Sachkundigen theils in der Gestaltung unseres Besitzstandes an Instrumenten, zum Theil auch darin verrathen, dass in baulicher Beziehung auf derartige Studien etwas mehr Rücksicht genommen ist, als es sonst in physiologischen Instituten zu geschehen pflegt. Ich denke, wie gesagt, nicht, dass diese Eigenheit unserer Anstalt als ein unauslöschlicher Stempel aufgeprägt sein soll. Da sie jedoch im Augenblick die Physiognomie des Instituts einigermaßen bestimmt, und da die Anpassung an die genannten Zwecke in mancher Beziehung gerade durch die äusserliche Verknüpfung mit einem physikalischen Institut und die Aehnlichkeit seiner Erfordernisse erleichtert wurde, so mag es der heutigen Gelegenheit nicht unangemessen sein, wenn ich im Anschluss an die hier verwirklichte bauliche Verbindung zweier Anstalten mir Ihre Aufmerksamkeit für einige Betrachtungen über die Beziehungen und den Zusammenhang der beiden hier verknüpften Wissenschaften, der Physik und der Physiologie, erbitte.

Natürlich können die Beziehungen zweier Wissenschaften unter sehr verschiedenen Gesichtspunkten erörtert werden und ich kann hier nicht daran denken alles, was sich in dieser Hinsicht über Physik und Physiologie sagen lässt, irgendwie zu erschöpfen. Speciell muss ich auf die vielleicht interessanteste Seite des Gegenstandes, auf die allgemeinen Unterschiede des Objectes und der Methode, welche etwa die Wissenschaft vom Belebten einerseits und vom Unbelebten andererseits aufweisen mögen, als ein für die heutige Gelegenheit zu schwieriges und zu umfangreiches Gebiet verzichten. Vielmehr möchte ich mich zunächst auf die einfachere Frage beschränken, in welcher Weise jede dieser Wissenschaften in ihrer Entwicklung durch die Errungenschaften und Bestrebungen der anderen beeinflusst worden ist.

In dieser Hinsicht wird nun zunächst die Physiologie, wie sie ja überhaupt vielleicht mehr als irgend eine andere Wissenschaft mit verschiedenartigsten Hülfen zu arbeiten hat, auch den Nutzen und die Förderung, die ihr durch die Physik zu Theil wurden, dankbar und rühmend anerkennen müssen. Prüfen wir die Art dieses Einflusses genauer, so lassen sich, wie mir scheint, dabei etwa drei verschiedene Fälle sondern.

Wir können, um hier mit der vielleicht am wenigsten bedeutungsvollen und jedenfalls äusserlichsten Art des Zusammenhanges zu beginnen, zunächst an die zahlreichen Fälle erinnern, in denen die Physiologen sich die von der Physik oft zu ganz anderen Zwecken ausgebildeten methodischen Hilfsmittel zu eigen gemacht haben. Als HELMHOLTZ es unternahm, die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der sich die Erregungsvorgänge im Nerven fortpflanzen, stand ihm für diese Zwecke die Zeitmessungsmethode *POUILLET's* zur Verfügung und gestattete die Bewältigung der noch kurz zuvor für unlösbar gehaltenen Aufgabe. Zahlreiche besondere Schwierigkeiten waren dabei immer noch zu überwinden, doch war ohne Zweifel der Besitz einer geeigneten Zeitmessungsmethode der wesentlichste Schritt zur Erreichung des Zieles. Aehnlich sind für die feineren Beobachtungen über die Bildung und Vertheilung der thierischen Wärme die sogen. thermoelektrischen Methoden von unschätzbarem Werth gewesen, welche geringe Temperaturdifferenzen zur Erzeugung elektrischer Ströme verwenden und auf diese Weise Erwärmungen oder Abkühlungen von Bruchtheilen eines Tausendstel Grades noch sicher nachzuweisen gestatten. Nicht minder werden wir hier der Thatsache gedenken dürfen, wie die Beobachtung der thierisch-elektrischen Erscheinungen durch den technischen Fortschritt in der Construction der Bussolen, durch *J. REGNAULD's* Erfindung der unpolarisirbaren Elektroden, neuerdings durch *LIPPMANN's* schöne Erfindung, das Capillar-Elektrometer u. a. gefördert wurde. Ueberhaupt arbeitet ja ein nicht kleiner Theil der physiologischen Forschung mit Hilfsmitteln, die, wie Thermometer, Bussole, Manometer u. a. ursprünglich für physikalische Zwecke erfunden und ausgebildet worden sind. Und wenn wir auch die meisten derselben, unsern Bedürfnissen entsprechend, in eigenartiger Weise modificirt haben, vielfach auch (worauf ich noch zu sprechen komme) das physiologische Erforderniss den Austoss zu höherer Vervollkommnung gegeben hat, so lässt sich doch zur Genüge der Fall beobachten, wie die technischen Fortschritte der Physik

den biologischen Wissenschaften und speciell der Physiologie zu Gute kommen.

Abgesehen nun von diesem Zusammenhange der Physik und Physiologie, der sich auf die technisch-methodische Seite der Forschung bezieht, giebt es in den thierischen Organismen eine ganze Reihe von Vorgängen, welche — auch die eifrigsten Verfechter eigenartiger, dem Leben allein angehöriger Kräfte geben dies zu — sich nach genau denselben physikalischen Gesetzen abspielen, wie sie an der unbelebten Substanz beobachtet werden können. Der Gang der Lichtstrahlen im Auge kann aus der Form und Lagerung der durchsichtigen Körper und ihren Brechungsindices in voller Schärfe berechnet werden; ebenso sind für die Bewegung des Blutes in seinen Gefäßen die Verhältnisse des Druckes und der Reibung in ganz ähnlicher Weise massgebend, wie für den Strom des Wassers in einer Röhrenleitung. Die Gesetze der Erhaltung des Schwerpunktes und das Flächenprincip beherrschen in ähnlicher Weise die Verhältnisse der thierischen Ortsbewegungen. In diesen Fällen nun und so manchen anderen hat die strenge und consequente Anwendung der der Physik geläufig gewordenen Betrachtungsweisen sogleich hingereicht um über die betreffenden physiologischen Vorgänge Licht zu verbreiten.

Versuche dieser Art sind sehr alt, und man wird nicht ohne Willkür sagen können, welches die ersten waren. Hat doch schon BORELLI die Gesetze der Mechanik auf die Locomotion der Thiere nicht ohne Erfolg anzuwenden versucht, schon KEPLER das Auge als eine Camera obscura betrachtet und eine innere Veränderung desselben, welche die wechselnde Einstellung für nahe oder entfernte Objecte ermöglicht, zwar nicht nachweisen können, aber als eine aus den Gesetzen der Optik sich ergebende Nothwendigkeit postulirt. Es hat seitdem an weiteren Versuchen, die Geschehnisse des Organismus vom physikalischen Standpunkte aus zu betrachten, niemals gefehlt. Wollen wir aus neuester Zeit nur einige, alle andern überstrahlende Namen nennen, so werden es diejenigen der Gebrüder WEBER und HELMHOLTZ sein müssen. Die Lehre von der Muskelthätigkeit und Gelenkmechanik überhaupt und speciell von der Ortsbewegung, die Lehre von der Verarbeitung des Lichtes und des Schalles, die in unseren Sinnesorganen stattfindet, sie wurden hier nicht nur begründet, sondern auch sogleich in umfangreicher Weise ausgeführt, im Wesentlichen dadurch, dass die Betrachtungs- und Versuchsweisen der Physik auf die anatomischen

Verhältnisse und die physiologischen Vorgänge stricte zur Anwendung gebracht wurden.

Wenn aber so schon die Behandlung gewisser besonderer physiologischer Aufgaben nach Massgabe physikalischer Betrachtungsweisen von hohem Werthe gewesen ist, so ist diese doch in anderer Beziehung noch von ungleich grösserer Bedeutung für die ganze Entwicklung der Physiologie geworden. Es handelt sich hier, wie leicht errathen werden wird, um die allgemeinen und principiellen Anschauungen, welche zuerst auf dem Boden physikalischer und, wie hinzugefügt werden muss, chemischer Forschung gewonnen, ihre Bedeutung ja vielfach auf alle Zweige des Naturerkennens überhaupt und nicht zum wenigsten auf die biologischen Wissenschaften erstreckt haben. Schon die Grundlagen aller unserer Vorstellungen über materielles Geschehen, die Annahme bestimmter Grundstoffe, gewisser unzerstörbarer, quantitativ und qualitativ unveränderlicher Substanzen, gehören hierher. Man empfindet gegenwärtig schon Schwierigkeit, wenn man versucht sich deutlich zu machen, in welchem Masse z. B. die Lehre von der Ernährung in der Luft schwebte, jeder festen Basis entbehrend, so lange diese Grundanschauungen nicht geklärt und festgestellt waren. Gegenwärtig machen wir uns ohne Schwierigkeit klar, in welchen allgemeinen Formen der Ernährungsprocess sich bewegen muss; wir übersehen, dass, sofern ein Organismus seine Zusammensetzung nicht dauernd verändert, was bei einem erwachsenen und regelmässig ernährten Thiere oder Menschen nicht der Fall ist, dieselben Stoffe, welche als Nahrung dem Organismus zugeführt werden, ihn in den Ausscheidungen wieder, und zwar in gleicher Quantität verlassen müssen. Nur die Art ihrer chemischen Verbindung ist geändert; der ganze Process der Ernährung stellt sich also unter diesem Gesichtspunkt dar als die Ueberführung der betreffenden Substanzen aus einem gewissen Anfangs- in einen Endzustand chemischer Gruppierung.

Noch interessanter ist der Einfluss, den die Auffindung eines anderen ganz allgemeinen Naturgesetzes auf die Physiologie ausgeübt hat, dessen Klarstellung viel jüngeren Datums ist, so dass die weittragende Wirkung der Entdeckung von uns noch deutlicher verfolgt werden kann. Es ist das Princip der Erhaltung der Energie, von dem ich rede, die Lehre, dass bei allen Vorgängen in der gesammten Natur nur die verschiedenen Formen der Energie, die lebendigen und die Spannkräfte verschiedener Art sich in

einander umsetzen, ohne dass ihre Gesammtmenge je vermehrt oder vermindert wird.

Es ist hier nicht der Ort darauf einzugehen, wo die Lehre, die wir gegenwärtig so nennen, ihre ersten Anfänge hat, wie sie in beschränktem Umfange und durch mannigfaltige Verwechslungen noch verdunkelt schon im vorigen und vorvorigen Jahrhundert die Geister beschäftigt hat. Ebenso wenig ist es nothwendig die Frage zu berühren, ob sie gegenwärtig bereits eine als endgültig zu betrachtende Formulirung erhalten hat. Jedenfalls ist durch die Arbeiten von R. MAYER, HELMHOLTZ und JOULE ein Naturgesetz von, wie es scheint, ganz universeller Bedeutung aufgestellt worden, welches an allen bekannten Erscheinungen sich bewährt hat, und dessen Anwendung sich durchgängig als eines der fruchtbarsten Hilfsmittel der Forschung erwies. Die Gültigkeit dieses Gesetzes auch für die belebte Natur ist ohne Zweifel auch für die Physiologie eine der bedeutungsvollsten Thatsachen, die es überhaupt giebt, und die Lehre von der Ernährung, insbesondere von der Bildung und Regulirung der thierischen Wärme, von der Quelle der Muskelkraft, und andere sind in neue Bahnen geleitet oder besser gesagt auf eine ganz andere Grundlage gestellt worden, seitdem man, zunächst in grossen Umrissen, zeigen konnte, dass auch der thierische Organismus keine eigenartige Quelle von Energie sei, vielmehr die ihm zugeführten chemischen Spannkkräfte lediglich in andere Formen der Energie überführe und theils als freie oder latente Wärme, theils als mechanische Arbeit wieder verausgabe. Für unsere gesammten Vorstellungen von den Lebensvorgängen, ja auch für diejenigen über den Zusammenhang des Physischen und Psychischen sind diese Thatsachen von tiefgreifender Bedeutung. Sie sind, wie man sagen darf, die wichtigsten positiven Stützen der Annahme, dass die materiellen Vorgänge eine rein immanente und lückenlose Gesetzmässigkeit aufweisen, ohne dass in dieselbe das psychische Geschehen wie ein fremdartiger Factor einzugreifen vermöchte.

Ein anderer Satz, für die unbelebte Natur von ähnlich durchgreifender Bedeutung wie das Princip der Energie, der zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, das sogen. CARNOT'sche Princip, ist bis jetzt auf die Erscheinungen des Lebens kaum angewendet worden. Ob seine Gültigkeit sich auf dieselben überhaupt erstreckt, ist gelegentlich bezweifelt worden und kann in der That vorderhand nicht als sicher gelten. Die Prüfung dieser Frage wird eine

Aufgabe der Zukunft, vermuthlich sehr schwierig, aber auch von hervorragendem Interesse sein. Wir verdanken hier der Physik vorläufig ein schönes Problem, aber noch kein Ergebniss.

Gerade hier zeigt sich nun aber auch, dass die Uebertragung physikalischer Anschauungen auf das Gebiet der Lebensvorgänge grosse Vorsicht erfordert. Und im Hinblick hierauf darf wohl die Behauptung gewagt werden, dass der Anschluss an die physikalischen Methoden und Betrachtungsweisen gerade da, wo er im stärksten Masse und mit den bedeutendsten Erfolgen stattfand, die Verlockung in sich trug, über das Ziel hinaus zu schiessen. Ich denke hier an die Jahrzehnte, in denen sich die Physiologie aus der Erstarrung befreite, in welcher der unklare alte Begriff der Lebenskraft sie gefangen hielt. Die Sprengung dieser Bande war die nothwendige Voraussetzung für alle Fortschritte, welche überhaupt die Physiologie in den letzten 50 Jahren gemacht hat, und sie vollzog sich ohne Zweifel ganz und gar unter dem Einflusse der exakten Naturwissenschaften, vornehmlich der Physik. Von allem, was diese für die Förderung der Physiologie geleistet hat, ist diese Disciplinirung der Geister gewiss das Bedeutsamste, wenn auch natürlich gerade dieser Einfluss am schwersten sich im Einzelnen verfolgen und fixiren lässt. Leugnen aber lässt sich heute wohl kaum, dass man, unter diesem Winde segelnd, in der Parallelisirung der Lebensvorgänge mit solchen der unbelebten Natur vielfach zu weit gegangen ist. Die Versuche, gewisse Vorgänge bei der Drüsenhätigkeit, wie den hohen Absonderungsdruck des Speichels, die Bildung der freien Salzsäure im Magensaft, auf die auch an todtten Membranen zu beobachtenden Diffusionserscheinungen zurückzuführen, betrachtet man gegenwärtig zumeist als nicht geglückt. Selbst bezüglich des Gasaustausches, der bei der Athmung stattfindet, ist die lange bekämpfte, dann fast allgemein adoptirte Meinung, dass hier nur die Kräfte des Partialdruckes der einzelnen Gase massgebend seien und das Lungengewebe keine specifische Rolle dabei spiele, neuerdings sehr erschüttert worden.

Man pflegt ja zu sagen, dass die wissenschaftlichen Tendenzen dieser Art eine Wellenbewegung zeigen, dass ein im Laufe der Jahrzehnte sich vollziehendes Hin- und Herschwanken zwischen den Extremen sich bemerken lasse. Wiewohl dies gewiss nur mit grossen Einschränkungen richtig ist, so scheint mir doch hier etwas Aehnliches zuzutreffen. Und wenn ich die Signatur der Zeit recht ver-

stehe, so geht gegenwärtig die Tendenz dahin, den Unterschied der Lebensprocesse von den scheinbar ähnlichen der unbelebten Natur wieder schärfer zu betonen. Ja man thut dies zum Theil bereits mit solcher Energie und in solchem Umfange, dass die Vermuthung aufkommen kann, wir näherten uns bereits wieder einem Umkehrpunkt.

Die weittragende Bedeutung, welche die Erkenntniss der anorganischen Natur und die an ihr gewonnenen allgemeinen Einsichten jederzeit auch für die biologischen Wissenschaften gewannen, habe ich mich bemüht, durch einige Beispiele zu illustriren. Ich werde nun die Kehrseite ins Auge zu fassen und die Aufmerksamkeit auf einige Punkte zu lenken haben, in denen umgekehrt auch wieder die Probleme und die Errungenschaften der Physiologie auf den Gang der Schwesterwissenschaft einen Einfluss gewonnen haben.

Vom rein methodologischen Standpunkte aus erscheint es zwar selbstverständlich, dass diese Rückwirkung eine weit geringere sein muss; denn es liegt in der Natur der Sache, dass die organische nicht ohne die anorganische Natur bestehen und nicht ohne Rücksicht auf diese wissenschaftlich behandelt werden kann, während eine Untersuchung der unbelebten Natur ohne jede Rücksicht auf die belebte recht wohl stattfinden kann und thatsächlich in grossem Umfange stattfindet. Indessen hatten wir ja den Standpunkt der Betrachtung nicht so rein theoretisch wählen wollen, und der thatsächliche Gang der Wissenschaft lässt, wie ich glaube, doch auch den Einfluss der Biologie auf die physikalische Forschung an vielen Stellen in nicht uninteressanter Weise erkennen.

Zunächst darf hier daran erinnert werden, dass, wie die Naturwissenschaften überhaupt, so auch Physik und Chemie in alter Zeit im Dienste der Heilkunde standen und von Aerzten überwiegend getrieben wurden. In den dem Menschen werthvollsten Zwecken, der Erhaltung und Wiedergewinnung seiner Gesundheit, hat also jedenfalls ein mächtiger Antrieb auch zu all denjenigen Studien gelegen, welche uns die ersten Elemente physikalischer Kenntniss gewannen; und für den heutigen Besitz der Wissenschaft haben wir hier eine Quelle, deren Bedeutung auch neben anderen, insbesondere den rein mathematischen Studien, nicht gering veranschlagt werden darf.

Gegenwärtig ist nun dies ja längst anders geworden. Die Physik verfolgt ihre Probleme aus rein wissenschaftlichem Interesse

ohne Ausblick auf praktische Zwecke; oder aber wenn sie sich praktische Ziele steckt, so sind es nicht die der Heilkunst, sondern vielmehr die der Technik, ein Gebiet, auf welchem sie ja gegenwärtig die stolzesten Triumphe feiert.

Ganz abgesehen aber von den praktischen Interessen und ihrem Einfluss auf die Wege der wissenschaftlichen Forschung lässt sich nicht verkennen, dass häufig gerade die eigenartige Gestaltung der Vorgänge und Einrichtungen in der organischen Welt oder die besondere Art und Weise wie die lebenden Gebilde sich physikalischen Agentien gegenüber verhalten, den Anstoss zu Untersuchungen und Entdeckungen oder zur Behandlung von Problemen gegeben hat, zu denen man ohne diese Veranlassung kaum gelangt wäre. Das grösste Beispiel dieser Art ist unstreitig die Entdeckung GALVANI's. In der Thatsache, dass die galvanische Elektrizität gerade an den zuckenden Froschschenkeln zuerst beobachtet und genauer studirt wurde, darf man, wie ich glaube, keinen jener seltsamen Zufälle erblicken, die ja die Geschichte der Wissenschaften wie die Weltgeschichte ab und zu aufzuweisen scheint. Vielmehr müssen wir uns gegenwärtig sagen, dass, wiewohl fortwährend elektrische Ströme in unserer Umgebung ohne unser Zuthun entstehen, doch die Bedingungen für ihre Wahrnehmung meist viel zu ungünstig sind, als dass sie ohne schon besonders dazu hergestellte Hilfsmittel gelingen könnte. Von allen Gegenständen, die die Natur uns fertig darbietet, sind es thatsächlich nur die reizbaren thierischen Gebilde, welche zum Theil auf ausserordentlich geringfügige Elektrizitätsbewegungen in höchst auffälliger Weise reagiren. Es ist also einigermassen begreiflich, dass die Entdeckung der galvanischen Elektrizität gerade an ihnen gemacht wurde, und es darf wohl erwähnt werden, dass die Eigenthümlichkeit des motorischen Nerven, durch sehr schnelle und kurz dauernde Veränderungen des elektrischen Stromes in Thätigkeit gesetzt zu werden, ihm, dem physiologischen Rheoskop, eine gewisse Stelle unter den Hilfsmitteln zur Beobachtung elektrischer Ströme bis in die neueste Zeit bewahrt hat.

Ich wüsste keinen zweiten Fall, dass eine physiologische Thatsache für die Physik so bedeutungsvoll geworden wäre. Doch dürfen wir als ein Beispiel ähnlichen Zusammenhanges wohl ein Erscheinungsgebiet hier anreihen, welches gerade in neuester Zeit mit lebhaftem Interesse studirt wird und in ungeahnter Weise bedeutungsvoll geworden ist; es sind dies die Erscheinungen der Diffusion gelöster Stoffe durch Membranen.

Wenn auch die betreffenden Vorgänge gegenwärtig ganz wohl an unorganisirtem Material studirt werden können, so wurden sie doch zuerst an thierischen und pflanzlichen Membranen untersucht und im Ausblick auf biologische Vorgänge genauer analysirt. Alle die wichtigen Vorstellungen, welche die moderne physikalische Chemie an den Begriff des osmotischen Druckes knüpft, dürfen also wohl mit jenen, zuerst von Seiten der Biologie ausgegangenen Anstössen in eine gewisse Verbindung gebracht werden.

Daneben nun lassen sich zahlreiche Fälle von geringerer Wichtigkeit anführen, in denen die Beobachtung der belebten Natur zu Ergebnissen oder zu Fragestellungen führte, die ein weitergehendes und selbständiges Interesse gewannen. Fälle dieser Art sind besonders merkwürdig, wenn, wie es zuweilen vorkommt, der Mensch sozusagen mit seinen Hilfsmitteln einen gleichen Zweck anstrebt, wie ihn die bildende Natur mit ihren ganz andersartigen Methoden erreicht hat. Die Art wie sie dies thut, ist oft höchst überraschend und stets belehrend, wenn sie sich auch nicht immer nachahmen lässt. Es sei gestattet einige Beispiele hierfür anzuführen. Die dioptrischen Effecte des Auges haben, wie vorher schon berührt wurde, mit denjenigen unserer optischen Werkzeuge die grösste Aehnlichkeit. Der Bau der Krystalllinse im Wirbelthierauge ist, wie seit längerer Zeit bekannt, vor Allem dadurch merkwürdig, dass die Beweglichkeit ihrer Theile uns gestattet, unser Auge wechselnd für nähere oder entferntere Gegenstände einzurichten. In jüngerer Zeit hat man gefunden, dass die Masse der Linse in sehr gesetzmässiger Weise unhomogen ist, am dichtesten im Centrum, am wenigsten dicht überall an der Oberfläche. Rechnung und Experiment ergaben, dass derartig aus verschiedenen Schichten zusammengesetzte Linsen in höherem Grade als homogene geeignet seien von seitlich gelegenen Gegenständen gute Bilder zu entwerfen, und sie wurden daher periskopische genannt. Eine Reihe auch vom physikalischen Standpunkte aus interessanter Untersuchungen über den Gang der Lichtstrahlen in solchen geschichteten Linsen hat sich hieran geknüpft. Eine praktische Bedeutung haben sie nicht gewinnen können; denn wiewohl in der optischen Technik, besonders bei der Herstellung der photographischen Objective, die Periskopie, die möglichste Vergrösserung des Kegelwinkels, innerhalb dessen die Objecte gut abgebildet werden, ebenfalls von grosser Wichtigkeit ist, so hat man doch mit den der Technik verfügbaren Materialien, Glas oder Krystallen, nicht daran denken können, die

Art der Schichtung thierischer Linsen nachzubilden. — Die der neuesten Zeit angehörigen Studien EXNER's über die Insectenaugen haben gelehrt, dass die Abbildungen, die wir durch die Brechung an gekrümmten Flächen entstehen zu sehen gewohnt sind, in ganz ähnlicher Weise auch dadurch zu Stande kommen können, dass der Brechungsexponent einer Substanz sich in stetiger Weise von Punkt zu Punkt verändert. Ein gerader Cylinder z. B., der von zwei ebenen Endflächen begrenzt ist, und dessen optische Dichtigkeit von der Axe, wo sie ihren grössten Werth besitzt, gegen die Mantelfläche regelmässig zunimmt, entwirft Bilder ähnlich wie eine Linse. Auch hier bieten sich eine Reihe interessanter optischer Probleme, deren Behandlung zur Zeit erst begonnen ist.

Auch die Art und Weise, wie durch das Zusammenwirken der vielen Elemente im Facettenauge der Insecten ein aufrechtes und reelles Bild der äusseren Gegenstände entworfen wird (nicht ein umgekehrtes wie lange geglaubt wurde und wie es im Auge der Wirbelthiere der Fall ist), ist vom physikalischen Standpunkte aus höchst merkwürdig.

Ganz besonders gehört hierher endlich ein sehr moderner Gegenstand der angewandten Physik, die Luftschiffahrt. Die Betrachtung der im Luftmeer sich so leicht und sicher, dabei in so mannigfach verschiedener Art bewegenden Vögel und Insecten hat ohne Zweifel die Menschen zuerst auf den Gedanken gebracht, Aehnliches zu versuchen. Die genauere Untersuchung des Fluges hat dann die Aufmerksamkeit auf alle die zahlreichen dabei in Betracht kommenden Factors, den Bau und die Bewegung der Flügel, die Gesetze des Luftwiderstandes, den Bau des Vogelkörpers, die Bedeutung der constanten und der wechselnden Luftströmungen u. s. w. gerichtet. Die modernen, auf die praktischen Zwecke der Aeronautik gerichteten Studien haben denn auch jedesmal den Vogelflug zum Ausgangspunkt genommen und aus ihm die werthvollsten Winke für die Lösung ihrer Probleme entnommen.

Wenn vorher erwähnt wurde, dass die Physiologie sich der von den Physikern für ihre Zwecke ausgebildeten Methoden und Werkzeuge mit Nutzen bemächtigt hat, so werden wir hier auf der anderen Seite bemerken dürfen, dass auch vielfach gerade in den biologischen Wissenschaften der Anstoss zu der Ausbildung von Hilfsmitteln gelegen hat, welche dann ihrerseits auch der physikalischen Forschung werthvoll geworden sind oder aber ihr wich-

tige und interessante Aufgaben gestellt haben. Ganz besonders gilt dies wohl in Bezug auf das Mikroskop. Indem seitens der biologischen Wissenschaften immer weitergehende Anforderungen an die Leistungen dieser Instrumente gestellt wurden, sind dieselben auch immer höher gesteigert worden und zwar unter wirksamster Betheiligung der physikalischen Theorie. Dabei sind denn Constructionen sowohl als theoretische Untersuchungen erzielt worden, welche die Physik, auch ohne Ausblick auf jene Anwendung, sich zum Gewinn rechnen darf. In den Bedürfnissen der Mikroskop-Fabrikation dürfte auch wenigstens in erster Linie der Anstoss zu jenem systematischen und rationellen Betriebe der Glasfabrikation gelegen haben, der in jüngster Zeit auf verschiedensten Gebieten der Physik einen so grossen Fortschritt zu Wege gebracht hat.

Noch eines darf hier erwähnt werden. Zu den Werkzeugen der Naturbeobachtung, deren sich der Physiker bedienen muss, gehören, wenn wir sie im weitesten Sinne des Wortes nehmen, vor Allem auch die Sinnesorgane des Menschen selbst. Nicht oft zwar, aber doch in einigen Fällen ist es für die physikalischen Beobachtungen nothwendig geworden, auch an diese die höchsten Anforderungen zu stellen und sich andererseits zu vergewissern, wie weit ihre Leistungsfähigkeit geht, welche Grenzen durch sie der Genauigkeit der Untersuchung gesteckt sind, und welche Täuschungen durch die Eigenthümlichkeit ihrer Funktion etwa herbeigeführt werden können. In solchen Fällen sind es dann wieder physiologische Thatsachen gewesen, welche für andere Wissensgebiete eine methodische Bedeutung gewannen.

Ich habe mich bemüht, die Wechselbeziehungen der Physik und Physiologie einigermassen zu charakterisiren und mich dabei vornehmlich an die rein wissenschaftliche Arbeit auf dem einen und dem anderen Gebiete und ihren Zusammenhang gehalten. Der Bedeutung des heutigen Tages und seines Anlasses würde ich aber nicht gerecht zu werden glauben, wenn ich nicht noch einen Blick auf die Stellung würde, welche die beiden Wissenschaften hinsichtlich ihrer Unterrichtsbedeutung zu einander einnehmen. In dem hier versammelten Kreise bedarf die Behauptung keines besonderen Nachweises, dass für die Heranbildung der Jugend gerade in den Berufsstudien nichts fruchtbringender und werthvoller ist, als die Beschäftigung mit einer grösseren Anzahl verschiedener Wissenschaften, deren jede gerade so gelehrt und gelernt wird, wie es ihrem eigenen Charakter am angemessensten ist, nicht aber im

speciellen Hinblick auf ein andersartiges Fachstudium. Der Grund hierfür liegt in der allgemeinen Verschiedenartigkeit ihrer Verfahrungsweisen. In gewissem Sinne lässt sich ja freilich behaupten, dass die Methode aller überhaupt mit der Erforschung der Natur befassten Wissenschaften die nämliche sein müsse. Bedeutungsvoller aber als diese unbestreitbare Uebereinstimmung gewisser letzter Grundsätze ist es doch, wie ungemein verschiedenartig je nach der besonderen Natur des Gegenstandes sich die Forschung gestaltet hat. Nur ein befangener Blick kann verlangen, dass überall in ganz gleichartiger Weise vorgegangen werde, dass sich Alles nach einem Muster richte. Nichts wäre verkehrter und nichts liegt auch mir ferner als etwa zu meinen, dass die Physiologie sich in eine angewandte Physik und Chemie aufzulösen oder in ihrem Betrieb als Specialtheil jener Wissenschaft zu geriren habe. Gerade aber wegen der Verschiedenartigkeit der Verfahrungsweisen, wie sie sich factisch herausgebildet hat und in gewissem Umfange ohne Zweifel als berechtigt anerkannt werden muss, ist es so instructiv, den Betrieb mehrerer Wissenschaften wirklich kennen zu lernen. In verschiedenen Fällen hat sich das Verhältniss herausgebildet, dass die Untersuchungsweisen einer Wissenschaft einer andern gewissermassen als Ideal vorschweben. Der Kliniker trachtet danach, seinen Studien die Exactheit und Sicherheit einer physiologischen Experimentalarbeit zu geben. Dem Physiologen erscheint die theoretische Durchsichtigkeit und die Sicherheit des Versuchs in der Physik und Chemie als anzustrebendes Ideal; der Physiker wünscht auf Grund scharf formulirter Voraussetzungen ein Lehrgebäude mit ähnlicher Folgerichtigkeit aufzubauen, wie dies in der reinen Mathematik geschieht, und mag in dieser das Ideal methodischer Vollendung erblicken. Es ist klar, dass dieses Verhältniss in der Natur der bearbeiteten Objecte tief begründet ist. Gleichwohl bleibt nun einmal vor der Hand die Physik das Muster der Exactheit und von allen Naturwissenschaften diejenige, die im weitesten Umfange ihre Beobachtungen zu allgemeinen Sätzen verdichten, und wiederum in vollständigster und sicherster Weise jeden Schluss an neuen Thatsachen im Wege des Experiments prüfen kann. Aus diesem Grunde wird die Beschäftigung mit der Physik stets eine unschätzbare Schulung, eine durch nichts zu ersetzende Anregung nicht nur für den Physiologen, sondern für jeden Jünger des ärztlichen Berufs sein.

Haben wir auch hier eine entsprechende Gegenleistung auf-

zuweisen? Die Natur der Studien scheint es mit sich zu bringen, dass dies nicht in vollem Masse der Fall sein kann; denn während die Beschäftigung mit der Physik für die jungen Mediciner eine unerlässliche ist, haben keineswegs alle, die Physik treiben, Veranlassung, physiologische Studien zu machen; insbesondere liegt auch für diejenigen, welche die Physik zu ihrem Fachstudium machen, eine derartige Nöthigung nicht vor. Indessen dürfen wir hier wohl die Gesammtheit der biologischen Wissenschaften als ein Einheitliches heranziehen, und sobald wir dies thun, wird auch der Bildungswerth derselben in einer Weise heraustreten, welche ihn gerade als die wünschenswerthe Ergänzung desjenigen erscheinen lässt, den die sogen. exacten Naturwissenschaften repräsentiren. Denn darüber kann wohl kein Zweifel bestehen, dass der Mangel, den man an dem grössten Theil der Geisteswissenschaften zu beklagen pflegt, dass sie das abstracte Denken ausbilden, aber für die Schulung der Sinne zu wenig leisten, in gewissem Masse auch der Physik, gerade wegen der Exactheit ihrer Methoden und der Stärke des theoretischen Elements in ihr anhaftet.

Ueberblickt man eine grössere Zahl physikalischer Versuchsvorgänge, so wird man frappirt sein, in welchem Masse danach gestrebt wird, an die Leistungen unserer Sinnesorgane möglichst einfache und unschwierige Anforderungen zu stellen und in welchem Masse thatsächlich auch dies Princip durchgeführt wird. Auf die Vergleichung zweier Helligkeiten oder zweier Farben wird schon selten und ungerne recurriert. Vor allen andern werden die Beobachtungen bevorzugt, bei welchen es sich um Ablesungen an einer Skala handelt, wie bei der Beobachtung der Spiegelbussolen, der Thermometer, der Waage und zahllosen anderen. Es wäre nicht ohne Interesse und würde gewiss ein überraschendes Ergebniss liefern, wenn man statistisch ermittelte, bei einem wie grossen Theil physikalischer Untersuchungen die Beobachtung in derartigen Ablesungen gipfelt.

Indem der Physiker diesen trockensten und nüchternsten Gebrauch, den wir von unserm Auge machen können, bevorzugt, verzichtet er auf die anspruchsvollere Beschäftigung des Sinnes, welche für ein Festhalten und Vergleichen verwickelter Formen und Bilder erforderlich ist, vermeidet er freilich auch (und darin liegt ja die Berechtigung dieses Verfahrens) das Schwankende der Beobachtung und die Unsicherheit der Begriffe, welche den morphologischen Untersuchungen nothwendig anhaftet und welche bei jenen einfachen Beobachtungen so zu sagen völlig eliminirt ist.

Nun soll nicht verkannt werden, dass der Reichthum physikalischer Erscheinungen unter Umständen wohl für diese Mängel entschädigt, dass auch die Vorbereitung der eigentlichen Beobachtungen, die Beschäftigung mit den Apparaten, ihre Prüfung und Anordnung eine gewisse Schulung des Auges und der Hand gewährt. Immerhin darf das sinnliche Element in der Physik doch im Ganzen dürftig genannt werden und geringfügig namentlich im Vergleich zu dem, was in dieser Hinsicht die biologischen Wissenschaften darbieten. Im Interesse der Ausbildung kann es also nur als wohlthätig begrüsst werden, wenn neben der Beschäftigung mit Mathematik und Physik eine solche mit einer oder der anderen der biologischen Wissenschaften einhergeht. In dem Masse wie dies geschieht, werden wir behaupten dürfen, dass diese letztere die Anregung und Förderung, welche ihre eigenen Jünger in den physikalischen Hörsälen und Laboratorien empfangen, nicht unvergolten lassen.

Wir dürfen hoffen, dass dies so bleiben wird; denn in der Zersplitterung der Meinungen über alle die Ausbildung der Jugend betreffenden Fragen erfreut sich doch wenigstens die Ansicht einer durchgängigen Zustimmung, dass die Uebelstände einer zu einseitigen Fachbildung thunlichst zu vermeiden und durch die Combination verschiedener Unterrichtszweige nach einer harmonischen und vollständigen Ausbildung, nach der Erwerbung eines unbefangenen, ein möglichst weites Gebiet des Wissens umfassenden Blickes zu streben sei.

So darf ich denn wohl mit dem Wunsche schliessen, dass nicht nur diese Anstalt den beiden einzelnen Disciplinen, denen sie geweiht ist in wirksamer und gedeiblicher Weise diene, sondern dass die Vereinigung zweier Wissenschaften, die Verknüpfung zweier Facultäten in demselben Hause auch den Bestrebungen gegenseitiger Anregung und Förderung und jenem Geiste eines wechselseitigen Verständnisses zu Gute komme, als deren Verkörperung wir die Universitas literarum betrachten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte der naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Kries J. v.

Artikel/Article: [Ueber die Beziehungen der Physik und der Physiologie. 1-17](#)