

424

# CARL VON VOIT

## Gedächtnisrede

gehalten in der

öffentlichen Sitzung der K. Akademie der Wissenschaften

am 9. März 1910

von

**Otto Frank**

a. o. Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse.



**München 1910.**

Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften  
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Am 31. Januar 1908 ist der Physiologe Carl Voit gestorben. Schon beginnt das Bild des hervorragenden Mannes zu verblassen und übertönt zu werden von den bunten Farben des Lebens der Gegenwart.

Um so schärfer heben sich die Hauptlinien seiner Persönlichkeit und seines Wirkens hervor, die zu charakterisieren mir, dem Schüler des verstorbenen Meisters, die Aufgabe geworden ist. Ihr vollkommen gerecht zu werden, würde zunächst die Fachkenntnis des Physiologen erfordern, dann aber auch das künstlerische Talent des Historikers, die einzelnen Züge der Persönlichkeit zu einem geschlossenen Ganzen zu vereinigen und in den Rahmen der allgemeinen Kulturentwicklung einzufügen.

Ein paar Worte über den äußeren Lebensgang des Forschers mögen in die ereignisreiche Zeit einführen, in die sein Leben fällt.

Carl Voit wurde am 31. Oktober 1831 in Amberg in Bayern als Sohn des bekannten Architekten August Voit, des Erbauers des Glaspalastes in München, geboren. Nach Absolvierung des Gymnasiums begann er 1848 das medizinische Studium an der Universität München. Der Sturm des Jahres riß auch ihn mit. Oft erzählte er mit Wärme von seiner Teilnahme an der politischen Bewegung, deren einzelne Phasen uns jetzt vielleicht unreif erscheinen mögen, die aber doch in dem Gärungsprozeß, den das deutsche Volk damals durchmachen mußte, eine wesentliche Rolle gespielt hat. Seine jugendliche Begeisterung zog ihm sogar einen Tadel in der Qualifikationsliste zu, ohne daß seine Laufbahn dadurch geschädigt worden wäre. Erst viel später, als er bereits in Amt und Würden war, erhielt er Kenntnis davon.

Von dem Aufschwung, den die experimentelle Medizin in Deutschland damals genommen hatte, war in München selbst noch wenig zu spüren. Man denke nur, daß der physiologische Lehrstuhl eine Zeit lang von dem Minister Fürsten Wallerstein seinem alten, von Wallerstein mitgebrachten Leibarzt übertragen war, wie Voit in seinem Nekrolog auf Pettenkofer erzählt. Voit wurde hauptsächlich durch den jungen Botaniker Sendtner angezogen, an den er sich, wie an seine Kommilitonen Radlkofer, den späteren Vertreter der Botanik in München, und den Optiker Steinheil in lebenslänglicher Freundschaft anschloß. Nach der medizinischen Zwischenprüfung ging er 1851 nach Würzburg, wo die medizinische Fakultät den höchsten Ruf in Deutschland genoß. Er hörte Vorlesungen bei Köllicker, Leydig, Virchow, Skanzoni und namentlich bei dem medizinischen Chemiker Scherer, einem Schüler Liebig's.

Die Jahre 1852/53 brachte er wieder in München zu. Hier hatten sich die Verhältnisse inzwischen gewaltig verändert. Liebig und Pfeufer waren berufen worden und Pettenkofer hatte seine wissenschaftliche Tätigkeit an der Universität begonnen. Sie verpflanzten neues wissenschaftliches Leben an die Hochschule. Voit suchte jetzt nach Beendigung des medizinischen Studiums im Jahre 1854 seine Ausbildung in den Naturwissenschaften zu ergänzen. Er hörte Vorlesungen bei dem Physiker Jolly, dem Zoologen Siebold, dem Anatomen Bischoff und dem Chemiker Liebig. Dann trat er als Praktikant in das von Pettenkofer geleitete Laboratorium für praktische Chemie ein und führte hier, durch Sendtner angeregt, seine erste wissenschaftliche Arbeit aus: „Die Untersuchungen von Bodenarten zur Entscheidung pflanzenphysiologischer Fragen“. Das Einbrechen der Cholera in München verbündete ihn mit Pettenkofer, Buhl und Thiersch zu gemeinsamen Untersuchungen über die Erscheinungsformen dieser tückischen Krankheit. Bekanntlich blieb von da an für den Hygieniker Pettenkofer die Erforschung der Ursachen der Cholera eine Lebensaufgabe. Währenddessen empfing Voit vielfache Anregung von dem Physiologen Harleß, dem er zeitlebens ein pietät-

volles Angedenken bewahrte. Hauptsächlich widmete er sich aber dem Studium der Werke Liebig's. Durch seine Arbeiten war es ihm gelungen, das Interesse des berühmten Mannes für sich zu wecken und auf sein Anraten begab er sich 1855 nach Göttingen. Dort arbeitete er ein Jahr lang in dem Laboratorium Wöhler's, dessen Synthese des Harnstoffs für die Auffassung der Lebensvorgänge von grundlegender Bedeutung geworden ist. An wissenschaftlichen Anregungen war diese Zeit vielleicht für ihn die ergiebigste. Er sprach noch in den letzten Lebensjahren mit großer Begeisterung von ihr. Hier vollendete er 1856 eine Abhandlung über Benzoylverbindungen unter der Leitung von Limpricht. Bei Listing legte er den Grund zu seinen nicht gewöhnlichen Kenntnissen der physiologischen Optik, die er mit großer Ausführlichkeit in seinen späteren Vorlesungen zu behandeln pflegte. Er hatte dann den Entschluß gefaßt, nach Dorpat zu Bidder und Schmidt zu gehen, die sich durch ihre Stoffwechseluntersuchungen einen Namen gemacht hatten, als ihn der Wunsch Bischoff's nach seiner Mitarbeit als Assistent in München festhielt. 1856 erhielt er die *venia legendi* auf Grund der Schrift: „Über die Aufnahme von Quecksilber und seiner Verbindungen in den Körper“. In demselben Jahr veröffentlichte er noch mit Bischoff gemeinschaftlich die bedeutsame Abhandlung: „Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers“. Das gute Verhältnis zu seinem Lehrer und Vorgesetzten erhielt bald eine vorübergehende Trübung, weil Bischoff von den Arbeiten über die Gallenabsonderung, die Voit in seinem Laboratorium ausführte, das Hauptverdienst beanspruchte. In den späteren Jahren wurde die Spannung gemildert, was klar daraus hervorgeht, daß Voit die Abhandlungen, über die das Zerwürfnis anfang, als Festgabe für das Jubiläum Bischoff's überreichte.

Der Name Voits wurde durch seine zahlreichen Arbeiten bekannt. 1859 erhielt er einen Ruf als außerordentlicher Professor nach Tübingen. Er lehnte ihn ab, weil man ihm eine entsprechende Stellung in München bieten konnte.

Als Harleß starb, wurde er 1863 als ordentlicher Professor auf den Lehrstuhl für Physiologie an die Universität München berufen. Er hatte ihn bis zu seinem Lebensende inne. Der Weltruf, den er im Laufe der Zeit errang, brachte ihm eine Reihe der höchsten Auszeichnungen, die der Staat zu verleihen hat. Eine große Bedeutung in seinem Leben gewann seine Beziehung zur Akademie der Wissenschaften. Schon 1865 war er als außerordentliches Mitglied gewählt worden. Seit 1882 verwaltete er das mühevollen Amt des Klassensekretärs mit aller Pflichttreue bis zu seinem Tode. — Soweit der äußere Verlauf seines Lebens. —

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts, in der Zeit, als bei dem jungen Voit das wissenschaftliche Interesse erwachte, war der Frühling für die Entwicklung der Naturwissenschaften in Deutschland angebrochen. Überall regte es sich auf diesem weiten Gebiet wissenschaftlicher Forschung. Der Deutsche, der sich vorher in die dunklen und unklaren Gebiete der rein spekulativen von Hegel und Schelling betriebenen Naturphilosophie verloren hatte, wandte sich, abgeschreckt durch die Erfolglosigkeit ihrer Bestrebungen, den Realitäten der Erscheinungen zu und lernte die Bedeutung der experimentellen, stets an der Natur sich erprobenden Forschung schätzen. Der Eifer, den die neue Geistesrichtung erzeugte, brachte gerade in Deutschland die Naturwissenschaft zu einer besonderen Entfaltung, so daß es bald England und Frankreich hierin überholte.

Die Morphologie, die Lehre von der Gestaltung der Organismen, war auf eine feste Basis durch die Entdeckung von Schwann und Schleiden gestellt worden, nach der die belebten Körper aus gleichartigen Elementen, den Zellen, bestehen. Die Forschungen Darwins über die Verwandtschaft der Arten stellten neue Ziele.

In der Physik waren um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ganz neue Gebiete erschlossen und weittragende Gesetze entdeckt worden. Einen besonderen Aufschwung hatte in Deutschland die Chemie genommen. Es waren an vielen Orten wissenschaftliche Laboratorien gegründet worden, in denen sich die begeisterten Männer

zusammenfanden, die den Grund für die beispiellose Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie in Deutschland legten. Aber von keinem gingen so mächtige, die verschiedenartigsten Gebiete befruchtenden Anregungen aus als von dem ältesten Laboratorium, der Arbeitstätte des großen Justus Liebig in Gießen, dem bescheidenen Raum, der jetzt in dem Deutschen Museum nachgebildet ist. Überallhin flossen die Anregungen aus seiner Tätigkeit. Mit genialem Blick umfaßte er Gebiete der Erscheinungen, die der Wissenschaft vorher fast vollständig verschlossen waren. Von der Erforschung der Stoffe, die in den Pflanzen und Tieren vorkommen, hatte die organische Chemie ihren Ausgang genommen und sich dann zu einem selbständigen, von den Lebenserscheinungen unabhängigen Zweig der Chemie entwickelt. Liebig schlug die Brücke von der reinen Chemie wieder zur physiologischen Chemie, der Chemie der Lebensvorgänge.

Allein von chemischen Überlegungen ausgehend, entwarf er ein Bild von dem Stoffwechsel in den Organismen, ein Bild, so großzügig und einleuchtend, daß es lange Zeit alle anderen Eindrücke vernichtete. Zunächst folgte er den Spuren des bekannten Chemikers Prout und schied die Nahrungsstoffe in drei Klassen, in die Stärke- und Zuckerähnlichen, die sogenannten Kohlehydrate, in die Fette und in die Eiweiße. Weiter untersuchte er die Zusammensetzung der Exkrete, vor allem des Harns, und die in ihm vorkommenden Stoffe. Auf dieser Grundlage baute er seine Meinung über die Wandlung der Nahrungsstoffe, über den Stoffwechsel des tierischen Organismus, auf. Er stellte kein einziges Experiment an dem Tier oder dem Menschen selbst an und verwertete höchstens die unbestimmten Erfahrungen des täglichen Lebens. Hier war das Feld frei für die Tätigkeit des Biologen, die immer einsetzen muß, nachdem durch die Entwicklung der Physik oder der Chemie die Möglichkeiten, den Ablauf der Lebenserscheinungen zu diskutieren, geliefert worden sind.

Die Eindrücke, die Voit aus den Schriften Liebig's und aus dem Verkehr mit seinen Lehrern und mit seinen gleichstrebenden Freunden

erhalten hatte, bestimmten für ihn die Lebensaufgabe: Die Erforschung der Gesetze der Ernährung und des Stoffwechsels in dem tierischen und menschlichen Organismus. Er war für alles Schöne und Wahre begeistert, aber die Wissenschaft, die sein innerstes Wesen erfüllte, war die Chemie der Lebensvorgänge.

Die Grundlage der experimentellen Physiologie, der Wissenschaft vom Leben, war gelegt worden durch die Arbeiten von Johannes Müller, Helmholtz, du Bois Reymond, Brücke, Claude-Bernard und Ludwig. Aber von wenigen Vorarbeiten abgesehen, war das Gebiet des tierischen Stoffwechsels un bebaut geblieben. Wie Helmholtz in seinem Vortrag über das Denken in der Medizin sich ausdrückt, hatte auch Voit „vor sich ein kaum angebrochenes Feld, in welchem fast jeder Spatenstich lohnende Ergebnisse herauffördern konnte“.

Aus seinen eingehenden Studien der älteren Literatur hatte er die Überzeugung geschöpft, daß nur durch eine strenge Methodik die Grundsätze des tierischen Stoffwechsels erschlossen werden konnten. Zunächst mußte er sich hierbei mit der Feststellung des Eiweißstoffwechsels begnügen. Die Ausbildung der Untersuchungsmethoden für die Ermittlung des respiratorischen Stoffwechsels wurde erst später mit der Unterstützung seines Freundes Pettenkofer erreicht.

In seinem Handbuch des Stoffwechsels erklärt Voit: „Für den Fleischfresser und den Menschen sind die Methoden zur Ermittlung der stofflichen Einnahmen und Ausgaben größtenteils von mir ausgebildet worden.“ Man wird die Berechtigung dieses stolzen Wortes anerkennen müssen, wenn man bedenkt, daß vor ihm systematische Untersuchungen außer von Bidder und Schmidt nicht durchgeführt worden sind. Selbst seinem Lehrer Bischoff war dies nicht gelungen.

Voraussetzung für eine genaue Ermittlung der stofflichen Bilanz war natürlich die Beherrschung der analytisch-chemischen Untersuchungsmethoden, insbesondere derjenigen, die den Stickstoffgehalt des Eiweißes und der aus seiner Zersetzung hervorgehenden Stoffe der Exkrete festzustellen hatten. Sie waren im wesentlichen von Liebig begründet worden. An ihrer weiteren Ausbildung hat

Voit wiederholt selbst mitgewirkt, so, indem er die Bedeutung der Liebigschen Harnstofftitrimethode für die Bestimmung des gesamten Stickstoffs des Harns klarlegte und ihre Fehlergrenzen bestimmte.

Damit war jedoch die Aufgabe noch nicht gelöst. Der Chemiker mußte durch den Biologen, den Kenner des Körpers der Tiere und ihrer Lebensgewohnheiten, unterstützt werden. Eine ungewöhnliche Schärfe der Beobachtungsgabe, eine außerordentliche Gewissenhaftigkeit und ein unentwegter Eifer, der sich auf das Vertrauen gründete, daß auch die scheinbar regellosen Vorgänge im Tierkörper von unabänderlichen Gesetzen beherrscht werden, machten Voit zu dem wahren Schöpfer der Methodik der Stoffwechseluntersuchungen.

Von Wichtigkeit war zunächst die Auswahl der Versuchstiere, die Bevorzugung des Fleischfressers. Ebenso klar erkannte er die Bedeutung der Verfütterung von reinen Nahrungsstoffen, Kohlehydraten, Fetten und Eiweiß. Durch geschickte Kunstgriffe gelang es ihm, die außerordentlichen Schwierigkeiten, die der Verwendung dieses idealen Nährmaterials durch den Widerwillen der Tiere entgegenstehen, zu überwinden. Für das Eiweiß war es ihm vorläufig nicht möglich. Er fand hierfür einen Ersatz in dem ausgeschnittenen Fleisch. Wenn auch weiterhin über diesen etwas unbestimmten Begriff eine eingehende, nicht vollständig zum Abschluß gelangte Diskussion entstand, so muß man doch die Schaffung dieses Nährmaterials als eine wissenschaftliche Tat betrachten, über deren Konsequenzen Voit sich selbst vollkommen klar war. Sonst würde er sich wohl nicht der Mühe unterzogen haben, in tagelangem eintönigen Arbeiten dieses Nährmaterial für seine Versuchstiere selbst herzustellen.

Voits Hauptbemühungen waren auf die Verbesserung der Maßnahmen zu einer sicheren Feststellung der Bilanz der stofflichen Einnahmen und Ausgaben des Tierkörpers gerichtet. Die Menge der verfütterten Nahrungsstoffe mußte streng ermittelt werden, vor allem aber war ein genaues Sammeln der Exkrete erforderlich. Hierzu mußte durch eine Reihe von Vorarbeiten die Zusammensetzung und

die Bildung der Exkrete prinzipiell aufgeklärt werden. Die Anschauungen, die er mit Bischoff zusammen über die Bildung der Fäces entwickelte, veränderte die früheren Mutmaßungen von Grund auf. Sie wird noch heute als richtig anerkannt.

Daß der endgültige Erfolg nicht erreicht werden konnte, ohne daß vorher ungangbare Wege eingeschlagen wurden, war bei der Neuheit der Bestrebungen Voits selbstverständlich. „Erst durch lange und zeitraubende Erfahrungen sind wir auf den jetzt sehr einfach scheinenden Weg geführt worden, auf dem allein das angestrebte Ziel erreicht werden wird.“ Der Erfolg konnte nur mit großen Verlusten an Arbeitszeit erkämpft werden. Die kleinste Unregelmäßigkeit bei dem Aufsammeln der Exkrete ließ Voit den Versuch unbrauchbar erscheinen. Diese strenge Kritik gegenüber seinen eigenen Versuchen übertrug er auch auf die Untersuchungen seiner Mitarbeiter. Viele seiner gelehrten Zeitgenossen hielten seine Bemühungen um die Schaffung einer genauen Methodik und seine Vorschriften für kleinlich und unfruchtbar, ja sie spotteten darüber, wie z. B. Karl Vogt, der sich zum Sprachrohr des allgemeinen Geredes gemacht hatte. Erst durch seine Erfolge errang er sich allmählich die Anerkennung der gelehrten Mitwelt. Die eigentliche Bedeutung der neuen Methoden konnte freilich nur derjenige vollständig ermessen, der selbst unter Voit gearbeitet hatte. Man darf wohl sagen, daß alle Laboratorien, in denen genaue Stoffwechseluntersuchungen jetzt ausgeführt werden, in ihrer Arbeitsweise direkt oder indirekt durch die Methodik des Münchener Institutes beeinflusst worden sind.

Mit der neuen Methode wurde sofort ein Ergebnis von höchster Tragweite erzielt: es verschwand das sogenannte Stickstoffdefizit. Man hatte früher behauptet, daß der mit der Nahrung in dem Eiweiß eingegebene Stickstoff nicht vollständig in den flüssigen und festen Exkreten erscheine, daß ein Defizit vorhanden wäre. Die direkten Versuche von Regnault und Reiset hatten eigentlich nichts Bestimmtes über die Anteilnahme des Stickstoffs an der Respiration ausgesagt. Trotzdem glaubten später die meisten Forscher nach dem Ergebnis

eines Teils dieser Versuche und durch Beobachtungen bestochen, wie sie noch zuletzt von Bischoff angestellt worden waren, daß sie eine Abgabe von Stickstoff als Gas aus dem im Körper zersetzten Eiweiß bewiesen. Voit bemerkt hierzu: „Es ist dies ein auffallendes und lehrreiches Beispiel aus der Geschichte der Wissenschaft, wie leicht man sich bei vorgefaßten Meinungen täuscht.“

Durch seine berühmten Versuche über das Stickstoffgleichgewicht machte Voit diesen Hypothesen ein Ende. Seine Beobachtungen zeigten unwiderleglich, daß das Stickstoffdefizit der früheren Autoren durch Versuchsfehler vorgetäuscht war und daß es innerhalb weiter Grenzen möglich ist, einen Zustand herbeizuführen, den Voit als Stickstoffgleichgewicht bezeichnete. Er ist dadurch charakterisiert, daß bei gleichbleibender Fütterung mit derselben Menge Eiweiß ebensoviel Stickstoff in den festen und flüssigen Exkreten erscheint, als in dem Eiweiß der Nahrung enthalten ist. Es würde sehr verwickelter Annahmen bedürfen, wenn man nach diesen Versuchen noch an der Ansicht festhalten wollte, daß der gasförmige Stickstoff eine Rolle bei dem tierischen Stoffwechsel spielt. Und doch dauerte es noch längere Zeit, wie unter anderem die von Ludwig in seinem Lehrbuch der Physiologie niedergelegte Anschauung beweist, bis das Ergebnis der Voitschen Versuche als ein universell für das Tierreich gültiges angenommen wurde. Um allen diesen Zweifeln zu begegnen, stellte Voit noch seinen überaus mühevollen 124 Tage dauernden Stoffwechselversuch an einer Taube an, der wohl als Hauptbeweis für das Fehlen eines Stickstoffdefizits anzusehen ist. Der Widerspruch, den seine Untersuchungen erfahren hatten, gab ihm zu folgender interessanter Bemerkung Veranlassung: „Wenn experimentelle Untersuchungen zu einem Ziele führen, das sich mit den gangbaren Anschauungen der Zeit in Übereinstimmung bringen läßt, so gibt man sich damit gerne zufrieden, weshalb es viel für sich hat, mit dem Strome der Zeit zu schwimmen. Wenn sie aber in das Bild, das sich jeder nach den bestehenden Kenntnissen von seiner Wissenschaft macht, nicht passen, und man infolge davon allerlei Vorstellungen

ändern und anerkennen muß, daß man bisher geirrt, so entschließt man sich schwer dazu und wird leicht gegen den, der mit harter Arbeit die Vorurteile zu bekämpfen gesucht, ungerecht.“

Das nach schweren Kämpfen allgemein angenommene Ergebnis der Voitschen Untersuchungen, daß mit der ausgeatmeten Luft kein aus den Zersetzungen des Eiweiß hervorgehender Stickstoff ausgeschieden wird, und daß der Stickstoff der atmosphärischen Luft im tierischen Stoffwechsel nicht verwertet wird, war zunächst für die Methodik der Stoffwechseluntersuchungen von höchster Bedeutung. Voit erklärt: „Das früher beobachtete Stickstoffdefizit war eine sehr schlimme Erfahrung, die, solange man die Abzugsquelle für diesen Stickstoff nicht entdeckt hatte, jedem weiteren Eindringen in das Getriebe der Stoffmetamorphose eine Schranke steckte.“ Jedenfalls wäre die Methodik des Stoffwechsels außerordentlich erschwert worden. So war es nun möglich, aus der relativ leicht zu ermittelnden Stickstoffmenge in Harn und Kot die Zersetzungsgröße des Eiweißes und damit eine der wichtigsten Größen des Stoffwechsels zu bestimmen.

Diese Arbeiten waren ebenso wertvoll für die Methodik wie für die prinzipielle Auffassung der Zersetzungen im tierischen Organismus. Sie zeigten, daß der Stickstoff der Atmosphäre von den Tieren so wenig wie von den höheren Pflanzen verwertet wird. Die letztere Frage hat bekanntlich eine große Bedeutung für die Landwirtschaft. — Die Versuche lieferten ferner höchstwichtige Aufschlüsse über das Stickstoffgleichgewicht bei verschiedener Zufuhr von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten. Eine große Rolle spielten bei der weiteren Entwicklung dieses Wissenschaftsgebietes die Erörterungen über die untere Grenze des Stickstoffgleichgewichtes. Voit war zu der Überzeugung gekommen, daß die minimale Menge Eiweiß, die zur Erzeugung eines Stickstoffgleichgewichtes nötig ist, nicht unter diejenige herabgedrückt werden könnte, die beim Hunger zersetzt wird. Neuere Untersuchungen lassen die Voitsche Auffassung noch als strittig erscheinen. Man muß aber bedenken, daß dieses, wie auch die weiter ausschauenden theoretischen Probleme erst dann Aussicht haben, zu

einem Abschluß zu kommen, wenn die speziell biologische Bedeutung der einzelnen außerordentlich vielgestaltigen Eiweißkörper näher aufgeklärt ist. Erst dann wird es gelingen, die auch in national-ökonomischer Hinsicht bedeutsame Frage nach der Größe des Eiweißminimums befriedigend zu lösen.

Die Grundsätze des Eiweißstoffwechsels sind durch die Voitschen Untersuchungen für alle Zeiten festgelegt. Wie sich auch die Anschauungen über die besondere Rolle des Eiweißes im tierischen Organismus einmal gestalten mögen, so ist doch das eine sicher, daß sie nicht in Widerspruch mit den streng ermittelten Tatsachen der Voitschen Untersuchungen stehen dürfen. Mit der Feststellung des Begriffes des Stickstoffgleichgewichts war ein Zustand des Körpers — der normale für den erwachsenen Organismus — festgelegt, der als Ausgangspunkt für die Ermittlung aller möglichen Wirkungen auf den Stoffwechsel ebenso dienen konnte wie der Hungerzustand. Eine unübersehbare Zahl von Arbeiten ist auf diesem Grund entstanden.

Wenn Voit bei seinen Bestrebungen, das Stickstoffdefizit aus der Welt zu schaffen, Widerstand gefunden hat, so kann man das nur aus der Neigung der Biologen erklären, eher das komplizierte und schwierig wissenschaftlich zu Behandelnde anzunehmen als zu versuchen, zunächst mit einer einfachen, bestimmte Folgerungen zulassenden Annahme auszukommen. Ganz anders aber lagen die Verhältnisse bei den Untersuchungen Voits über die Zersetzungen, die während der Muskeltätigkeit stattfinden. Seine Entdeckung, daß die Eiweißzersetzung durch die Muskeltätigkeit nicht vergrößert wird, griff so derb in die damals herrschenden Lehren Liebig's ein, daß ein jahrelanger Angriff seitens dieser Schule unvermeidlich war. Er wurde teilweise mit den schärfsten Waffen geführt.

Die Meinung, die sich Liebig über die Zersetzungen während der Muskeltätigkeit gebildet hatte, war die Grundlage seiner Gesamtanschauungen über die Stoffwechselforgänge überhaupt. Nach ihm war die Zufuhr von Eiweiß nur notwendig, um das in den Organen Zerstörte wieder aufzubauen. Hierzu stellte er die Ergänzungshypo-

these auf, daß bei der Muskeltätigkeit, einer spezifischen Lebensfunktion, die organisierte Muskelsubstanz eingeschmolzen wird und daß hieraus die Leistungen des Muskels resultieren. Das Eiweiß, der plastische Nahrungstoff, mußte den zerstörten Muskel wieder ersetzen, Fett und Kohlehydrate sollten nur die tierische Wärme liefern.

Das Fundament der Liebigschen Anschauung von der Muskeltätigkeit fiel mit der Voitschen Entdeckung zusammen. Trotzdem hatte diese Hypothese so festen Boden gefaßt, daß es sehr langer Zeit bedurfte, bis sie aufgegeben wurde. Nur schwer konnte man sich dazu verstehen anzunehmen, daß das Eiweiß nicht die eigentliche Quelle der Muskelkraft bildet.

Voit selbst sträubte sich noch lange Zeit gegen die Folgerungen, die der Physiologe Adolf Fick und der Chemiker Johannes Wislicenus im Jahre 1866 aus seinen und ihren eigenen Versuchen gezogen hatten. Sie gelangten bekanntlich zu der Anschauung, daß bei der Muskeltätigkeit in erster Linie die Fette und Kohlehydrate herangezogen werden und daß das Eiweiß als Bestandteil der eigentlichen Muskelmaschine nur in geringem Grade verbraucht, gewissermaßen nur abgenützt würde. Voit hing so fest an den alten Anschauungen von Liebig, daß er zu ihrer Rettung eine Hypothese über die Entstehung der Muskelkraft ersann, die vom energetischen Standpunkt aus unhaltbar erscheint. Aus den Zersetzungen des Eiweißes sollte die Muskelkraft indirekt stammen, indem die aus ihm resultierende Energie als elektrische Energie für die Zeiten der Tätigkeit aufgespeichert würde.

Immerhin ist es höchst bemerkenswert, daß mit den Darlegungen, die Voit an diese Frage anknüpfte, eine Diskussion der hypothetischen Möglichkeiten anfang, die auch heute noch ihre Bedeutung hat. Voit machte nämlich gegen die Ficksche Theorie, daß die Muskelkraft aus der Verbrennung von Fett und Kohlehydraten resultiere, geltend, daß der Muskel unmöglich eine Wärmemaschine sein könne. Er berief sich hier auf den von Clausius aufgestellten zweiten

Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, dessen Bedeutung für die Auffassung der Muskelprozesse erst später von A. Fick vollkommen klar entwickelt wurde. Voit ging freilich allein von der dem Biologen so geläufigen Meinung aus, daß der Muskel wie alle Organe des Körpers eine besonders gute Maschine darstelle, eine teleologische Auffassung, deren Unbestimmtheit schon oft zu verkehrten Folgerungen geführt hat. Wie er sagt: „Könnte eine Rechnung, wie sie Fick und Wislicenus aufgestellt haben, erst dann Beachtung finden, wenn erwiesen wäre, daß bei der Muskeltätigkeit die Verwendung eines gesammelten Vorrates nicht in Betracht kommen könnte, daß der Mensch wirklich jeden Tag an Kraft ausgibt, was er erzeugt hat“. Lange bevor dieser schwierig zu erbringende Beweis geliefert war, — es ist dies bekanntlich erst in neuester Zeit Rubner und Atwater gelungen — hatte Voit stillschweigend die Ficksche Anschauung angenommen.

Aus der Freundschaft, die Voit bald mit seinem ursprünglichen Lehrer Pettenkofer geschlossen hatte, erwuchs ein jahrelang dauerndes gemeinschaftliches Zusammenarbeiten dieser beiden kongenialen Männer, das der Wissenschaft eine Reihe der bedeutsamsten Entdeckungen schenkte. Voits Augenmerk war, wie ich schon vorher erwähnt habe, von vornherein auf die Feststellung der Gesamtzersetzungen im Organismus, des Eiweißes und der Fette und Kohlehydrate, und ihrer Abhängigkeit von den sie beeinflussenden Faktoren gerichtet. Er war sich darüber klar, daß zur Erreichung des Zieles auch hier die Methodik eine weit höhere Ausbildung erlangen mußte, als dies vorher der Fall war. Alle vor Pettenkofer und Voit angewandten Apparate, die zur Bestimmung der Sauerstoffaufnahme und Kohlen säureabgabe und damit der Gesamtzersetzung dienen sollten, hatten wesentliche Nachteile. Sie konnten entweder nur kurze Zeit benutzt werden oder sie brachten das Tier und den Menschen in unhygienische Verhältnisse.

Für die Verwirklichung der Voitschen Bestrebungen stand der Freund hilfreich zur Seite. Ich zitiere die Worte Voits: „Dem Talente

Pettenkofers war es gelungen, einen hierzu tauglichen Apparat herzustellen und wir beide haben vereint die Experimente damit begonnen.“ Es ist gewiß ein Unrecht, und Voit wendet sich auch gegen derartige Unterstellungen, daß Pettenkofer das alleinige Verdienst für die Ergebnisse ihrer Untersuchungen zugeschrieben wurde. Wahrscheinlich verdankt Pettenkofer auch bei der Konstruktion des Apparates seinem Freunde viele Anregungen. Die physiologischen Untersuchungen aber sind von beiden gemeinschaftlich durchgeführt worden und nach dem, was man aus der Tradition des Voitschen Laboratoriums und dem Entwicklungsgang seiner Ideen schließen kann, hat Voit an den Untersuchungen den größten Anteil. Pettenkofer selbst hat sich bei der Feier seines 80. Geburtstages in diesem Sinne ausgesprochen. Das konstruktive Talent Pettenkofers war allerdings erforderlich. Es überwand alle Schwierigkeiten, so daß die Leistungen der neuen Methode weit über das hinausgingen, was mit den früheren Apparaten zu erreichen war.

Mit dem berühmt gewordenen Pettenkoferschen Respirationsapparat, dessen Aufstellung durch die Munifizienz des Königs Max von Bayern ermöglicht wurde, konnten nun die beiden Freunde die Gesamtzersetzungen des Menschen und der Tiere unter den verschiedensten Umständen bestimmen. Den Enthusiasmus über ihre Entdeckungen spiegeln die Worte Voits wieder: „Man kann sich aber wohl denken, welche Empfindung wir hatten, als sich nach und nach vor unserem Auge ein Bild der merkwürdigen Stoffwechselforgänge im Körper enthüllte.“ Unzählige Teilergebnisse wurden mit dem auch jetzt noch am meisten verwendeten Apparat erzielt. Das wesentlich Neue an den Versuchsergebnissen war die Feststellung der Abhängigkeit der Gesamtzersetzungen von der Nahrungszufuhr. Damit war die Grundlage für die Schätzung der Bedeutung der verschiedenen Nahrungsstoffe, der Kohlehydrate, der Fette und des Eiweißes gegeben. Es konnten ihre Vertretungswerte bestimmt werden, wie dies von den Schülern Voits, Hermann von Hößlin, auf Grund der Voit-Pettenkoferschen Versuche und ungefähr zur selben Zeit von Max Rubner

unter Heranziehung neuer Experimente durchgeführt worden ist. Rubner hat diese Werte als isodynamische bezeichnet. Man konnte jetzt neben dem Stoffwechsel auch die Umwandlungen der Energie zur Betrachtung der Lebensvorgänge verwerten, oder, wie sich Rubner ausdrückt, auch den Kraftwechsel des Organismus bemessen.

In der modernen Behandlung der Stoffwechselvorgänge spielt diese energetische Betrachtungsweise die wesentliche Rolle. Sie hat die allgemeine Anerkennung gefunden, seitdem Rubner seine kalorimetrischen Untersuchungen begonnen hat. Der Name Voits tritt in den Darstellungen zurück. Aber mit Unrecht. Denn Voit hat tatsächlich von der ersten Zeit seiner wissenschaftlichen Tätigkeit an das größte Interesse an diesen Problemen genommen. Man braucht sich nur an den Titel einer seiner ersten Arbeiten vom Jahre 1860: „Der Einfluß des Kochsalzes u. s. w. Ein Beitrag zur Feststellung des Prinzips der Erhaltung der Kraft“ zu erinnern, um zu sehen, daß diese Gedanken schon frühe in ihm lebendig waren. Sie verdichteten sich bei ihm zu dem ernstesten Bestreben, die kalorimetrische Methodik ebenso auszubilden, wie er die Methodik der Stoffwechseluntersuchungen gefördert hatte. Eine ganze Reihe von Fragen stand hier für die Lösung offen. Die Versuche von Lavoisier hatten doch schließlich nichts anderes ergeben, als daß von dem tierischen Organismus Wärme produziert wird, deren Betrag etwa so hoch ist, wie der aus der Verbrennung der Nahrungsstoffe resultierende. Die bisherige Methodik war in zweifacher Hinsicht unzulänglich. Auf der einen Seite waren die Verbrennungswerte der Nahrungsstoffe nur ungenügend zu bestimmen, auf der anderen konnte die von dem tierischen Organismus abgegebene Wärme nur ungenau ermittelt werden. Die Absicht Voits, auch hier Sicherheit zu schaffen, läßt sich bis zu dem Jahre 1865 zurückverfolgen. In dem physiologischen Institut noch erhaltene Protokolle zeigen, daß 1874 mit den ersten Versuchen begonnen wurde, die Verbrennungswerte der Nahrungsstoffe mit dem Silbermannschen Kalorimeter genau zu messen. Nach dem Erscheinen der Stohmannschen Arbeiten wurden diese Unter-

suchungen von dem damaligen Assistenten des Instituts, Max Rubner, in ausgedehnter und umsichtiger Weise wieder aufgenommen.

Andererseits wurde schon im Jahre 1869 an die Erbauung eines Kalorimeters zur Bestimmung der Wärmeproduktion des Menschen gegangen, das an den Pettenkoferschen Respirationsapparat angeschlossen werden sollte. Voit hatte sich wohl das Ziel zu hoch gesteckt, so daß die in den folgenden Jahren mit seinen Brüdern Ernst und Erwin Voit durchgeführten mühsamen Prüfungen des Apparates noch nicht vollendet waren, als Rubner 1884 mit seinen bekannten Versuchen an die Öffentlichkeit trat, die als Beweis dafür angesehen werden können, daß das umfassende Gesetz der Erhaltung der Energie auch für die Vorgänge im tierischen Organismus gilt, ein Beweis, der in neuerer Zeit auch für den Menschen erbracht worden ist. Voit hat damals seine Untersuchungen abgebrochen. Das Kalorimeter, das noch vor kurzem in dem Institut stand, hätte gründlich revidiert werden müssen, wenn es zu derartigen Untersuchungen benutzt werden sollte.

Immerhin ist zu bedenken, daß der Ausgangspunkt der schließlich erfolgreichen Untersuchungen Rubners das Voitsche Laboratorium war, in welchem nicht nur diese Ideen kultiviert wurden, sondern auch die Vorbereitungen zur Anstellung systematischer Versuche getroffen waren. An dem Ausbau dieses Teils seiner Schöpfungen war Voit im wesentlichen durch die sich mehr und mehr steigernde Überhäufung mit Amtsgeschäften verhindert. Er war aber auch überzeugt, daß die Betrachtung des Kraftwechsels allein zur Aufhellung der verwickelten Vorgänge im Tierkörper nicht genügte, sondern daß die Analyse der stofflichen Beziehungen einen weit tieferen Einblick in das Getriebe ermöglichte, als die summarische energetische Betrachtungsweise. Diesen Standpunkt hat er noch in seinen letzten Lebensjahren in einer kurzen, in der Münchener Medizinischen Wochenschrift veröffentlichten Mitteilung vertreten. Es ist derselbe, den auch Hermann von Hößlin über die Bedeutung der energetischen Bilanz für die Auffassung der Stoffwechselforgänge gehabt hat. Man

wird sich der Voitschen Warnung vor einer Überschätzung der Leistungen der modernen Richtung nur anschließen können.

Der Geist der Zeit, in die seine erste Forschertätigkeit fiel, bestimmte seine hohe Meinung, die er sich von den auf das Experiment begründeten wissenschaftlichen Feststellungen gemacht hatte, wie folgender Ausspruch zeigt: „Dies ist eine unbestreitbare Tatsache (nämlich das Konstantbleiben der Stickstoffausscheidung bei der Muskel-tätigkeit), die ich festhalte. Sie ist an und für sich so wichtig, daß ich mich besonnen, ob es zu raten wäre, noch irgend ein Wort der Erklärung hinzuzufügen. Die Resultate eines richtig angestellten und richtig verwerteten Experimentes bleiben für alle Zeiten unumstößlich, während eine Theorie im Fortschreiten der Wissenschaft umgestoßen werden kann.“

Die weitere Entwicklung hat ihm Recht gegeben. Immer wieder muß auf die tatsächlichen Feststellungen von Voit zurückgegriffen werden. Aber da seine Absicht auf die Lösung der Grundfragen des Stoffwechsels gerichtet war, so mußte er zu ihnen Stellung nehmen. Er entwickelt eine Reihe von Theorien, über deren Tragweite er sich selbst geäußert hat: „Die Wissenschaft und unser Geist ist mit den Resultaten des Versuches allein nicht befriedigt. Die Resultate müssen, wenn sie Wert haben sollten, nicht in der Luft stehen, sondern in Zusammenhang mit den übrigen Erscheinungen gesetzt werden können. Man hält eine Hypothese so lange für richtig, als sie keiner der bekannten Erscheinungen widerspricht. Sie trägt wenigstens dazu bei, zu neuen Fragen den Anstoß zu geben und die Entwicklung der Forschung zu begünstigen.“

In der Tat hat sich, nachdem Voit seine Theorien entwickelt hatte, eine äußerst anregende Diskussion entsponnen, wenn von den Voitschen Anschauungen auch manche von der zur Zeit herrschenden Richtung nicht anerkannt wird. Mir will es scheinen, als ob sämtliche hierbei ausgesprochenen Meinungen wohl plausibel, aber nicht sicher begründet wären, so die Lehre Liebig's von den plastischen und respiratorischen Nahrungsstoffen, die Anschauung Voits über die

zwei Klassen von Eiweiß, das organisierte und das zirkulierende Eiweiß. Man hat in diesem Streit der Meinungen oft zu wenig bedacht, daß mit der Feststellung des Stoffwechsels in gewöhnlichem Sinn doch nur die quantitativen Verhältnisse des Nährmaterials und der endgültigen Zersetzungsprodukte berücksichtigt werden, daß die Vorgänge im Tierkörper selbst oder der intermediäre Stoffwechsel nicht unmittelbar beobachtet, sondern nur auf Umwegen erschlossen werden können. Die Anerkennung einer bestimmten Ansicht ist nicht immer durch schlagende Gründe, sondern durch die Wirkung der vergänglichen Autorität eines Forschers erzwungen worden. So behält auch vorläufig die eine Ansicht Voits ihren Wert, die er mit besonderer Wärme verteidigt hat, nämlich, daß aus dem Eiweiß ein stickstofffreier Rest im Tierkörper abgespalten wird, der zu Fett werden kann. Zweifellos ist aber auch, daß Voit, wie Pflüger nachgewiesen hat, die quantitative Bedeutung des Prozesses überschätzt hat. Dadurch dürfte auch im wesentlichen sein anfänglicher Widerstand gegen die Annahme von der Fettbildung aus Kohlehydraten, einen Grundpfeiler der Liebigschen Anschauung, zu erklären sein.

Wie die Vorgänge des intermediären Stoffwechsels durch eine geeignete Veränderung der Versuchsbedingungen aus der Bilanz des Stoffwechsels erschlossen werden können, hat Voit durch eine große Reihe von Abhandlungen über die Bedeutung des Leims, der Albumosen und Peptone, des Asparagins und anderer organischer Stoffe sowie der Nährsalze gezeigt.

Nach der praktischen Seite sind hier besonders bedeutungsvoll die Untersuchungen über die Wichtigkeit des Leims für die Ernährung, für deren Schätzung man erst dann den richtigen Maßstab gewinnt, wenn man sie mit den öden ergebnislosen Verhandlungen der verschiedenen Pariser Leimkommissionen vergleicht. Auch für die Auffassung der Rolle, welche die verschiedenen Eiweißstoffe bei der Ernährung spielen und für die Frage, ob die Eiweiße vom Tierkörper aus ihren einzelnen Bausteinen aufgebaut werden können, sind diese Arbeiten von großer Wichtigkeit. Sie gewinnen neues

Interesse durch die Aufklärung über die Konstitution der Eiweißkörper, die in neuerer Zeit besonders durch E. Fischer gefördert worden ist.

Im Prinzip verfolgt Voit dieselben Gedanken bei seinen Untersuchungen über den Übergang der verschiedenen Kohlehydrate in das Glykogen des Tierkörpers. Auch sie erhalten durch die Forschungen E. Fischers neues Licht. Auf der anderen Seite sieht man aber auch hier wieder, daß die physiologischen Untersuchungen bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den Fortschritten der Chemie sind. Konsequenterweise angestellte Untersuchungen behalten ihren Wert auch dann, wenn die Konstitution der Stoffe noch nicht aufgeklärt ist. Oder umgekehrt gibt die Aufklärung der Konstitution nur einen Fingerzeig für die Beurteilung des Wertes dieser Stoffe im Organismus, ohne daß im Einzelfall die Veränderungen, die der Stoff im Organismus erfährt, aus der Konstitution abgeleitet werden könnten.

Näher kann ich auf diese umfangreichen Arbeiten und seine Untersuchungen über die Bedeutung der Nährsalze nicht eingehen, ebensowenig wie auf seine Arbeit, in der er gemeinsam mit Joseph Bauer den bis jetzt überzeugendsten Beweis erbracht hat, daß die Aufnahme der Stoffe im Dünndarm nicht durch osmotische Kräfte bewirkt werden kann.

Das Bild von der wissenschaftlichen Tätigkeit Voits wäre unvollkommen, wenn man nicht seine Anschauungen über die Bedeutung der Genußmittel einbeziehen würde. Ich kann nichts Besseres tun, als seine eigenen Worte, die einen unvergänglichen Wert behalten werden, hier wiederzugeben:

„Die Genußmittel haben eine ganz andere, aber nicht weniger wichtige Aufgabe bei der Ernährung zu erfüllen wie die Nahrungstoffe, und sind für die Herstellung einer Nahrung ebenso nötig wie die letzteren. Tiere und Menschen würden ein Gemenge der reinen Nahrungstoffe für gewöhnlich nicht verzehren, weil es geschmacklos ist, und dabei sicherlich zugrunde gehen.“ „Wie jede Tätigkeit des

Körpers muß auch das Geschäft der Aufnahme der Speise mit einer angenehmen Empfindung verknüpft sein.

Auf eine solche Weise leisten auch die Genußmittel für die Prozesse der Ernährung und für andere Vorgänge im Körper wichtige und unentbehrliche Dienste, obwohl sie nicht imstande sind, den Verlust eines Stoffes vom Körper zu verhüten, oder durch ihre Zersetzung uns mit lebendiger Kraft zu versorgen. Sie geben uns nicht wirkliche Kraft, sondern höchstens das Gefühl von Kraft durch ihre Einwirkung auf das Nervensystem. Zu den Genußmitteln sind außer Kaffee, Tee, alkoholischen Getränken, Tabak etc. auch die geschmack- und geruchverbessernden Stoffe zu rechnen. Die Genußmittel machen die Nahrungsstoffe erst zu einer Nahrung. Nur ein gewaltiger Hunger steigert die Begierde so sehr, daß die Genußmittel übersehen werden, ja daß sonst Ekelhaftes angenehm erscheint.

Die Genußmittel beeinflussen die Vorgänge der Verdauung und Ernährung durch ihre Wirkung auf das Nervensystem. Zunächst wirken die schmeckenden und riechenden Substanzen der Speisen, nachdem sie uns durch die Erregung der Geschmacks- und Geruchsorgane eine angenehme Empfindung ausgelöst, noch auf viele andere Teile, namentlich des Darmkanals, ein und bereiten letzteren für die Verdauung auf irgend eine Weise vor. Es wird im ersten Falle Speichel reichlich abgesondert, was schon durch die Vorstellung oder den Anblick eines uns zusagenden Gerichtes bedingt wird, so daß uns der Speichel im Munde zusammenfließt. Das Gleiche läßt sich für die Magendrüsen dartun. Man ist imstande, an Hunden mit künstlich angelegten Magen fisteln zu zeigen, wie plötzlich an der Oberfläche Saft hervorquillt, wenn man den nüchternen Tieren ein Stück Fleisch vorhält, ohne es ihnen zu geben. Es setzt sich diese Wirkung wahrscheinlich vom Magen aus auch zu den Drüsen und Blutgefäßen des Darms fort. Nur so lange es uns schmeckt, ist es möglich zu essen. Etwas Geschmackloses oder Schlecht schmeckendes dagegen vermögen wir nicht zu verschlucken. Es treten dann in der Tat die angegebenen Erscheinungen nicht mehr ein, sondern es

erfolgen vielmehr durch andere Übertragungen Brechbewegungen, wie das Würgen und das Abgegessen sein der Gefangenen nach längerer Aufnahme einer monotonen Kost am deutlichsten zeigt. Nicht selten ist man nach Jahren nicht mehr imstande, Speisen, an denen man sich einmal überessen, auch wenn es vorher unsere Lieblingsgerichte oder Leibspeisen waren, ohne schlimme Folgen zu genießen.

Jeder mechanische Reiz der Magenschleimhaut macht bekanntlich Hervorquellen des Saftes und Füllung der Blutgefäße; aber gewisse Reize scheinen dies besser zu bewirken, z. B. Alkohol oder Kochsalz, daher man häufig zur Einleitung eines Mahles gesalzene oder stark gewürzte Speisen, Kaviar oder einen Schluck eines alkoholreichen Getränkes (Sherry) nimmt. Es haben wohl viele der schmeckenden oder riechenden Stoffe unserer Speisen für den Magen eine ähnliche Bedeutung; das einfachste und beste Mittel ist erfahrungsgemäß eine starke warme Fleischbrühe. Auch andere Stoffe, wie Kaffee, Tee, Tabak, wirken größtenteils auf das Zentralnervensystem. Es handelt sich hierbei nicht um eine Ersparung von Nahrungsmaterial, sondern wahrscheinlich um eine veränderte Beweglichkeit und gesteigerte Leistungsfähigkeit der kleinsten Teile der Nervenzentralorgane. Bei Überwindung von Schwierigkeiten ist die Disposition oder Stimmung von Wichtigkeit: ein Peitschenhieb bei dem Pferd, eine Tracht Schläge bei einem faulen Jungen, — die Voit hier auch zu den Genußmitteln rechnet —, bewirken oft wahre Wunder. Ohne Genußmittel besteht kein Mensch und kein Tier. Selbst in der einfachsten Kost sind Genußmittel. Auch der Dürftigste genießt mit Behagen sein einfaches und stärkendes Mahl. Auch das Tier ergötzt sich am Geschmack seines Futters; besonders sind für Kranke und Rekonvaleszenten die Genußmittel in den Speisen von wesentlicher Bedeutung.“

Man kann wohl sagen, daß Voit mit prophetischem Geist die neueren Anschauungen über die Innervation der Verdauungsorgane, die sich hauptsächlich auf die Untersuchungen Pawlows stützen, vorausgesehen hat. Wenn man bedenkt, daß er unter die Genüsse, die

zum Leben notwendig sind, auch die ästhetischen gerechnet und ihre Bedeutung zu würdigen gelehrt hat, so sieht man, daß sich hier eine weite Perspektive für das analytische Vorgehen des Physiologen eröffnet. Voit verwies die Lösung dieser Fragen auf einen ganz anderen Weg, als dies von Lavoisier geschehen war.

Lavoisier betrachtete alle Lebenserscheinungen von der quantitativen Seite. Er sagt: „Die Bestimmung der Respirationsgröße könnte es vielleicht ermöglichen, den Gebrauch von Kräften miteinander zu vergleichen, zwischen denen scheinbar keine Beziehung besteht. Man könnte z. B. erforschen, wie groß, in Gewichten gerechnet, die Leistungen eines Menschen sind, der einen Vortrag hält, eines Musikers, der ein Instrument spielt. Man könnte vielleicht selbst die mechanische Leistung eines Philosophen bei seiner Denkarbeit, eines Schriftstellers, eines Musikers bei der Komposition schätzen. Diese Leistungen, die als rein seelische angesehen werden, haben etwas Physisches und Materielles an sich. Es ist gewiß ganz recht, daß die französische Sprache unter der gemeinsamen Benennung Arbeit die Leistungen des Geistes ebenso wie diejenigen des Körpers zusammenfaßt, die Arbeit des Gelehrten wie diejenige des Lohnarbeiters.“

Wie anders die Auffassung des Biologen, dem das Leben in seiner vielfältigen Gestalt vor dem geistigen Auge steht.

Voit hat sich nicht gescheut, seine bei den wissenschaftlichen Untersuchungen gemachten Erfahrungen auf das praktische Leben zu übertragen. Er stellte sein berühmtes, allbekanntes Kostmaß auf, das eine Norm bilden sollte hauptsächlich für Menschen, die sich ihre Nahrung nicht frei wählen können, wie Gefangene, Soldaten und Kranke. Über die Verwertung der Ergebnisse einer wissenschaftlichen Untersuchung für praktische Zwecke spricht er sich folgendermaßen aus: „Man hört so oft, die reine Wissenschaft habe ausschließlich nach der Wahrheit zu suchen und nicht nach dem Nutzen, nach der Verwertung für praktische Zwecke zu fragen. Gewiß muß dies so sein während der Forschung; aber warum sollte man nicht darauf aufmerksam machen, wenn sich aus den gefundenen Wahr-

heiten etwas Nützliches für die Menschheit ergibt.“ Er wußte wohl, daß er bei diesen folgenschweren Festsetzungen nur mit der größten Vorsicht verfahren mußte. Die Ergebnisse der Tierversuche, die in sich vollkommen eindeutig sind, konnten nur als Grundlage dienen. Sie durften aber nicht die alleinige Richtschnur sein. Er folgte mehr seiner sorgfältigen Beobachtung der Lebensgewohnheiten von Menschen und Menschenklassen und seiner Intuition, und schuf Normen, die eine bleibende Bedeutung haben, wenn auch die von ihm für die Ernährung des Menschen als unbedingt notwendig erachtete Eiweißmenge wiederholt als zu hoch bezeichnet worden ist. Ja es sieht so aus, als ob alle diese Unternehmungen schließlich nur dazu dienen sollten, die Umsicht, mit der Voit bei seinen Festsetzungen zuwege gegangen ist, in stets hellerem Lichte zu zeigen.

Wie bei diesen Fragen, so verfocht Voit das einmal als richtig Erkannte auch bei allen anderen Aufgaben, die an ihn herantraten, mit unbeirrter Konsequenz. Dasselbe strenge Pflichtgefühl, das ihn selbst beseelte, das ihm jede Rücksicht auf Bequemlichkeit verbot, setzte er auch bei anderen voraus. Er war ein vom äußersten Verantwortlichkeitsgefühl durchdrungener, strenger, vielleicht pedantisch erscheinender Examinator.

Aber was diejenigen sahen, die ihn nicht näher kannten, war nur eine Äußerlichkeit seines Wesens. Er beurteilte die Menschen nicht allein nach einer Schablone. Sie war für ihn nur das Mittel, um seinem Pflichtgefühl zu genügen, vor allem aber, um sich nicht allzu sehr von den Verstimmungen, die ihm ein ungünstiger Entscheid über das Schicksal eines Menschen bereitete, überwältigen zu lassen. Vor einem einseitigen Vorgehen schützte ihn seine ausgezeichnete Menschenkenntnis. Und im Grunde war er milde gegen menschliche Schwächen.

Daß ihn pädagogische Probleme ernstlich beschäftigten, geht aus vielen mündlichen Äußerungen, aber auch aus einer Stelle des Nekrologs auf Pettenkofer hervor, in der er die jetzt wieder aktuelle Frage der Mittelschulbildung behandelt:

„In der Tat, es kommt nicht so sehr auf den Gegenstand, durch welchen dies geschieht, an, als auf den anregenden Lehrer; die frühzeitige Beschäftigung mit den Naturwissenschaften ist nur von Übel, da die wenigsten schon reif dafür sind und den Geist der Sache nicht erfassen; man vergißt häufig, daß die so viel gepriesene Entwicklung der Naturwissenschaften zum größten Teil von an den humanistischen Gymnasien Vorgebildeten hervorgebracht worden ist.“

Sein Vorbild wirkte in höchstem Maße erzieherisch auf seine Umgebung. Er wurde das Haupt eines großen Kreises von Forschern, der Münchener Schule, in deren Tätigkeit das Wirken seines Geistes fortlebt.

Die Gedanken, die er über das Zusammenwirken einer wissenschaftlichen Schule in dem Nekrolog auf Pettenkofer niedergelegt hat, charakterisieren seine eigene ideale Auffassung:

„Das Verhältnis eines bedeutenden Lehrers zu seinen für die Wissenschaft begeisterten Schülern wird ja immer als eines der schönsten und edelsten auf dieser Erde angesehen; Pettenkofers Verhältnis zu seinen Schülern war ein besonders herzliches. Er trat ihnen nicht als der überlegene Gelehrte gegenüber, sondern wie der Strebende den Mitstrebenden. Was aber den Schülern noch mehr wert war als der eifrige Lehrer, zu dem sie in Ehrfurcht empor sahen, das war, daß er ihnen ein väterlicher Freund war, der mit warmem Interesse ihre Entwicklung und ihren ferneren Lebensgang verfolgte.“

Allen, die Rat von ihm erholten und seine Unterstützung erbaten, kam er in gleichmäßig freundlicher, opferwilliger Weise entgegen. So wuchs ständig das Ansehen seiner intakten Persönlichkeit und seine Meinung erhielt bei allen Fragen, an deren Lösung er mitberufen war, das ausschlaggebende Gewicht. Lange wird es dauern, bis die Lücke ausgefüllt ist, die durch seinen Tod in den zahlreichen Körperschaften und Organisationen, an denen er beteiligt war, eingetreten ist.

Wohl schien das Leben des Gelehrten ganz in der Erforschung der großen Probleme, die vom Anfang seiner wissenschaftlichen Tätigkeit sein Denken erfüllten, aufzugehen. Doch verschloß er sich nicht den Seiten des menschlichen Lebens, die einer streng wissenschaftlichen Analyse noch nicht zugänglich sind. Abgesehen von seinen Schriften über die Bedeutung der Genußmittel kommt diese Seite seines Wesens hauptsächlich in der großen Rede zur Geltung, die er zur Eröffnung seines Rektorats gehalten hat, in der Rede über die Bedeutung des Wechsels von Tätigkeit und Ruhe im Leben des Menschen.

An dem Sohn des Künstlers waren die Anregungen des Elternhauses, seines künstlerisch veranlagten Freundes Pettenkofer und der Kunststadt München nicht spurlos vorübergegangen. Die Rede betont wesentlich die Notwendigkeit des Genusses, vor allem des künstlerischen Genusses neben der Arbeit. Vielleicht hat die starke Ausbildung des Pflichtgefühls ihn daran verhindert, seiner eigenen, an dieser Stelle ausgesprochenen Lebensweisheit nachzuleben, und hat die eine Seite des menschlichen Daseins, das Genießen, bei ihm zurücktreten lassen. Er denkt: „Der höchste Genuß liegt aber für den, der sich in der Arbeit vertieft hat und dem es gelungen ist, neue Wahrheiten zu finden und den Zusammenhang der Dinge zu erkennen, in der geistigen Arbeit selbst.“

Die Rede erscheint wie eine Parallele zur Faustdichtung, die der Vertreter der Biologie hier gezogen hat. Wiederholt kommen hier die Worte des Dichters zur Geltung. So müssen am Ende die Wissenschaft vom Leben und die höchste dichterische Darstellung des Lebens harmonisch zusammenstimmen.

Die Faustdichtung klingt in eine Verherrlichung der erfolgreichen Arbeit aus. Der Arbeit für die Entwicklung der Wissenschaft, für die von ihm über alles hochgestellte Universität und für das Gemeinwohl war das ganze Leben Carl Voits gewidmet.

## A n h a n g.

### Verzeichnis der von Carl Voit veröffentlichten Schriften.

#### Selbständige Schriften.

- 1857 Physiologisch-chemische Untersuchungen, 1. H. Augsburg, Himmer.  
 1. Beiträge zum Kreislauf des Stickstoffs im tierischen Organismus.  
 2. Über die Aufnahme des Hg und seiner Verbindungen in den Körper.
- 1860 Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers (Bischoff und Voit). Leipzig, Winter.
- 1860 Über die Wirkung des Kochsalzes, des Kaffees und der Bewegung auf den Stoffwechsel. München, Cotta.
- 1876 Anhaltspunkte zur Beurteilung des sog. eisernen Bestandes für Soldaten. München, Oldenbourg.
- 1877 Untersuchungen der Kost in öffentlichen Anstalten. München, Oldenbourg.
- 1881 Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung, Bd. 6 in Handbuch der Physiologie. Leipzig, Vogel.

#### Abhandlungen in Zeitschriften.

- 1855 Untersuchungen über epidemische Cholera (gesamter chemischer Teil). Zeitschr. für ration. Medizin. N. F., Bd. 6.
- 1855 Zur Bodenfrage der Pflanzen dienende chemische Analysen. Regensburg, Flora, Nr. 32.
- 1856 Über einige Benzoylverbindungen. Ann. der Chemie und Pharmazie.
- 1859 Über Temperaturverhältnisse am Ohr nach der Sympathicusdurchschneidung und über die Messung derselben. Ber. der Naturforschervers. zu Karlsruhe.
- 1860 Anhaltspunkte über die Physiologie der Perlmuschel. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, Bd. 10.
- 1862 Untersuchungen über die Respiration (Pettenkofer und Voit). Ann. der Chemie und Pharmazie, Suppl.-Bd. 2.
- 1863 Über den Kreislauf des N im tierischen Organismus (Versuch an einer Taube), ebenda 1863, Sitzungsber. der Akademie I, S. 69.

- 1863 Beobachtungen an einer Taube, welcher die Hemisphären des Großhirns abgetragen worden waren. Sitzungsber. I, S. 479.
- 1864 Über die Produkte der Respiration des Hundes bei Fleischnahrung und über die Gleichung der Einnahmen und Ausgaben des Körpers dabei (Pettenkofer und Voit). Ann. der Chemie und Pharmazie, Suppl.-Bd. 2, S. 361.
- 1865 Über die in den Schuppen und der Schwimmblase von Fischen vorkommenden irisierenden Kristalle. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 15, S. 515.
- 1865 Die Gesetze der Zersetzungen der stickstoffhaltigen Stoffe im Tierkörper (Methode der Untersuchung). Z. f. Biologie.
- 1865 Über den Einfluß des Glaubersalzes auf den Eiweißumsatz im Tierkörper. Z. f. Biologie, S. 195.
- 1865 Über die Ausscheidungsverhältnisse der Kynurensäure im Hundeharn (Voit und Riederer). Z. f. Biologie, S. 315.
- 1865 Über Druckschwankungen im Lungenraum infolge der Herzbewegungen. Z. f. Biologie, S. 390.
- 1865 Notiz über Ablagerung von Tyrosin auf tierischen Organen. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, Bd. 18, S. 301.
- 1865 Über das Wesen der Zuckerharnruhr (Pettenkofer und Voit). Sitzungsber. II, S. 224.
- 1866 Untersuchungen über die Ausscheidungswege der stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte aus dem Tierorganismus. Z. f. Biologie, S. 6 und 187.
- 1866 Über die Verschiedenheit der Eiweißzersetzung beim Hungern. Z. f. Biologie, S. 1.
- 1866 Untersuchungen über den Stoffverbrauch des normalen Menschen (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie, S. 459.
- 1866 Über Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme während des Wachens und Schlafens beim gesunden und kranken Menschen (Pettenkofer und Voit). Sitzungsber. II, S. 236.
- 1867 Der Eiweißumsatz bei Ernährung mit reinem Fleisch. Z. f. Biologie, S. 1.
- 1867 Über Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme beim Menschen (Pettenkofer und Voit). Sitzungsber. I, S. 255.
- 1867 Über die Beziehungen des Kreatins und Kreatinins zum Harnstoff im Tierkörper und über das Wesen der Urämie. Sitzungsber. S. 364.
- 1867 Über die Fettbildung im Tierkörper. Sitzungsber. II, S. 402.
- 1867 Über den Stoffverbrauch einer Zuckerharnruhrkranken (Pettenkofer und Voit). Sitzungsber. S. 572.
- 1867 Über den Stoffverbrauch bei der Zuckerharnruhr (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie, Bd. 3.
- 1868 Über die Theorien der Ernährung der tierischen Organismen. Festrede in der Akademie.
- 1868 Beobachtungen nach Abtragung der Hemisphären des Großhirns bei Tauben. Sitzungsber. II, S. 105.
- 1868 Über die Ausscheidungswege der N haltigen Zersetzungsprodukte aus dem Tierkörper. Z. f. Biologie (4).
- 1868 Notiz zum Nachweis von Blausäure im Blut. Z. f. Biologie (4).
- 1868 Bemerkungen über die sogenannte Luxuskonsumption. Z. f. Biologie (4).

- 1868 Über das Verhalten des Kreatins und Kreatinins zum Harnstoff im Tierkörper. Z. f. Biologie (4).
- 1869 Über die Fettbildung im Tierkörper. Z. f. Biologie (5).
- 1869 Über den Stoffverbrauch bei einem leukämischen Manne (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie (5).
- 1869 Über den Eiweißumsatz bei Zufuhr von Eiweiß und Fett und über die Bedeutung des Fettes für die Ernährung. Z. f. Biologie (5).
- 1869 Respirationsversuche bei Hunger und ausschließlicher Fettzufuhr (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie (5).
- 1869 Über den Einfluß der Kohlehydrate auf den Eiweißverbrauch im Tierkörper. Z. f. Biologie (5).
- 1869 Über die Aufsaugung im Dick- und Dünndarm. Z. f. Biologie (5).
- 1869 Über die Unterschiede der animalischen und vegetabilischen Nahrung, die Bedeutung der Nährsalze und der Genußmittel. Sitzungsber. II, S. 483.
- 1870 Über die Entwicklung der Lehre von der Quelle der Muskelkraft und einiger Teile der Ernährung seit 25 Jahren. Z. f. Biologie (6).
- 1871 Über den Stoffverbrauch bei Phosphorvergiftung. Sitzungsber., S. 29.
- 1871 Über die Verwertung gewisser Aschebestandteile im Körper. Sitzungsber., S. 78.
- 1871 Über die Zersetzungs Vorgänge im Tierkörper bei Fütterung mit Fleisch (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie (7).
- 1871 Über das Volumen der unter verschiedenen Umständen ausgeatmeten Luft. Sitzungsber., S. 195.
- 1871 Über die Größe der Eiweißzersetzung nach Blutentziehungen. Sitzungsber., S. 254.
- 1872 Über die Bedeutung des Leims bei der Ernährung. Z. f. Biologie (8).
- 1873 Über die Zersetzungs Vorgänge im Tierkörper bei Fütterung mit Fleisch und Fett. Z. f. Biologie (9)
- Gutachten für die Errichtung von Volksküchen für den Magistrat.
- 1873 Über die Bedeutung der Kohlehydrate in der Nahrung (Pettenkofer und Voit). Sitzungsber., S. 273.
- 1873 Über die Zersetzungs Vorgänge im Tierkörper bei Fütterung mit Fleisch und Kohlehydraten allein (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie.
- 1874 Über die Aufnahme des Pflanzenschleims und des Gummis aus dem Darm in die Säfte. Z. f. Biologie (10).
- 1874 Über die Verdaulichkeit der leimgebenden Gewebe. Z. f. Biologie (10).
- 1874 Bemerkungen über die Bedeutung der leimgebenden Gewebe für die Ernährung. Z. f. Biologie (10).
- 1875 Über die Bestimmung des Wassers mittels des Pettenkoferschen Respirationsapparates (Ernst Voit und Forster). Z. f. Biologie (11).
- 1876 Über die Kost in öffentlichen Anstalten. Z. f. Biologie (12).
- 1876 Über die Ausscheidung des Salmiaks im Harn. Sitzungsber.
- 1877 Über den Einfluß kalkarmen Futters auf die Knochen. Bericht der 50. Versammlung der Naturforscher.
- 1877 Über die Ausnützung einiger Nahrungsmittel im Darmkanal des Menschen.

- 1877 Über das Verhalten der Kalkschalen der Hühnereier bei der Bebrütung. Z. f. Biologie (13).
- 1877 Bemerkungen über die Umwandlung der Harnsäure in Harnstoff im Körper des Hundes. Z. f. Biologie (13).
- 1878 Über die Wirkung der Temperatur der umgebenden Luft auf die Zersetzung im Tierkörper der Warmblüter. Z. f. Biologie (14).
- 1879 Über die Entwicklung der Erkenntnis. Rektoratsrede.
- 1880 Über die Bedeutung des Wechsels von Tätigkeit und Ruhe im Leben der Menschen. Rektoratsrede.
- 1880 Ernährung der Soldaten im Frieden und Kriege. Bericht der über die Ernährungsfrage der Soldaten niedergesetzten Spezialkommission.
- 1880 Zur Frage der Ausscheidung gasförmigen Stickstoffs aus dem Tierkörper (Pettenkofer und Voit). Z. f. Biologie (16).
- 1882 Über den zeitlichen Verlauf der Zersetzungen im Tierkörper. Sitzungsber.
- 1882 Über die Bedeutung der Galle für die Aufnahme der Nahrungsstoffe im Darmkanal. Beiträge zur Biologie. Festgabe für Bischoff, S. 104.
- 1882 Über die Beziehungen der Gallenabsonderung zum Gesamtstoffwechsel im tierischen Organismus. Aus der Festschrift für das Würzburger Jubiläum 1882.
- 1883 Über den Wert der Weizenkleie für die Ernährung des Menschen. Sitzungsber.
- 1883 Über den Nährwert des Glycerins. Ärztliches Intelligenzblatt.
- 1882 Abwehr gegen die Angriffe von Prof. Ed. Pflüger in Bonn. Z. f. Biologie.
- 1883 Über die Vertretungswerte von Eiweiß, Fett und Kohlehydrate im Tierkörper. Sitzungsber.
- 1883 Über die Bedeutung des Asparagins als Nahrungsstoff. Sitzungsber.
- 1883 Über die Ursachen der Fettablagerung im Tierkörper. Festschrift für den Ärztlichen Verein.
- 1883 Über den Nahrungsbedarf des Generals Mill. Beiträge für Anthropologie und Urgeschichte Bayerns.
- 1884 Über den Einfluß künstlich erhöhter Körpertemperatur auf die Eiweißzer-  
setzung. Sitzungsber.
- 1884 Sur quels principes devrait être basée l'alimentation des détenus, au point  
de vue hygiénique et pénitentiaire? Bulletin de la Commission Pénitentiaire  
Internationale, No. 14.
- 1885 Über die Fettbildung im Tierkörper. Sitzungsber.
- 1886 Die Verköstigung der Gefangenen in dem Arbeitshause zu Rebdorf, drei  
Gutachten. München. Mediz. Wochenschrift.
- 1886 Über die Periodizität im Gewichte der Kinder, Gutachten. München. Mediz.  
Wochenschrift.
- 1886 Über den Nährwert der Glycerins. Sitzungsber. der Ges. für Morph. u. Phys.
- 1887 Die Verwendung der Sauermilch in den Gefangenenanstalten. München. Mediz.  
Wochenschrift.
- 1887 Untersuchungen der Kost eines Vegetarianers. Sitzungsber. der Ges. für  
Morph. und Phys.
- 1887 Ernährung der Gefangenen in dem Handbuch des Gefängniswesens von  
Holzendorf und Jagemann.
- 1888 Kostversuche mit dem Beckerschen Ofen. München. Mediz. Wochenschrift.

- 1888 Beiträge zur Erweiterung des Gebrauchs der Milch als Volksnahrungsmittel, Gutachten. Herausgegeben von dem Landeskulturrat für das Königr. Sachsen.
- 1888 Über die Kost eines Vegetarianers. Z. f. Biologie (25).
- 1888 Bemerkungen über das Vorkommen von Guanin. Sitzungsber. der Ges. für Morph. und Phys.
- 1889 Über den Kalkgehalt der Knochen und Organe rhachitischer Kinder. Sitzungsber.
- 1889 Über die Resorption verschiedener Fette aus dem Darmkanal. Sitzungsber. der Ges. für Morph. und Phys.
- 1891 Über den Einfluß der Kohlehydrate auf den Eiweißzerfall. Sitzungsber. der Ges. für Morph. und Phys.
- 1891 Über schiefe und gerade Heftlage, Schiefschrift und Steilschrift. München. Mediz. Wochenschrift.
- 1891 Über die Glykogenbildung nach Aufnahme verschiedener Zuckerarten. Z. f. Biologie (28).
- 1892 Über den Einfluß verschiedener Nahrungsmittel auf den Wassergehalt der Organe und den Hämoglobingehalt des Blutes. Sitzungsber. I.
- 1892 Bemerkungen zu der Mitteilung von Dr. S. Gabriel. Z. f. Biologie (29).
- 1893 Über die Anwendung der Eiweißträger insbesondere des Weizenklebers in der Nahrung des Menschen. Archiv für Hygiene (17).
- 1894 Gewichte der Organe eines wohlgenährten und eines hungernden Hundes. Z. f. Biologie (30).
- 1894 Über die Beziehungen der Gallenabsonderung zum Gesamtstoffwechsel im tierischen Organismus. Z. f. Biologie (30).
- 1895 Über die Nahrung in verschiedenen Klimaten. Arch. für Anthropologie (23).
- 1895 Über den Eiweißumsatz bei Zufuhr von Antipepton. Sitzungsber. III.
- 1897 Über die Bedeutung des Fleischextraktes als Nahrungsmittel und Genußmittel. München. Mediz. Wochenschrift.
- Ist das Eiweiß ausschließlich die Quelle der Muskelkraft? Bericht über die Centenarf. des Todestages von Spallanzani, S. 89.
- 1901 Max von Pettenkofer zum Gedächtnis. Rede in der öffentl. Akademiesitzung.
- 1904 Über die Bedeutung der Genußmittel in der Nahrung. Vortrag zum Besten eines Pettenkofer-Hauses. Deutsche Revue.