

III.

Untersuchungen über die Beziehungen der geistigen Thätigkeit zum Stoffwechsel.

Von

Sanitätsrath Dr. Speck,
Kreisphysikus in Dillenburg.

Ueber die molecularen Vorgänge im Gehirn und die stofflichen Veränderungen, welche in demselben bei seiner Thätigkeit vor sich gehen, besitzen wir zwar manche Muthmassungen und Hypothesen, aber ausserordentlich wenig Thatsächliches und durch Versuche Festgestelltes.

Zwar hat Lavoisier, nachdem er in der Respiration einen Verbrennungsprocess erkannt und diese bahnbrechende Entdeckung im Jahre 1777 veröffentlicht hatte (*Expériences sur la respiration etc. Mém. lu à l'Académie des sc. le 3. mai 1777*) unsere Kenntnisse über die Stoffwechselvorgänge fest begründet und in den darauf folgenden Jahren im Verein mit Seguin durch zahlreiche Untersuchungen des Athemprocesses nach allen Richtungen hin ganz erstaunlich gefördert, über unser vorliegendes Thema aber fehlen auch bei ihnen die Versuche.

Die beiden Gelehrten hatten bereits ermittelt, dass die Wärmebildung im Körper nicht der Verbrennung des Kohlenstoffs allein zu verdanken sei, sondern dass auch der Wasserstoff verbrannt wurde, sie hatten das Verhältniss, in dem beide im Körper verbrennen, festgestellt; sie kannten die indifferente Rolle, welche der Stickstoff beim Athmen spielt und bewiesen seine Entbehrlichkeit dadurch, dass sie ihn in der Athemluft durch Wasserstoff ersetzten; sie wussten, dass die Verbrennungen im Körper beim Athmen reinen Sauerstoffs nicht energischer wurden, als beim Athmen gewöhnlicher Luft, dass der Sauerstoffverbrauch bei niedriger Temperatur, nach den Mahlzeiten und namentlich bei jeder körperlichen Thätigkeit zunehme; sie hatten auch richtige Mittelzahlen für Sauerstoffverbrauch, Kohlensäure und Wasserbildung angegeben, aber über die Beziehungen der geistigen Thätigkeit zu den Oxydationsvorgängen im mensch-

lichen Körper theilen sie uns nur ihre Anschauungen mit ohne experimentelle Begründung.

Sie äussern sich darüber folgendermaassen (Premier Mém. sur la respir. des animaux par Lavoisier et Seguin. Oeuv. de Lavoisier II. p. 697): ihre Versuche führten dahin, die Verwendung von Kräften mit einander zu vergleichen, unter denen eigentlich keine Verbindungen zu bestehen scheinen. Man könnte z. B. ermitteln, wie viel Pfund eines gehobenen Gewichts der Anstrengung eines Mannes entspreche, der eine Rede halte, oder eines Musikus, der ein Instrument spiele, oder wie viel mechanische Kraft in der Arbeit eines Philosophen liege, der nachdenke, eines Mannes der Briefe schreibe, oder eines Musikers, der componire. Alle diese rein geistigen Aeusserungen hätten etwas Physisches und Materielles, wodurch sie körperlichen Leistungen vergleichbar würden, und die Arbeit des Gelehrten und des Tagelöhners könnten so mit einem und demselben Maasse gemessen werden.

Ohne Zweifel sahen die beiden Forscher als dies gemeinschaftliche Maass die Grösse des Stoffverbrauchs an, gemessen durch den Sauerstoffconsum. Nach ihrer Auffassung lag jeder geistigen Thätigkeit dieselbe stoffliche Veränderung zu Grund, die jede körperliche Arbeit als nothwendige Bedingung forderte, ein Oxydationsprocess.

Ob sie sich dabei die klare Vorstellung einer Transformation chemischer Kräfte in geistige Kraft, anstatt in Wärme oder in mechanische Kraft gemacht haben, ist nicht deutlich erkennbar; der Vergleich aber, den sie hier zwischen körperlicher und geistiger Thätigkeit aufstellen und das gemeinsame Maass, welches sie für beide annehmen, lässt den Gedanken nicht ganz von der Hand weisen, dass sie eine ähnliche Vorstellung sich gemacht haben. Es erscheint auch eine solche Auslegung der obigen Darstellung Lavoisier's und Seguin's um so mehr berechtigt, als die Ansichten ihrer Zeit über das Wesen der Wärme bereits sehr fortgeschritten waren. Man hatte die Wärme bereits als eine Molecularbewegung erkannt, welche zu mechanischer Thätigkeit (Ausdehnung) werden konnte, und ebenso war man im Klaren darüber, dass ein aus dem gasförmigen Zustand in den flüssigen übergehender Körper genau das Quantum Wärme wieder abgibt, welches er bedurft hatte, um aus dem flüssigen in den gasförmigen übergeführt zu werden und darin zu verharren. Die Ausdrücke „freie Wärme“, „gebundene Wärme“, „frei gewordene Wärme“ sind nach Lavoisier gleichbedeutend mit „lebendiger Kraft“, „Verlust lebendiger Kraft“, „Vermehrung der lebendigen Kraft“ (Mém. sur la chaleur par Lavoisier et Laplace

1780. — Oeuv. de Lavoisiers II, p. 283). Bei einer solchen Einsicht in das Wesen der Wärme sind meines Erachtens die Auslassungen Lavoisier's und Seguin's kaum anders als so aufzufassen, dass derselbe chemische Process, der unter anderen Umständen Wärme hervorbringt, bei dem thätigen Gehirn nicht Wärme, sondern geistige Arbeit liefert.

Es ist auffallend, alle übrigen Ermittlungen der beiden genannten Gelehrten über den Athemprocess und den Stoffwechsel hat man vielfach geprüft, verworfen oder bestätigt, ihre Muthmaassungen über die Vorgänge im Gehirn bei geistiger Thätigkeit haben Niemanden veranlasst, eine Probe auf ihre Richtigkeit anzustellen. Waren ihre Angaben richtig, so musste bei geistiger Anstrengung in ähnlicher Weise wie bei körperlicher Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureausscheidung die Wärme vermehrt sein, und der Nachweis dieser Thatsache dürfte keine grösseren Schwierigkeiten bieten, als der sehr leicht zu führende Nachweis der Vermehrung der Oxydationsprocesse durch körperliche Thätigkeit. Der Nachweis ist nirgends geliefert, und es lässt sich über den Mangel an Thatsachen auf diesem Gebiet u. A. auch Liebermeister folgendermaassen aus:

„Temperaturbestimmungen sowohl, wie auch anderweitige Erfahrungen machen es wahrscheinlich, dass auch durch geistige Thätigkeit der Stoffumsatz und die Wärmeproduction gesteigert werden. Auch hat bereits Lavoisier in dieser Beziehung die geistige mit körperlicher Arbeit verglichen. Entscheidende Erfahrungen liegen darüber bis jetzt nicht vor. Ein einzelner Versuch, bei dem Professor Immermann als Versuchsperson fungirte, lieferte nur in Betreff der Kohlensäureproduction ein Resultat, welches für die Richtigkeit der Voraussetzung zu sprechen schien, ohne aber ganz entscheidend zu sein“. (Liebermeister Pathol. u. Therap. des Fiebers 1875. S. 196.)

Auch heute noch ist die Anschauungsweise Lavoisier's und Seguin's bezüglich der Gehirnthätigkeit die herrschende. So erklärt, um nur ein Beispiel aus vielen anzuführen, v. Krafft-Ebing (Lehrbuch der Psychiatrie. 1870. Bd. 1. S. 10) „die intensive und qualitativ hohe Leistungsfähigkeit der Hirnrinde“ durch ihren Blureichthum und ihren Reichthum an „sehr complicirten stark kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen leicht zersetzbaren fettartigen Substanzen mit hohem Verbrennungswerth, deren Umsatz also eine bedeutende Summe von Arbeitswerth resp. lebendige Kraft liefert“. Es wird also nicht blos der Oxydationsvorgang als Grundlage der geistigen Thätigkeit bestimmt in Anspruch genommen, es wird auch das Maass der Oxydation als ein sehr hohes angegeben.

Indessen macht auch eine andere Ansicht sich bemerklich. Bezüglich der Nerventhätigkeit betonen verschiedene Schriftsteller, so z. B. Rosenthal (allgem. Physiol. der Muskeln und Nerven 1877) und Hermann (Handbuch d. Physiologie II. Bd. 1. Thl. S. 141) und Voit (ibid. Bd. VI. 1. Thl. S. 209) die Geringfügigkeit der in den Nerven producirten Kräfte und mithin die Geringfügigkeit des in ihnen sich abspielenden Stoffumsatzes. Auch Wendt (Grundzüge der physiolog. Psychologie 1880) wird durch Versuche über die Fortpflanzung von Reizen durch galvanisirte Nervenstrecken zu dem Schluss geführt, dass in den Nerven entgegengesetzte Processe (Reductions- und Oxydationsprocesse) ablaufen, dass aber doch im Ganzen ein Oxydationsprocess resultire, dem eine Arbeitsleistung entspreche. Er weicht bezüglich der Centralorgane des Nervensystems wesentlich von der seitherigen Ansicht ab, indem er diesen Centralorganen, also den Ganglienzellen, die Erzeugung complexer Verbindungen aus einfacheren, ähnlich wie die Pflanzenzellen, also negative Arbeit oder Ansammlung vorrätiger Arbeit zuschreibt. Durch Reizung dieser Ganglienzellen werde auch diese auf Ansammlung vorrätiger Thätigkeit gerichtete Wirksamkeit noch gesteigert. Die Ganglienzellen seien so die Bildungsstätte der Stoffe, welche die Nervenmasse zusammensetzen, die in den Nervenfasern in Folge der physiologischen Function zum grössten Theil verbraucht werden. Nach dieser Ansicht würden die Oxydationsprocesse, namentlich in den Centraltheilen eine sehr unwesentliche Rolle spielen.

Auch auf einem andern Weg wird eine Bestätigung für die Ansicht geliefert, dass im Gehirn sich Reductionsprocesse vollziehen. Selmi nämlich (Ueber einige flüchtige Prod. des faulenden Gehirns. Jahr.-Ber. über die Fortschritte der Thierchemie. 1877. No. 263) erhielt bei Destillation faulender Muskel, Eingeweide und Urin im Kohlensäurestrom nie phosphorhaltige Producte, während faulendes Gehirn unter gleicher Behandlung stets die Anwesenheit von Phosphor ergab. Da nun Phosphorsäure unter gewöhnlichen Bedingungen, sei es durch faulige Gährung, sei es durch Wasserstoff im statu nascenti nicht reducirt wird, so beweist nach Selmi dieser Nachweis eines phosphorhaltigen Products im faulen Gehirn, das in anderen faulen Leichentheilen fehlt, dass die Gehirns substanz irgend eine nicht oxydirte Phosphorverbindung enthält, welche durch faulige Gährung sich in Phosphamin umsetzt. Zur Erklärung der Herkunft dieser Verbindung nimmt Selmi an, dass im Gehirn ähnliche physiologische Vorgänge stattfinden, wie in den grünen Pflanzentheilen.

Dass materielle Veränderungen in unserm Gehirn vor sich gehen und dessen Thätigkeit zu Grund liegen, sind wir gezwungen anzunehmen. Wir können es uns nicht anders vorstellen, als dass Veränderungen in unserer geistigen Thätigkeit veranlasst sind durch stoffliche Veränderungen des Organs, mit dessen Zerstörung jede geistige Thätigkeit vernichtet ist. Eine äusserlich wahrnehmbare Veränderung des Organs ist nicht vorhanden und wir müssen in den nicht wahrnehmbaren Schwingungen der Molecüle und Atome und der Lageveränderung derselben die Erklärung suchen. Wir können unsere Gedanken, Empfindungen etc. uns nur denken als zum Bewusstsein gekommene Umänderungen der molecularen Verhältnisse unseres Gehirns. Welcher Art diese Umänderungen sind, das wissen wir nicht, dass sie in ihrem Endresultat die Veränderungen der molecularen Lage darstellen, welche wir als Oxydation bezeichnen, das anzunehmen liegen keine triftigen Gründe vor.

Aus den Vorgängen am thätigen Muskel und der thätigen Drüse hat man Schlüsse gezogen auf die Thätigkeit des Gehirns.

Schon theoretische Erwägungen führen durchaus nicht dahin, dass sie eine Vergleichbarkeit beider Organe und Thätigkeiten annehmbar machen. Der thätige Muskel leistet durch seine Zusammenziehung eine Arbeit, für die wir ein Maass haben, er überwindet Widerstände, er hebt Lasten, für die wir bestimmte Grössen setzen können. Aus dem Gesetz der Erhaltung der Kraft folgt unwiderleglich, dass eine solche mechanische Arbeitsleistung nur dann möglich ist, wenn sie aus einer andern Kraft hergeleitet werden kann. Entweder muss der Arbeit leistende Körper chemische Spannkraft in mechanische Kraft umsetzen und dann entsprechende chemische Umsatzproducte liefern, oder er muss einen Theil seiner intermolecularen Bewegung — seine Wärme — in mechanische Kraft umsetzen und dann entsprechend kälter werden, oder er muss elektrische Kräfte in mechanische verwandeln und dann die ersteren einbüssen.

Die negative Stromschwankung, die bei der Thätigkeit der Nerven sowohl als des Muskels sich bemerklich macht, könnte diese letzte Eventualität als die richtige erscheinen lassen; sie ist auch wohl ein ganz sicherer Beweis dafür, dass stoffliche Veränderungen die Thätigkeit beider Organe begleiten; die elektrischen Vorgänge sind aber quantitativ so gering, dass sie nur durch die empfindlichsten Instrumente nachzuweisen sind, und es wird wohl Niemand im Ernst daran denken, in ihnen die Quelle der Muskelkraft zu erblicken. Vollziehen sich in dem lebenden ruhenden Körper in Folge der Ernährung beständig Oxydationen, was wohl nicht bezweifelt

werden kann, so könnte die Abschwächung des galvanischen Stromes, wie sie sich bei der Thätigkeit der Nerven und Muskel als negative Schwankung zeigt, doch eigentlich wohl nur eine Abnahme der Oxydationsvorgänge andeuten. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass die negative Schwankung des zuckenden Muskels mit der Kraftentwicklung desselben gar nichts zu thun hat. — Dass auch ein Wärmeverlust beim thätigen Muskel nicht eintritt, ist allgemein bekannt, ebenso wie die Thatsache, dass der Theorie entsprechend die Umsatzproducte durch Muskelthätigkeit vermehrt werden. Dass mit der Steigerung der mechanischen Leistung auch eine Steigerung des Verbrauchs der chemischen Affinitäten gleichen Schrittes einhergeht, habe ich deutlich nachzuweisen vermocht (Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch u. s. w., Schriften d. Ges. z. Förder. d. ges. Nat.-W. zu Marburg Bd. 10 (1871) S. 45.) Wie verhält sich dem gegenüber das Gehirn und das Nervensystem? Keine Spur einer mechanischen Leistung nöthigt uns hier zu der Annahme chemischer Umsetzungen ähnlicher Art, wie sie im Muskel vorkommen. Was sollte das Product, die Wirkung der chemischen Kräfte, sein? Wir können Gedanken, deren vollkommene Unvergleichlichkeit mit räumlichen Vorstellungen Cartesius bereits ausgesprochen hat, nicht ansehen als ein Aequivalent mechanischer Arbeit, wir können Gedanken nicht wie mechanische Arbeit wieder in Wärme zurückverwandeln.

Ist der thätige Muskel gebindert eine mechanische Leistung zu vollführen, so wird genau entsprechend dem Gesetze der Erhaltung der Kraft, der Verbrauch der chemischen Affinitäten sich als Wärme äussern. Bécclard hat demgemäss nach Charcot (Klin. Vorträge über Krankheiten des Nervensystems. S. 189) auch nachgewiesen, dass nur statische Muskelcontracturen zu messbaren Temperatursteigerungen führen, und Charcot bemerkt dazu, dass in Uebereinstimmung hiermit nur tonische Krämpfe (wie Tetanus) die Körpertemperatur auffallend steigerten, die clonischen dagegen keine merkliche Steigerung veranlassten.

Betrachten wir die Thätigkeit der Drüsen. Die Bildung und die Ausscheidung ihres Secrets aus dem Blut braucht nicht nothwendig die Folge von oxydativen Hergängen zu sein. Das Secret beträgt aber eine messbare Menge, in der bestimmte Bewegungserscheinungen sich bemerklich machen, die für sich ganz bestimmt Oxydationsvorgänge oder ihnen ähnliche chemische Modificationen des Stoffs verlangen. Man darf sogar bei der ausserordentlichen Erwärmung der Drüsen bei ihrer Thätigkeit (bis zu $1,5^{\circ}$ über die Temperatur des zufließenden Bluts hinaus) annehmen, dass die Hindernisse, welche

dieser Bewegung des Secrets sich in den Weg stellen, recht erhebliche sind, und dass ein Theil der für die Bewegung aufgewandten chemischen Kräfte in Wärme wieder zurückverwandelt wird.

Bei der Verdauung müssen nothwendig sowohl für die Bewegungen des Magens (die der Reibung wegen zum Theil in Wärme übergehen) als auch zur Verflüssigung der festen Nahrungsmittel chemische Spannkkräfte verwandt werden. Aus meinen über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen (Unters. über den Einfluss der Nahrung, dieses Archiv Bd. II (1874) S. 411) ergibt sich, dass die Vermehrung der Oxydationsprocesse des Körpers während der Verdauung mehr beträgt, als die bekannte Erhöhung der Körpertemperatur während der Verdauungszeit erfordern würde, dass also, wie zu erwarten war, ein Ueberschuss chemischer Spannkkräfte für die andern genannten Verrichtungen übrig bleibt.

Wohin wir uns wenden, erblicken wir die Gültigkeit des Gesetzes der Erhaltung der Kraft, und wenn bei der Thätigkeit des Gehirns chemische Spannkkräfte, wie man annimmt, in nicht geringem Maasse verbraucht werden, so müssen sie in irgend einer andern Form von Kraft wieder offenbar werden. Diese andere Form vermessen wir aber bei der Thätigkeit des Gehirns und des Nervensystems. Denn da keine Spur einer mechanischen Leistung bei der Thätigkeit des Gehirns und Nervensystems bemerkbar ist, so müsste der Nachweis von Wärmeentwicklung hier viel leichter gelingen, als am Muskel, bei dem ein grosser Theil der sich in ihm abspielenden Oxydationsvorgänge zu mechanischer Kraft umgesetzt wird und also als Wärme nicht mehr zu beobachten ist. Dieser Nachweis aber, der bei Muskelthätigkeit zweifellos erbracht ist, fehlt für den thätigen Nerven und für das thätige Gehirn.

Cl. Bernard zwar (Vorlesungen über d. thier. Wärme. Uebers. v. Schuster (1876) S. 151), der die Fähigkeit, Wärme zu entwickeln, allen lebenden Organen zukommen lässt, führt, um zu beweisen, dass Nerventhätigkeit eine Wärmequelle sei, an, dass der gereizte N. ischiadicus an der gereizten Stelle einen Wärmeauschlag an der thermoelektrischen Nadel bewirke, gegenüber der an nicht gereizter Stelle des Nerven eingestossenen Nadel. Auch Schiff und ebenso Valentin wollen Erwärmung des Nerven auf Reizung desselben beobachtet haben.

Heidenhain dagegen, der nicht blos mit ausgezeichnet feinen Apparaten untersuchte, sondern auch auf diesem Gebiet der Forschung sich einer ganz besondern Uebung erfreut, und ebenso Helmholtz haben eine Erwärmung der thätigen Nerven nicht finden können.

Auch bezüglich des Gehirns ist es nicht festgestellt, ob bei dessen Thätigkeit Wärme entwickelt wird. Schiff will zwar auch hier Wärmebildung beobachtet haben. Heidenhain aber konnte von dieser Thatsache sich ebenfalls nicht überzeugen, indem eine von ihm (thermoelektrisch) gefundene Erhöhung der Temperatur des Grosshirns bei Reizung sensibler Nerven im Vergleich mit dem Aortenblut auch so gedeutet werden konnte, dass das Aortenblut in Folge des Schmerzes kälter geworden war.

Der wichtige Einfluss, den die Muskelthätigkeit auf die gesammte Körpertemperatur ausübt, ist nicht blos von mir in einer grossen Zahl von Untersuchungen, sondern auch von Andern und selbst für geringfügige Muskelaction sicher festgestellt. Ein Gleiches lässt sich für die Thätigkeit des Gehirns nicht behaupten. Untersuchungen hierüber liegen meines Wissens nicht vor. Ich selbst habe von je drei auf einander folgenden Tagen des Morgens ganz früh, nüchtern, genau zu derselben Zeit Temperaturbestimmungen in der Achselhöhle gemacht, indem ich an je drei Tagen 2 bis 3 Stunden lang lebhaft geistig beschäftigt war und an je drei anderen ebenso lang halb schlafend im Sessel sass. Diese mit aller Sorgfalt vorgenommenen Messungen ergaben an den Ruhetagen 35,70°, 35,70° und 35,80°, an den Tagen mit geistiger Thätigkeit 35,80, 35,80 und 36,00°. Diese Zahlen könnten dafür sprechen, dass während geistiger Thätigkeit in der That die Gesamtkörpertemperatur sich steigert. Es muss dabei aber wohl bemerkt werden, dass bei der geistigen Thätigkeit gelesen und kurze Notizen gemacht wurden, wozu nothwendig eine Stellung gehört, die Muskelzusammenziehungen und zwar vornehmlich statische erfordert, die bei der trägen Ruhe des Halbschlafes sicher fehlten, so dass die kleine Temperaturerhöhung wohl richtiger der Muskelaction zuzuschreiben ist.

Ueber die elektrischen Vorgänge im Gehirn herrscht noch tiefes Dunkel. Caton (Centr.-Bl. f. d. med. Wissensch. 1877. S. 540) hat elektrische Ströme am Gehirn von Kaninchen, Katzen und Affen nachgewiesen, wenn er eine Elektrode auf die Gehirnoberfläche, die andere auf einen Verticalschnitt der Hirnsubstanz aufsetzte. Er glaubt auch ein Schwanken des Stromes bemerkt zu haben, wenn der Willens- und Gefühlszustand des Thieres sich änderte. Auch grelles Licht auf die Netzhaut wirkend, soll an einer bestimmten Stelle des Grosshirns Schwankungen des Stromes hervorgebracht haben, ebenso an einer andern Stelle (Ferrier's Kaucentrum) Reizung der Lippen und Backen und das Vorhalten von Futter. Wurden beide Elektroden auf die Hirnoberfläche angelegt, oder auf Hirnoberfläche und Schädel,

so entstanden viel schwächere Ströme, als wenn eine Elektrode auf den künstlichen Verticalschnitt angelegt wurde.

Derartige Versuche sind meines Erachtens viel zu gewaltthätige Eingriffe in das Gehirnleben, als dass sich erwarten liesse, dass bei ihnen kleine Reize, wie die Einwirkung des Lichtes auf die Netzhaut, richtig zum Ausdruck kommen könnten, und Caton warnt selbst davor, aus so schwierig anzustellenden und oft misslingenden Experimenten schon jetzt bestimmte Schlüsse zu ziehen. —

Liegt somit in dieser Betrachtung durchaus keine Nöthigung, die bei der Muskelthätigkeit sich manifestirenden Oxydationsprocesse auch auf die Thätigkeit des Gehirns zu übertragen, so gibt es weiter noch eine recht geringe Zahl von Unterschieden, die die gänzliche Verschiedenheit der beiden Organe darthun.

So z. B. ist die Function des Muskels stets nur die eine, die Zusammenziehung, und je grösser seine Masse ist, um so höher ist seine Leistungsfähigkeit. Die Thätigkeit des Gehirns dagegen ist eine äusserst mannigfache, und seine einzelnen Theile haben sehr verschiedenen Werth. Sollen Schmerz und Wohlbehagen, sollen Trauer und Kummer so gut wie Freude und Zufriedenheit denselben chemischen Vorgängen ihre Existenz verdanken? Es kann das Gehirn grosse Verluste erleiden, ohne dass seine Thätigkeit erheblich beschränkt erscheint. Man kennt Fälle, wo in Folge von Hydrocephalus chronicus die Gehirnmasse ausserordentlich verdrängt und verkleinert war, ohne dass nennenswerthe Störungen vorlagen. Auf der andern Seite ruft die Zerstörung einer winzigen Hirnpartie die allergrössten psychischen Störungen hervor. Ein kleines Thier mit entsprechend kleinerer Gehirnmasse leistet psychisch dasselbe, was ein vielmal grösseres, ihm naheverwandtes mit seinem vielmal grösseren Gehirn leistet, während ihre Muskelkraft der Masse ihrer Muskeln entspricht. — Ein Muskel kann einen gewaltigen Druck vertragen, ehe seine Functionsfähigkeit beeinträchtigt wird, und beim Gehirn reicht eine geringe Compression hin, um seine Thätigkeit ganz in Frage zu stellen. — Auch die Betrachtung derjenigen Erscheinungen und Veränderungen selbst, die an einem in Thätigkeit befindlichen Organ sich bemerkbar machen, liefert keine Stütze für die Ansicht, dass das thätige Gehirn sich gleich verhalte, wie der thätige Muskel.

Was am leichtesten und deutlichsten von diesen Erscheinungen zu Tage tritt, das ist die zunehmende Blutfülle thätiger Organe. Man ist bemüht gewesen, auch bei dem Gehirn die Zunahme der Blutfülle bei thätigem Zustand nachzuweisen; was aber bei allen an-

deren Organen leicht gelang, das blieb bei dem Gehirn mindestens zweifelhaft.

So hat zu diesem Zweck Binz (Zur Wirkung schlafmachender Mittel, dieses Archiv Bd. VI. S. 316) einen Hund und zwei Kaninchen trepanirt und nach Entfernung der Dura mater den Blutreichthum der Gehirnoberfläche beobachtet, während die Thiere wachten oder durch Chloralhydrat, Chloroform oder Aether betäubt waren. Bei dem Hunde war gar kein Unterschied bemerkbar, ob er wachte oder schlief. Bei dem ersten Kaninchen wurde bei zweimaliger Betäubung in Zwischenräumen von zwei Stunden keine Veränderung bemerkt, erst bei der dritten Betäubung zeigte nach längerer Zeit das aus der Trepanationswunde etwas hervorquellende Gehirn sich etwas wenig blutreicher. Bei dem zweiten Kaninchen erschien erst nach langer Narkose, nach Verlauf von einer Stunde, das Gehirn etwas weniger bluthaltig. Abgesehen davon, dass die Versuche kein deutliches und übereinstimmendes Resultat ergaben, glaube ich, erlauben sie den Schluss, den Binz daraus zieht, dass das Auftreten von Blutleere nach langdauernder Narkose mit der allgemeinen Erfahrung übereinstimme, wonach ruhende Organe weniger Blut enthalten als thätige, auch deshalb nicht, weil bei der Narkose nicht der Ruhe des Organs wegen, sondern wegen der unvermeidlichen Wirkung der Narkotica auf die Musculatur des Herzens und der Gefässe Veränderungen in dem Blutgehalt der Organe entstehen müssen.

Ebenso hat Durham (Canstatt's Jahresbericht f. 1861, Bd. I. S. 191) früher dieselben Experimente angestellt. Er trepanirte einen völlig chloroformirten Hund und fand die grossen Venen der Pia etwas ausgedehnt und die kleinen voll dunklen Bluts. Deutlicher Unterschied zwischen Venen und Arterien existirte nicht und die Venen dehnten sich um so mehr aus, als das Chloroformiren dauerte. Als nach der Chloroformirung das Thier in ruhigen Schlaf verfiel, wurde das Gehirn blass und sank unter das Niveau des Knochens, die Venen waren weniger gefüllt, und man erblickte auch arterielle Gefässe. Ehe das Thier erwachte, drang das Gehirn in die Trepanationsöffnung und die Gefässe der Pia füllten sich mit Blut, so dass viele bis dahin unsichtbare nun deutlich wurden. An Kaninchen sollen die Erscheinungen weniger scharf in die Augen fallen (entgegen den Ergebnissen von Binz, der sie an Kaninchen deutlicher fand und am Hunde vermisste).

Die Ergebnisse sind nicht übereinstimmend und erledigen die Frage nicht, ob in Folge der Unthätigkeit des Gehirns dessen Blutzufuhr abnimmt, denn die Blutleere des Gehirns während des Schlafes

kann sehr wohl eine secundäre sein und daher rühren, dass die grossen Gefässe und das Herz wegen Erschlaffung der Musculatur mehr Blut in sich beherbergen. Man darf dabei nicht vergessen, dass zwar die vermehrte Blutzufuhr der Organe eine durchaus nothwendige und regelmässige Begleiterin der durch die Thätigkeit verstärkten Oxydationsprocesse ist, dass aber nicht umgekehrt die Blutfülle oder Blutleere eines Organs, welche aus mancherlei Ursachen entstehen können, ein Beweis ist für die Thätigkeit oder die Ruhe derselben.

Ebensowenig wie die directe Beobachtung hat die Untersuchung mit Instrumenten die grössere Blutfülle des thätigen Gehirns zu beweisen vermocht. Versuche mit dem Marey'schen Explorateur an Kranken mit Defecten des Schädels oder an Thieren mit blossgelegtem Gehirn haben bis jetzt zu keinem sicheren Resultat geführt. Die durch den Puls, durch Athembewegungen, durch Muskelbewegungen hervorgebrachten Volumveränderungen des Organs sind so mannigfaltig, dass sie nur schwer einen Schluss auf die Einwirkung geistiger Thätigkeit zulassen.

Aus demselben Grund hat auch die Anwendung des Mosso'schen Plethysmographen die Frage nicht entschieden. Nach Mosso und Giacomini (*Etude graphique des mouvements du cerveau*. Canst. J.-Ber. f. 1877, Physiologie S. 200 u. Ctrbl. f. med. W. 1877 S. 343) wirkt jede Körperbewegung, so wie jede Geistesthätigkeit verändernd auf das Volumen und die Pulsation des Gehirns ein. Frank (*Recherches crit. etc. sur les mouvements etc.* Ctrbl. f. med. W. 1877, S. 200) will ebenfalls bei geistiger Arbeit eine Erhebung der Pulscurven am Gehirn beobachtet haben, er bezweifelt aber, ob diese Erscheinung auf eine Vermehrung der arteriellen Blutzufuhr zum Gehirn bezogen werden dürfe, da gleichzeitig die Athmung sich wesentlich dabei geändert habe. Im Gegensatz zu Mosso sah S. v. Basch (*Die volumetr. Bestimmung des Blutdrucks beim Menschen*. Wien. med. J.-B. 1877), der mit Mosso's Instrument untersuchte, bei geistiger Thätigkeit keine Veränderung des Armvolumens und jedenfalls keine Verminderung desselben eintreten. Er schreibt die Vermehrung und Verminderung des Armvolums hauptsächlich den oft unwillkürlichen Muskelcontractionen, namentlich der Bauchpresse zu und bezieht auch die Veränderungen des Blutgehaltes des Vorderarms während des Schlafes auf die grössere oder geringere Füllung der Aorta und der Gefässe des Unterleibs in Folge grösserer oder geringerer Erschlaffung des vasomotorischen Centrums. Couty und Charpentier (*Recherches sur les effets etc.* Ctrbl. f. d. m. W. 1877,

p. 198), die an curarisirten Thieren den Einfluss von Sinnesreizen untersuchten, fanden, dass verschiedene Reize bald eine Vermehrung, bald eine Verminderung der Pulsfrequenz, bald eine Steigerung, bald eine Erniedrigung des Blutdrucks in ganz regelloser Weise zur Folge hatten, so dass man bloß an eine reflectorische Wirkung vom Gehirn auf die Gefässnerven denken konnte.

Auch die Pulscurven, welche Thanhoffner (D. Einfluss der Gehirnthätigkeit auf den Puls. Pflüger's Archiv. 19. Bd. 1879. S. 254) als Beweis dafür bringt, dass die Gehirnthätigkeit auf den Puls unzweifelhaft einen Einfluss habe, scheinen mir durchaus nicht beweisend. Es geht aus ihnen hervor, dass andere Einflüsse, Athmen, Sprechen, kleine Bewegungen von viel zu erheblicher Wirkung auf die Blutvertheilung und die Blutfülle des Vorderarms sind, als dass die zweifelhafte, jedenfalls äusserst kleine Wirkung geistiger Thätigkeit zum Ausdruck kommen könnte.

Wenden wir uns weiter zu der Betrachtung der Erscheinungen, welche die Thätigkeit der Organe an dem Gesamtorganismus veranlasst, so ist es bekannt, wie jede mit einer Vermehrung der Oxydationsvorgänge einhergehende Thätigkeit des Muskelapparats mit einer Beschleunigung der Gefässthätigkeit und des Athmens verknüpft ist. Es ist Jedermann bekannt, dass es genügt, nur vom Stuhle aufzustehen, um den Puls um einige Schläge zu vermehren, und dass die Pulsfrequenz stetig mit der Grösse der Anstrengung bis zur Unzählbarkeit wächst; und Lavoisier's Ausspruch (Prem. Mém. sur la respir. Oeuv. de Lav. Bd. V. p. 688), dass die Vermehrung der Pulszahl in directem Verhältniss steht zur Summe der auf eine gewisse Höhe gehobenen Pfunde, ist vollkommen richtig.

Es geht ferner mit Leichtigkeit aus der täglichen Beobachtung hervor, wie mächtig die körperliche Anstrengung auf die Thätigkeit des Athemapparats einwirkt. Auch hier lässt sich nach meinen eignen Versuchen im Allgemeinen dasselbe sagen, wie von der Herzthätigkeit, dass sie mit der Zunahme der Leistung, wie auch der Herzthätigkeit wächst, bis unzählbarer Puls und keuchendes, überangestregtes Athmen jede weitere Leistung unmöglich machen.

Dass auch die mit Vermehrung der Verbrennungsprocesse verbundene Thätigkeit anderer Organe denselben Einfluss übt, das geht aus der Beschleunigung des Pulses und der Athmung während der Verdauung hervor. (Vgl. Speck, Experim. Unters. über den Einfluss der Nahrung u. s. w. Dieses Archiv. Bd. II. 1874. S. 405).

Wenn auch Cl. Bernard (Vorlesungen über thierische Wärme,

übers. v. Schuster. 1876. S. 152) behauptet, dass mit der Thätigkeit des Gehirns wie mit der der Muskeln und Drüsen immer ein Lebhafterwerden der Circulation zusammentreffe, so lehrt doch schon der oberflächliche Augenschein und die alltägliche Erfahrung, dass dem nicht so ist.

Ein geistig arbeitender Mensch, und wenn er noch so tief und aufmerksam denkt, macht nie den Eindruck, den ein körperlich nur mässig thätiger macht. Sein Athem bleibt während tiefer geistiger Anstrengung so ruhig, wie der eines Schlafenden, hier und da nur durch einen tieferen Athemzug in seiner Regelmässigkeit unterbrochen, und auch der Puls bleibt nach einigen Versuchen, die ich darüber angestellt, ganz derselbe, ob ich halb schlafend und träumend oder geistig lebhaft arbeitend im Sessel sass.

Es gibt aber auch thätige Zustände des Gehirns, durch die die Thätigkeit des Herzens und der Athemorgane lebhaft beeinflusst wird, die Affecte. Dass diese Beeinflussung aber wie bei Muskelthätigkeit hervorgerufen oder begleitet sei von Veränderungen des Stoffwechsels, das ist nirgends bewiesen. Viel wahrscheinlicher ist es, dass sie mit dem Stoffwechsel gar nichts zu thun haben und als Reflexerscheinungen nur secundär durch Aenderungen in der Muskelthätigkeit Aenderungen im Stoffwechsel hervorrufen. Denn es haben diese Erscheinungen nicht einmal etwas Constantes. Derselbe Affect, der das eine Mal, oder bei der einen Person das Herz zu ungestümem Schlag bewegt, das Gesicht röthet, den Athem beschleunigt, bringt das andere Mal, oder bei einer andern Person Stillstand des Herzens, Blässe des Gesichts und Aussetzen der Respiration hervor.

Hierher gehören auch jene chirurgischen Fälle, bei denen man bald grössere, bald geringere Blutfülle des Gehirns beobachtete, und aus denen man schliessen wollte, dass die Gehirnthätigkeit mit einer grösseren Blutfülle des Gehirns stets verknüpft sei. So erzählt z. B. A. Cooper (Theoret. prakt. Vorlesungen über Chirurgie. Uebersetzt von Schütte. 1856. Bd. 1. S. 164) von einem jungen Mann mit vernarbter Schädelwunde, mit Hirn- und Knochendefect, dass man die Pulsation des Gehirns deutlich durch die offene Stelle des Schädels bemerkt habe, und dass diese sofort sich beschleunigt gezeigt habe, wenn in der Conversation etwas vorkam, was dem Mann missfiel.

Aus dem Allem kann ich nur den Schluss ziehen, dass die geistige Thätigkeit in Bezug auf Beeinflussung der Athemthätigkeit und der Circulation sich anders verhält, als die Muskelschicht.

Man hat bei der Ermittlung der chemischen Vorgänge während der Thätigkeit der Organe einen grossen Fehler begangen, in-

dem man diese nicht getrennt hat von den Vorgängen bei der Ernährung.

Lange Zeit huldigte man der Liebig'schen Ansicht, dass der Muskel bei seiner Thätigkeit sich selbst verbrauche, dass seiner Thätigkeit also nur ein verstärkter Ernährungsprocess als Grundlage diene. Die Versuche haben bekanntlich diese Theorie widerlegt. Fand man auch unter Umständen — überreiche Zufuhr von Albuminaten, oder Eintritt von Dyspnoë nach H. Oppenheim (Pflügers Arch. Bd. 22. (1880) S. 40) — eine Vermehrung der Stickstoffausscheidung bei Muskelthätigkeit, so liess sich doch daraus weder die entwickelte Kraft herleiten, noch stand sie zu der Höhe der Kraftentwicklung in irgend einem Verhältniss.

Dagegen wuchs mit der Grösse der Leistung die Ausscheidung der Kohlensäure, und es war klar, dass nicht die stickstoffhaltigen Muskelbestandtheile die chemische Grundlage der mechanischen Leistung gebildet hatten. Untersuchungen von Böhm und Hoffmann (Beiträge zur Kenntniss des Kohlenhydratstoffwechsels, dieses Arch. Bd. VIII. S. 375) haben ergeben, dass gefesselte und tracheotomirte oder auch bloß gefesselte Thiere unter Abnahme der Körpertemperatur zu Grunde gehen, nachdem alles Glykogen im Körper verzehrt ist, dass aber bei ganz ebenso behandelten Thieren nach dem Tod noch erhebliche Mengen dieses Kohlehydrats vorfindlich sind, wenn alle Muskelaction durch Durchschneidung des Rückenmarks beseitigt wird.

Es wird hierdurch der Annahme eine Stütze verliehen, dass bei der Muskelzusammenziehung das Glykogen zerstört wird, und dass die Möglichkeit einer Muskelleistung abhängig ist von der Gegenwart eines bestimmten Stoffes. Wir wissen nicht, ob das Glykogen bloß in der Leber gebildet wird, oder ob es auch der Muskel produciren kann. Ist letzteres der Fall, so erklärt sich dadurch leicht die Ermüdung und Erholung des ausgeschnittenen Muskels durch die augenblickliche Aufzehrung eines Stoffes, der nicht in gleicher Geschwindigkeit in dem Muskel wieder abgespalten wird.

Sei dem, wie ihm wolle, für unsern Zweck bleibt es gleichgültig, wie man sich die chemischen Vorgänge im thätigen Muskel und die Mitwirkung der Albuminstoffe dabei vorstellen will, ob man mit Hermann das dabei abgetrennte Myosin sich durch Aufnehmen von Kohlenstoff und Sauerstoff wieder restituiren, ob man mit Pflüger (Ueber physiol. Verbrennung im lebenden Organismus, Pflüger's Arch. Bd. 10. (1875) S. 331) den Kern des Eiweissmolecöls unzersetzt bleiben und durch einen synthetischen Process auf Kosten von Fetten

und Kohlehydraten sich wieder zum vollen Eiweissmolecül ergänzen, oder ob man den Muskel einfach die in der Leber oder anderswo erzeugten Kohlehydrate verbrennen lassen will, es ist ganz sicher, dass die Thätigkeit des Muskels nicht identisch ist mit einer einfachen Steigerung seines Ernährungsprocesses, und dass der Vorgang der Thätigkeit eines Muskels (nicht der Grad seiner Leistungsfähigkeit) unabhängig neben dem Vorgang seiner Ernährung hergeht. —

Auch für die Thätigkeit der Drüsen wird es keine besonderen Schwierigkeiten haben, einen ähnlichen Nachweis zu liefern. Es wird z. B. Niemandem einfallen, das Secret der Magendrüsen, den stark sauren Magensaft, als ein Product des Zerfalls dieser Drüsen selbst anzusehen.

Bei den chemischen Vorgängen der Gehirnthätigkeit hat man unverdrossen an der Ansicht festgehalten, dass mit dieser Thätigkeit eine Abnutzung, ein Zerfall des Gehirns Hand in Hand gehen müsse, man hat die Vorgänge der Ernährung des Gehirns nicht getrennt von denen, die bei seiner Thätigkeit auftreten, und hat demgemäss diese Vorgänge sich immer nur als Oxydationsvorgänge gedacht, bei denen eine Vermehrung der Zerfallproducte, des Harnstoffs, der Kohlensäure, der Phosphorsäure, unausbleiblich sei.

Niemand wird in Abrede stellen wollen, dass in dem lebenden Gehirn Oxydationsprocesse vor sich gehen. Sie gehören zu seinen Ernährungsvorgängen, wie auch bei andern Organen. Das Gehirn wird wie alle anderen Drüsengebilde mit arteriellem Blut versorgt, das als venöses wieder aus ihm abfließt, es bildet seinen Antheil Wärme gewiss ebenso gut, wie jeder andere Körpertheil; dass aber bei der Thätigkeit des Gehirns diese Processe besonders verstärkt werden, bedarf des experimentellen Beweises.

Aus der ersten Zeit der Harnstoffuntersuchungen existirt eine Arbeit über den Einfluss geistiger Thätigkeit auf den Stoffwechsel von Hammond, der an sich den Einfluss dieser Thätigkeit durch Untersuchung der Harnausscheidung zu ermitteln strebte (*The American Journ. of med. sciences* Apr. 1856. *Canst. Jahres-Ber.* pro 1856. Bd. 1. S. 92). Er fand, dass geistige Anstrengung die Menge des gelassenen Harns, des ausgeschiedenen Harnstoffs (von 38,1 Grm. auf 48,6 Grm. täglich), des Kochsalzes, der Phosphorsäure und der Schwefelsäure vermehre, und dass Thee und Kaffee, indem sie das Nervensystem aufregten, zu gleicher Zeit die Stoffmetamorphose der Gewebe beträchtlich verzögern und die oben genannten Ausscheidungen verringern.

Voit, dessen Resultate bezüglich der Kaffeewirkung den Ham-

mond'schen widersprechen, setzte bereits (Unters. über d. Einfluss des Kochsalzes, des Kaffees und der Muskelbewegung 1860. S. 129) entschiedenen Zweifel in die Richtigkeit der Angaben Hammond's, ohne dafür einen bestimmten Grund anzugeben.

Der Verdacht Voit's ist ein völlig begründeter und wird veranlasst durch eine wahrhaft beneidenswerthe Gleichmässigkeit der Stoffwechselfunctionen und Ausscheidung, deren sich ausser Hammond kein anderes Individuum erfreut. Als Probe seiner Arbeit gebe ich hier eine Versuchsreihe von 10 Tagen, während der eine bestimmte gleiche Kost genossen wurde. Die ursprünglichen Zahlen in Unzen und Gran habe ich der besseren Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer Forscher wegen in Gramm umgerechnet, habe die grössten Differenzen bemerklich gemacht, und bemerke noch, dass diese Probe willkürlich geradezu herausgegriffen ist, und sich von den übrigen Beobachtungsreihen in Bezug auf Gleichmässigkeit nicht unterscheidet.

Urinmenge.	Harnstoff.	Harnsäure.	Kochsalz.	Phosphorsäure.	Schwefelsäure.
1. 1000	38,86	0,82	8,69	2,43	2,27
2. 974	38,66	0,81	8,86	2,41	2,26
3. 978	38,66	0,81	8,79	2,42	2,25
4. 953	38,72	0,82	8,69	2,34	2,24
5. 931	38,57	0,79	8,65	2,39	2,14
6. 920	38,44	0,78	8,65	2,50	1,88
7. 904	38,52	0,82	8,60	2,47	1,90
8. 903	38,64	0,77	8,51	2,34	1,96
9. 895	38,53	0,76	8,61	2,30	2,00
10. 899	38,60	0,80	8,51	2,30	1,95

Grösste Differenz:

105	0,42	0,06	0,35	0,20	0,39
-----	------	------	------	------	------

Ich selbst habe eine grosse Zahl von Harnuntersuchungen vorgenommen, aber weder in meinen Versuchen, noch in denen Voit's, dessen Harnanalysen vielleicht nach Tausenden zählen, und dem die Meisterschaft in diesen Untersuchungen nicht abzusprechen ist, noch in denen irgend eines andern Forschers wird man eine solche Uebereinstimmung der Zahlen antreffen, wie hier. Selbst wenn nach langer Fütterung bei Hunden Voit das Stickstoffgleichgewicht hergestellt hatte, hat er eine solche Gleichmässigkeit der Zahlen für die Harnstoffausscheidung, wie sie hier ohne weitere Vorbereitung sofort bei einer bestimmten Nahrung auftritt, auch nicht annähernd erreicht.

Da nun bei der Anzahl von Beobachtungen ähnlicher Art kein einziger Forscher der Art übereinstimmende Zahlen erhalten hat,

wie die Hammond'sche Arbeit sie in allen Versuchsreihen darbietet, so darf man wohl mit Bestimmtheit erklären, dass eine solche Uebereinstimmung überhaupt nicht vorkommt, und man darf als in hohem Grad verdächtig diese Arbeit wohl ignoriren.

Einige Versuche, die ich über die Urinausscheidung bei geistiger Thätigkeit an mir angestellt habe, theile ich hier mit.

Nach annähernd gleichem Abendessen an den Versuchstagen wurde um 10 Uhr zu Bett gegangen und um 5 Uhr aufgestanden, und dann entweder 2 oder 3 Stunden geistig lebhaft gearbeitet (Lesen, Ausziehen, Kritisiren deutscher und französischer wissenschaftlicher Versuche), oder genau dieselbe Zeit mit meist geschlossenen Augen ohne jegliche Beschäftigung halb schlafend im Sessel gesessen. Bei Beginn des Versuchs wurde Urin gelassen und das Körpergewicht bestimmt, ebenso bei beendigem Versuch. Bei der Urinentleerung wurde die Bauchpresse möglichst in Anwendung gebracht. Danach wurde gleichmässig gefrühstückt und nach einer und nach 2½ Stunde noch Urin entleert.

Versuch 1. Den 31. August 1877 bei 15° Zimmertemperatur. Geistige Beschäftigung, auf zweimal 108 und 102 C.-Ctm. Wasser getrunken.

Versuch 2. Den 1. September 1877 bei 12° Temperatur etwas Frösteln, ohne geistige Thätigkeit; genau zu denselben Zeiten wie bei 1 95 und 100 C.-Ctm. Wasser getrunken. Die Versuche ergaben:

No.	Einnahme C.-Ctm.	Körpergewicht.	Urin C.-Ctm.	Insensible Perspiration.
1	210	+ 60	78	72
2	195	+ 60	82	53

Urin-Untersuchung.

No.	Zeit.	Urinmenge.	Spec. Gew.	pCt. Harnstoff.	Harnstoff im Ganzen.
1	7. 18	78	1021	2,57	2,004
	8. 22	55	—	2,43	1,336
	9. 47	103	1020	—	—
2	7. 18	82	1019,8	2,70	2,214
	8. 22	210	1007	0,94	1,974
	9. 47	140	1013,7	—	—

Der Versuch ergibt bestimmt keine Vermehrung der Harnstoffausscheidung zu Gunsten der geistigen Thätigkeit, sie ist merklich grösser bei Versuch 2 mit geistiger Ruhe. Der Grund für die Ver-

mehrung in Versuch 2 liegt sicher in der durch das Frösteln bedingten geringeren Hautthätigkeit, die sich in verminderter Ausscheidung durch insensible Perspiration während des Versuchs und stark vermehrte Wasserausscheidung durch die Nieren nach dem Versuch deutlich kund gibt.

In Versuch 3 und 4, den 19. und 20. September 1877, wurden in 3 Portionen genau zu derselben Zeit und in derselben Menge je 295 Cctm. Wasser getrunken, da bei nur 200 C.-Ctm. Wasser der vorigen Versuche die Urinmenge gar gering war. In Versuch 3 halb schlafend, etwas Frösteln bei kühlem, regnerischem Wetter; in Versuch 4 geistige Beschäftigung und etwas Neigung zu Diarrhoe —, nach dem Versuch im Laufe des Vormittags zwei dünne Stühle.

Das Resultat der Versuche war:

No.	Einnahme C.-Ctm.	Körpergewicht.	Urin C.-Ctm.	Insensible Perspiration.
3	295	+ 70	90	135
4	295	+ 113	65	117

No.	Zeit.	Urin. *	Spec. Gew.	Harnstoff:		Phosphorsäure:	
				pCt.	im Ganzen.	pCt.	im Ganzen.
3	7. 50	90	1027,7	2,26	2,034	—	—
	9. 20	135	1013	1,46	1,971	0,184	0,248
	10. 30	103	1017,7	1,68	1,730	—	—
4	7. 50	65	1023,1	3,06	1,989	0,268	0,174
	8. 50	40	—	2,88	1,152	0,240	0,096
	10. 30	75	—	2,92	2,190	0,206	0,154

Auch bei diesen beiden Versuchen ist eine störende Unregelmässigkeit eingetreten. Ist in Versuch 3 durch etwas Frösteln die Urinsecretion vermehrt, so ist sie bei Versuch 4 durch Neigung zu Diarrhoe stark vermindert. Auch hier entspricht der geistigen Ruhe die grössere Harnstoffzahl, aber offenbar nur darum, weil sie mit der erheblichen Zahl für die Urinmenge zusammentrifft. Wegen des geringen Quantums Urin in Versuch 4 sind die Bestimmungen der Phosphorsäure nicht zuverlässig.

In Versuch 5 und 6 wurde in den ersten 40 Minuten in 3 Portionen 367 Cctm. Wasser getrunken, in 5 ohne, in 6 mit geistiger Thätigkeit. Das Ergebniss war:

No.	Einnahme.	Körpergewicht.	Urin.	Insensible Perspiration.
5	367	+ 130	78	159
6	367	+ 130	92	145

Urin-Untersuchung.

No.	Zeit.	Urin.	Spec. Gew.	Harnstoff:		Phosphorsäure:	
				pCt.	im Ganzen.	pCt.	im Ganzen.
5	7. 50	78	1018,3	2,45	1,911	0,176	0,137
	9. 10	84	1017,2	1,96	1,646	0,172	0,144
	10. 30	90	1019,6	2,15	1,935	0,120	0,108
6	7. 50	92	1021,2	2,54	2,337	0,152	0,140
	9. 10	86	1018,2	2,14	1,840	0,160	0,137
	10. 30	79	1021,5	2,30	1,817	0,152	0,120

Ich füge hier sofort an Versuch 7 und 8. Es wurden hier in drei Terminen 390 C.-Ctm. Wasser getrunken; in 7 wurde 2½ Stunden lang geistig lebhaft gearbeitet, in 8 genau ebenso lang geistig nichts getrieben und halb geschlafen.

Urin-Untersuchung.

No.	Zeit.	Urin.	Spec. Gew.	Harnstoff:		Phosphorsäure	
				pCt.	im Ganzen.	pCt.	im Ganzen.
7	8. 30	127	1023,5	2,52	3,20	0,212	0,269
	10.	65	1024	2,54	1,65	0,310	0,202
8	8. 30	212	1015,6	1,58	3,35	0,156	0,331
	10.	65	1024	—	—	0,340	0,221

Bei der Gleichmässigkeit der Urinausscheidung in Versuch 5 und 6 würde man eine geringe Mehrausscheidung an Harnstoff für die Zeit der geistigen Arbeit annehmen dürfen, wenn nicht die Versuche 7 und 8 diesem Ergebniss wieder entgegen ständen.

Aus sämtlichen Versuchen geht hervor, dass für die Zeit der geistigen Thätigkeit im Ganzen mit 362 C.-Ctm. Urin, 9,530 Grm. Harnstoff und für ganz denselben Zeitraum ohne geistige Thätigkeit in 462 Cctm. Urin 9,509 Grm. Harnstoff entleert wurden.

Ich lege auf diese Versuche keinen sehr hohen Werth. Man kann ihnen zum Vorwurf machen, dass sie zu kurze Zeiträume umfassen und dass man ohne Anwendung des Katheters trotz energischer Anwendung der Bauchpresse nicht ganz sicher sein kann, ob der Urin jedesmal ganz vollständig entleert worden ist.

Indessen dürfte doch wohl zu erwarten sein, dass eine 2 bis 2½ stündige energische Anspannung der Aufmerksamkeit, falls die geistige Thätigkeit in Wirklichkeit eine Aenderung des Stoffwechsels in der Richtung der Harnstoffproduction bedingte, im Stande wäre, diese zum Ausdruck zu bringen, da eine 2stündige lebhaft körperlliche Anstrengung schon eine sehr respectable Leistung ist, deren

man bei Weitem nicht benöthigt ist, um ihren Einfluss auf den Stoffwechsel klar zu machen. Längere Versuchsperioden würden wahrscheinlich den Nachtheil haben, dass die der geistigen Anstrengung folgende Ruhe wieder ausgleichend wirkt.

Die Menge des Urins fällt in den Versuchen äusserst verschieden aus; da aber die spärlicheren Urinmengen stets mit höherem specifischem Gewicht vereinigt sind, so spricht das wohl für eine spärlichere Absonderung und nicht für eine Zurückhaltung von Harn in der Blase.

Der Flüssigkeitsstrom durch die Nieren ist bekanntlich nicht ohne Einfluss auf die Harnstoffausscheidung, ein Umstand, der das Ziehen von Schlüssen hier sehr erschwert. Jedenfalls gibt es in dem gesunden Körper Verhältnisse, die für kurze Zeiten die Harnstoffausscheidung mehr beeinflussen, als dies geistige Anstrengung und geistige Ruhe vermögen. Im Ganzen aber sprechen die Versuche durchaus nicht für einen vermehrten Zerfall stickstoffhaltiger Gewebe während geistiger Thätigkeit.

Das Gehirn ist eine stark phosphorhaltige Substanz, und es wurde darum bei der Ermittlung der Stoffwechselvorgänge im Gehirn immer viel Gewicht auf die Ausscheidung der Phosphorsäure im Urin gelegt, indem ein Theil der ausgeschiedenen Phosphorsäure als von zerfallener Gehirn- und Nervenmasse abstammend, angesehen wurde. Oefter wird eine Beobachtung Mosler's als Beweis für die Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung nach geistiger Thätigkeit angeführt. Ich komme später bei Besprechung des Einflusses des Schlafs auf diesen Punkt zurück und erwähne hier nur, dass die fragliche Beobachtung sich in Mosler's Inauguraldissertation (Beiträge zur Kenntniss der Urinabsonderung etc. 1853. S. 12) findet. Mosler schliesst aus der Vermehrung der Phosphorsäure im Abendurin, dass die geistige Arbeit und die Verdauung daran schuld sei, da er sich Abends am meisten geistig beschäftigte und die Verdauung noch fort dauerte. Die Versuche Mosler's stammen aus einer Zeit, wo derartige Untersuchungen noch wenig geübt waren und die Cautelen, unter denen gearbeitet werden musste, noch ganz unbekannt waren. Die Vermehrung der Phosphorsäure bei Mosler's Lebensweise im Abendurin findet sich mit und ohne geistige Thätigkeit, und sie beweist nichts. Auch meine wenigen Phosphorsäurebestimmungen in obigen Versuchen deuten nicht auf eine Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung in Folge geistiger Thätigkeit hin.

Ausser dem einen bereits erwähnten Versuch Liebermeister's habe ich Untersuchungen über die Kohlensäureproduction und den Sauerstoffverbrauch unter der Einwirkung geistiger Thätigkeit nicht auffinden können.

Als triftiger Beweis für die Sauerstoffbedürftigkeit des Gehirns während seiner Thätigkeit wird die Unentbehrlichkeit des arteriellen Blutzufusses aufgeführt. Es ist richtig, das Gehirn hört auf zu functioniren, sobald der arterielle Blutzufuss unterbrochen wird; das lässt sich durch ein sehr einfaches Experiment beweisen. Nach Flemming (Canstatt's Jahres-Bericht f. 1855. Bd. I. S. 109) entsteht nach Compression beider Carotiden am obern Theil des Halses sehr bald völlige Bewusst- und Gefühllosigkeit, die mit dem Aufhören des Drucks auch alsbald sich wieder verliert und durch einen Zustand der Gedankenverwirrung in den normalen Zustand übergeht. Ich habe den Versuch an mir wiederholt und Flemming's Angaben vollständig bestätigt gefunden. Die durch besagte kurze Compression entstandene Bewusstlosigkeit ist eine vollkommene und der Uebergang zum bewussten Zustand zurück ein eigenthümlicher, nicht angenehmer Kampf verworrener Gedanken. Ebenso erhellet aus starken Blutverlusten und der Beseitigung der hierdurch entstehenden Ohnmacht und Bewusstlosigkeit durch Verdrängen des Blutes aus den mit Binden eingewickelten Extremitäten nach dem Kopf hin die Nothwendigkeit der arteriellen Blutzufuhr für das thätige Gehirn.

Dem gegenüber ist eine Beobachtung Legendorf's (Ueber die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnhemisphären. Med. Ctrbl. 53. 1876) schwer verständlich, dass bei Fröschen durch Reizungen mit schwachen constanten und unterbrochenen Strömen von gewissen Theilen der Grosshirnhemisphären Bewegungen der Körpermusculatur sich auslösen lassen, dass wohl Aethernarkose die elektrische Erregbarkeit des Grosshirns aufhebe, dass sie aber durch völlige Entblutung des Frosches nicht beeinträchtigt werde.

Uebrigens ist die Unterbrechung des Bewusstseins durch Unterbrechung des arteriellen Blutzufusses zum Gehirn kein nothwendiger Beweis für die Sauerstoffbedürftigkeit des thätigen Gehirns, denn das Blut führt ja noch andere Stoffe als den Sauerstoff mit sich, die es an die Gewebe abgibt. Viel wahrscheinlicher, als durch die mangelnde Sauerstoffzufuhr, wird die Gehirnthätigkeit durch die der Unterbrechung der Circulation nothwendig folgende Kohlensäureanhäufung vernichtet. Dafür spricht die ausserordentlich giftige Wirkung, welche die Kohlensäure nicht blos auf den Nerven, sondern nach Ranke auch auf die Centralorgane der Nerven ausübt, indem

sie ihre Erregbarkeit rasch vernichtet (Ranke, D. Lebensbedingungen der Nerven. 1868. S. 97).

Bei meinen Versuchen über Einathmung von Kohlensäure (Ctrbl. für die med. W. 1876. No. 17) traten bei einem Gehalt der Einathmungsluft von 11,5 pCt. alsbald ernsthafte Erscheinungen auf. Es waren aber nicht Erscheinungen vom Athemapparat aus, nicht Athemnoth, sondern Gehirnerscheinungen, benommener Kopf und beginnende Bewusstlosigkeit, welche bedrohlich wurden.

Der Muskel, von dem wir wissen, dass er bei seiner Thätigkeit den Sauerstoffverbrauch ungemein steigert, bewahrt die Fähigkeit, sich zusammenzuziehen, lange Zeit ohne Blutzufuhr und ohne Sauerstoffaufnahme, er bildet dabei Kohlensäure aus dem Sauerstoffvorrath, den die Muskelstoffe gebunden enthalten; auch der Nerv bleibt ohne Blutzufuhr und ohne Sauerstoff lange Zeit functionsfähig. Es fehlt somit jeder Grund nach der Analogie anzunehmen, dass die Gehirnthätigkeit allein so ungemein abhängig sein soll von ungebundenem Sauerstoff. Ist der Sauerstoffhunger dieses Organs bei seiner Thätigkeit in der That so stark, so muss der Sauerstoffverbrauch bemerklich werden, und das ist nach meinen später zu erwähnenden Versuchen nicht der Fall.

Das Studium des Gesamtstoffwechsels hat bis jetzt kein Licht verbreitet über die Vorgänge im thätigen Gehirn; die Untersuchung des thätigen und ruhenden Organs selbst hat nicht viel mehr ergeben. An dem Gehirn selbst ist auch nur wenig experimentirt worden, und es ist mehr aus der Analogie des Verhaltens der ruhigen und thätigen Nerven und des Rückenmarks auf das Gehirn geschlossen worden.

Bezüglich des Muskels, des Nerven und des Rückenmarks befindet die Untersuchung sich in ungleich günstigeren Bedingungen, als bezüglich des Gehirns. Die ersteren kann man vom Körper losgelöst leicht in den thätigen Zustand versetzen und sich von ihrer Thätigkeit überzeugen; viel schwerer ist es zu ermitteln, ob das überlebende Gehirn noch thätig ist.

Pflüger (Ueber physiologische Verbrennung) entfernte das Gehirn eines Kaninchens, nachdem es bis zur Entblutung mit einer eiskalten Lösung von schwefelsaurem Natron durchströmt war, und schloss aus der rasch auftretenden sauren Reaction der grauen Substanz auf eine ganz besonders leichte Zersetzbarkeit der grauen Substanz der weissen gegenüber. Diese leichte Zersetzbarkeit des überlebenden oder todtten Gehirns wird als Beweis für den labilen

Zustand des lebenden Organs und die Leichtigkeit seiner Umsetzung bei seiner Thätigkeit angeführt. Nun ist aber das mit eiskalter Lösung von schwefelsaurem Natron durchströmte Gehirn gewiss vor seinem Tode nicht mehr thätig gewesen, und die Erscheinung der Säuerung an dem ruhenden absterbenden oder abgestorbenen Organ beweist für das lebende und namentlich das thätige Organ nichts.

Der Versuch ist nicht vergleichbar mit dem Muskelversuch, bei dem der tetanisirte Muskel saure, der ruhende alkalische Reaction liefert. Wir haben es nicht mit einem Organ zu thun, das kurz vor seinem Tode und bis zur Untersuchung thätig gewesen ist, sondern mit einem ruhenden.

Franke (Ueber die Reaction der Nervensubstanz, Verhandlung der sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1859. S. 161, Reichert und du Bois, Arch. 1859. S. 835) fand, dass die peripherischen Nervenstämmе des Rückenmark und des Gehirn im lebenden ruhenden Zustand neutral reagiren, bei erschöpfender Thätigkeit aber, oder bei Selbstzersetzung nach dem Tode sauer werden, dass also hier dasselbe Verhalten wie beim Muskel sich vorfinde. Mit Curare getödtete Thiere zeigten neutral reagirendes Rückenmark, während es bei mit Strychnin vergifteten oder durch Inductionsschläge erschöpften auf frischen Schnitten bei alkalisch reagirender Cerebrospinalflüssigkeit sauer reagierte. War ein Ischiadicus vor der Vergiftung mit Strychnin durchschnitten, so erschien das Rückenmark und der unversehrte Ischiadicus sauer, der durchschnittene neutral.

Auch Heynsius und Ranke erhielten ähnliche Ergebnisse. Letzterer (Die Lebensbedingungen der Nerven. 1868. S. 6) fand, dass alle lebenden geruhten Organe, sowie die Gewebssäfte mehr oder weniger deutlich schwach alkalisch, nur selten vollkommen neutral waren, während beim Absterben nicht bloß Nerven und Muskel, sondern auch Drüsen neutral oder sauer gefunden wurden. Ob die Drüsen in Folge ihrer Thätigkeit sauer wurden, ist durchaus nicht ermittelt. Am stärksten sauer fand er die Nerven und das Gehirn von Fröschen, die durch anhaltende Krämpfe getödtet wurden. Uebrigens beobachtete er saure Reaction, wenn auch schwach und ausnahmsweise, bei durch Curare krampflos getödteten Thieren. Bei den Versuchen mit Strychnintetanus und elektrischem Gesamttetanus ist es mir aufgefallen, dass nicht nur die Muskeln und Nerven, sondern auch Blut und Lymphe sauer reagierten, und dass in allen jenen Versuchen, wo Blut und Lymphe nicht deutlich sauer sind, auch die Säuerung von Muskeln und Nerven zweifelhaft ist. Dadurch wird der Zweifel angeregt, ob nicht diese allgemeine

Säuerung mehr als eine Folge eines allgemein umgeänderten Stoffwechsels, denn als eine Erscheinung aufzufassen sei, die nur der eigenthümlichen Thätigkeit der Muskeln und Nerven zukomme.

In wie weit bei den elektrischen Versuchen der galvanische Strom selbst zersetzend auf die organischen Gebilde einwirkt, ist nicht zu bestimmen.

Ranke selbst, der nach Tetanisirung des Ischiadicus nur an der tetanisirten und etwas darunter gelegenen Stelle eine saure Reaction fand, dieselbe aber in den doch nicht minder in Function gesetzten weiter nach dem Muskel zu gelegenen Stellen vermisste, kam zu dem Schluss, dass die hier gefundene Säuerung es vorwiegend mit der Wirkung einer eigenthümlich modificirenden Electrolyse zu thun habe.

Wie leicht bei diesen Untersuchungen Täuschungen unterlaufen können, beweist der Umstand, dass zwei so tüchtige Beobachter, wie Heidenhain und Liebreich, sich von der sauren Reaction in Folge der Thätigkeit im Rückenmark und Nerven nicht überzeugen konnten und sie bestimmt in Abrede stellen. Es wird sehr schwer fallen, bei diesen leicht zersetzlichen Gebilden, die, ob thätig oder ruhend vor ihrem Ende, eine gewisse Zeit nach ihrem Tode regelmässig eine saure Reaction zeigen, zu einem entscheidenden Resultat zu gelangen.

Die Zweifel, welche über die saure Reaction des thätigen Nerven bestehen, lassen nun auch Zweifel an den übrigen Ergebnissen und Schlüssen Ranke's nicht unterdrücken. Durch künstliche Säuerung des Nerven und Untersuchung seines elektrischen Verhaltens kommt er nämlich zu dem Schluss, dass „mit dem Vorgang der Nerventhätigkeit im Gesamtorganismus ein chemischer Process verläuft — die Säurebildung in der Nervensubstanz —, der als eine Ursache der elektromotorischen Veränderungen des Nerven während seiner Thätigkeit angesehen werden kann“ (l. c. S. 144).

Auch sind diese am Nerven gewonnenen Resultate, selbst wenn sie unbestritten richtig wären, nicht ohne Weiteres auf das Gehirn zu übertragen. Jedenfalls ist ein sicherer Anhalt zur Beurtheilung der Vorgänge im thätigen Gehirn damit nicht gewonnen.

Die von Ranke ermittelte Thatsache, dass das dem Körper entnommene Gehirn wie auch der Muskel (und wie wahrscheinlich alle Körpergewebe) Kohlensäure entwickelt und Sauerstoff aufnimmt, (die Lebensbedingungen des Nerven. S. 23) ist zur Erklärung der chemischen Vorgänge im Gehirn bei seiner Thätigkeit nicht verwendbar. Wie lange das Gehirn als überlebend betrachtet werden

kann, wissen wir nicht, und es scheint mir gewagt, bei einem Gehirn, welches 30 Min. lang auf 45° C. erwärmt gewesen ist (wie bei Ranke, Versuche 5, 6 und 7. S. 23), noch von überlebend zu sprechen. Es ist für unsern Zweck gleichgültig, ob die Kohlensäureentwicklung und Sauerstoffaufnahme des Muskels, wie des Gehirns als ein physiologischer Act des absterbenden Organs (Ranke) oder als eine Fäulnisserscheinung des abgestorbenen (Hermann) angesehen wird. Es sind auf jeden Fall Vorgänge, die nicht am thätigen, sondern am ruhenden Organ beobachtet wurden, Ernährungsvorgänge also günstigsten Falls, die mit den Veränderungen im thätigen Organ nicht identisch sind.

Bei seinen Untersuchungen über die Lebensbedingungen der Nerven findet Ranke eine grosse Zahl von Aehnlichkeiten, aber auch manche Unähnlichkeit, die doch wohl die Thätigkeit der beiden Organe verschieden erscheinen lässt. Der Muskel nimmt z. B. bei seiner Thätigkeit an Wassergehalt zu, der Nerv ab, der Muskel erträgt wenig Säure, während der Nerv bei geringer Säuerung tagelang lebend bleibt. Auch die ungemeine Empfindlichkeit des Nerven für Kohlensäure spricht nicht dafür, dass bei der Thätigkeit des Nerven oder des Gehirns Kohlensäure erzeugt wird. Der Blutstrom wird bei geistiger Thätigkeit, wie oben erwähnt, durchaus nicht beschleunigt, und die Kohlensäure müsste sich darum in bedenklicher und bedrohlicher Weise im Gehirn anhäufen, falls wirklich eine Entwicklung derselben bei Thätigkeit des Gehirns in ähnlicher Weise, wie bei der Thätigkeit des Muskels, auftrete.

Es ist naheliegend, die Veränderungen des Stoffwechsels während des Schlafs, als des Ruhezustandes des Gehirns, zur Erforschung der Stoffwechselvorgänge bei geistiger Thätigkeit näher in Betracht zu ziehen. Leider ist der Schlaf aber ein Zustand, bei dem nicht blos die geistige Ruhe, sondern auch die körperliche ihren Einfluss übt, und so ist es leicht begreiflich, dass die Ausbeute zur Aufklärung unserer Frage auch in dieser Richtung fast Null ist, da die quantitative Abschätzung des Einflusses absoluter körperlicher Ruhe nicht möglich ist. Dazu kommt noch, dass die Vertheilung der Nahrungsaufnahme für die Tag- und Nachtzeit, die ja gewöhnlich zur Erforschung der Einwirkung des Schlafes benutzt wird, eine sehr ungleiche ist und auch dadurch schwer berechenbare Ungleichheiten des Stoffwechsels hervorgebracht werden.

Dass die Frequenz des Pulses und der Athemzüge des Nachts während des Schlafs abnimmt, ist eine allgemein bekannte That-

sache. Nach Untersuchungen von Ed. Schmith (Ueber die stündl. Schwankungen des Pulses u. der Respiration, Arch. des Ver. f. gemeins. Arb. etc. Bd. 3. S. 505) trifft der tiefste Stand beider in der Regel nicht mit dem tiefsten Schlaf um Mitternacht zusammen, sondern er tritt erst 1—3 Stunden später, also gegen Morgen ein.

Bekannt und allgemein angenommen ist es auch, dass des Nachts die Körpertemperatur tiefer steht, als am Tage. J. Hunter macht die Angabe, dass während des Schlafs die Temperatur bis zu $1\frac{1}{2}^{\circ}$ F. geringer sei, als während des Wachens. Nach den sehr zahlreichen und exacten Temperaturbestimmungen Jürgensen's aber ist die Temperatur des Nachts zwar am tiefsten, es machte aber keinen Unterschied dabei, ob die Versuchspersonen wachend ruhig im Bett lagen, oder schliefen. Auch Liebermeister (Pathol. u. Therapie des Fiebers S. 87) fand, wenn er Nachts nach dem Erwachen aus festem Schlaf die Temperatur weiter beobachtete, in den nächsten Stunden während des Wachens kein Steigen des Thermometers in der Achsel. Er fügt bezüglich der geistigen Thätigkeit zu, dass diese wahrscheinlich, wenn auch nur sehr wenig, die Temperatur steigere, dass auch wohl von verschiedenen Beobachtern Thatsachen angegeben wurden, die dafür sprächen, dass aber genaue Untersuchungen darüber nicht vorlägen. Die besseren Untersuchungen, wie die Jürgensen's und die Liebermeister's, selbst sprechen indess bestimmt gegen eine Temperaturerhöhung durch geistige Thätigkeit.

Ueber die Auscheidungen des Körpers durch Urin und insensible Perspiration folge ich zunächst meinen eigenen früheren Untersuchungen (Ueber die Wirkung der bis zur Ermüdung gesteigerten körperlichen Anstrengung etc. Gekr. Preisschr. — Arch. des Ver. f. gem. Arb. etc. Bd. 4. Hft. 4 u. Weitere Untersuchungen etc. ibid. Bd. 6. Hft. 2). Sie sind zwar nicht angestellt, um den Einfluss des Schlafs auf den Stoffwechsel zu ermitteln, sie können aber sehr wohl zur Ermittlung dieses Einflusses verwendet werden, da Tag und Nacht getrennt wurden und da sie Versuchsreihen von vielen Tagen und an verschiedenen Personen umfassen. Bezüglich der näheren Umstände muss ich auf die angeführten Untersuchungen selbst verweisen und bemerke hier nur, dass die tägliche Periode 15 bis 16, die nächtliche 9 resp. 8 Stunden umfasst und dass die in den nachstehenden Tabellen aufgeführten Zahlen die aus den Einzelbeobachtungen berechneten und zusammengestellten Mittel für eine Stunde Zeit bedeuten (s. Tabelle I).

Die Zahlen der Tabelle ergeben, dass die stündliche Gesamt-

Tabelle I.

Versuchsreihe.	Urin-Entleerung:				Insensible Perspiration:				Beide zusammen:			
	Ruhe		Anstrengung		Ruhe		Anstrengung		Ruhe		Anstrengung	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
II	153	130	96	103	58	42	141	44	211	172	237	147
IV	136	67	49	55	66	53	168	41	202	120	217	96
V a	120	138	89	77	52	49	148	38	172	187	237	115
(b	63	111	—	—	108	55	—	—	173	166)	—	—
c	94	101	77	54	49	52	130	42	143	153	207	96
VI	121	72	76	59	57	45	132	46	178	117	208	105
VII	142	86	91	60	69	59	150	46	211	145	241	106
Mittel:	128	99	80	68	58	50	145	43	186	149	224	111
Verhältniss = 100		: 77	: 63	: 53	: 45	: 39	: 113	: 34	: 145	: 116	: 175	: 87
			100	: 85	100	: 86	100	: 30	100	: 80	100	: 50

ausscheidung, also der Gesamtverlust des Körpers, in der Nacht wesentlich geringer ist, als am Tag und zwar in dem Verhältniss von 100:80 bei gewöhnlichem Verhalten ohne erhebliche körperliche Anstrengung. Indessen gilt diese Regel nicht ausnahmslos, denn in den Versuchsreihen V a und c steht die stündliche Gesamtausscheidung des Nachts höher als am Tag. Bei lebhafter körperlicher Thätigkeit während der Tagesstunden wird der Gesamtverlust für den Tag absolut sehr bedeutend erhöht, aber auch der für die Stunden des Schlags absolut sehr herabgesetzt; es wird im Durchschnitt in meinen Versuchen die tägliche Ausscheidung doppelt so gross als die nächtliche (100:50) und es kommt bei körperlicher Anstrengung am Tage nie vor, dass die stündliche nächtliche Ausscheidung die tägliche übersteigt.

Bei der Betrachtung der Zahlen für die Urinausscheidung ergibt sich, dass bei gewöhnlichem (ruhigem) Verhalten die täglich-stündliche Ausscheidung die nächtliche im Durchschnitt im Verhältniss von 100:77 überwiegt. Auch dieser Satz gilt nicht ausnahmslos, denn in den Versuchsreihen V a und c ist die nächtliche Urinausscheidung die stärkere, und der Versuch V b beweist, wie eine Verminderung des Säftestromes durch die Nieren in Folge starker Hautausdünstung (Schweiss) am Tage die stündliche Harnmenge so herabsetzen kann, dass die nächtliche sie fast um das Doppelte übersteigt.

Die Ausscheidung durch Haut und Lunge ist in der Stunde des Schlags im Mittel im Verhältniss von 100:86 vermindert. Auch diese Regel steht nicht ganz fest und bietet die Versuchsreihe V c eine Ausnahme. Auch hier tritt der mächtige Einfluss der körper-

lichen Anstrengung vor Augen in der ausserordentlichen absoluten Steigerung dieser Ausscheidung in den Stunden des Tages und der absoluten Verminderung für die Stunden der Nacht, so dass das obige für ruhige Tage geltende Verhältniss an den Arbeitstagen in 100:30 umgewandelt wird.

Böcker (Ueber den Schlaf, Arch. des Ver. f. gemeins. Arb. Bd. II. S. 76) hat, um den Einfluss des Schlafs auf den Stoffwechsel zu untersuchen, 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme an einigen Tagen des Morgens weiter geschlafen, die anderen wachend ohne wesentliche Bewegung zugebracht. Er schliesst aus seinen Versuchen, dass während des Schlafs sowohl Urinabsonderung als insensible Perspiration stärker gewesen sei, als während des Wachens. Die Versuche sind wenig zahlreich, zwar an je zwei aufeinander folgenden Tagen, aber nicht in längeren Reihen angestellt. Die vermehrte Urinausscheidung ist wohl zweifellos (432 bis 212, im Mittel 330 C.-Ctm. gegen 284 bis 201, im Mittel 266 C.-Ctm.), dagegen sind die Zahlen für insensible Perspiration nicht überzeugend (399 bis 193 gegen 349 bis 248).

Neue Untersuchungen von Quincke (Ueber den Einfluss des Schlafs auf die Harnabsonderung, Dieses Archiv. Bd. VII. S. 115), bei denen die Einnahmen sämmtlich auf die Tagesstunden fallen, ergeben fast ohne Ausnahme in Uebereinstimmung mit meinen Beobachtungen höhere stündliche Mittel für die tägliche Urinausscheidung als für die nächtliche.

Quincke bemerkte eine ganz besondere Steigerung der Urinausscheidung des Morgens früh nach dem Erwachen, welche die des Tags erheblich überstieg, die dann vorkam, wenn die Versuchspersonen nach dem Erwachen noch einige Stunden wachend zu Bett lagen. Sie fehlte, wenn die Personen geweckt ihren Urin entleerten, dann aber weiter schliefen; und auch dann, wenn sie nach dem Erwachen das Bett sofort verliessen und sich im Zimmer bewegten, trat diese morgendliche Harnfluth nicht ein. Die Erscheinung ist überhaupt merkwürdig, aber noch viel zu wenig untersucht, als dass daraus ein Schluss auf einen Einfluss des Schlafs gezogen werden dürfte. Quincke führt als mögliche Erklärung u. A. an, dass vielleicht im Schlafe in Folge verminderter Energie der secretorischen Nerven die Nierensecretion vermindert sei. Er schliesst aus seinen Versuchen, bei denen auch einige aufgeführt werden, bei denen des Nachts einige Stunden wachend zu Bett zugebracht wurde, dass die Harnsecretion während des Schlafs eine Verminderung erfahre.

Es besteht noch eine etwas ältere Arbeit über die Menge des

täglich und nächtlich ausgeschiedenen Urins von J. Vogel (Klin. Unters. über den Stoffwechsel bei gesunden und kranken Menschen etc. Arch. des Ver. f. gem. Arb. Bd. 1. S. 96. 1854). Auch sie ergibt das Resultat, dass im Allgemeinen die stündlich abgeschiedene Urinmenge in der Nacht am kleinsten ist, während sie Morgens steigt und Nachmittags oder Abends ihre höchste Höhe erreicht. Vogel sieht zwar als die Hauptursache dieses Verhältnisses das Essen und Trinken während des Tages an, er neigt aber doch zu der Ansicht, dass die gesammte geistige und körperliche Thätigkeit nicht ohne Einfluss sei. Ein Beweis dafür ist nicht erbracht. Im Gegentheil lässt sich aus den Versuchen das Urtheil ableiten, dass nur der Genuss flüssiger Nahrungsmittel die Unterschiede in der Urinausscheidung hervorbringt. So ist denn auch bei der Versuchsperson, welche Abends grössere Mengen Flüssigkeit zu sich nahm, die stündliche Ausscheidung des Nachts bei Weitem am grössten und bei der, welche des Morgens sehr viel Flüssigkeit genoss, ist die stündliche Ausscheidung des Morgens die grösste.

Ueber die tägliche und nächtliche Harnstoffentleerung gibt die nachstehende Zusammenstellung aus meinen Versuchen Aufschluss.

Tabelle II.

Versuchsreihe.	Harnstoff-Ausscheidung:			
	Ruhe:		Anstrengung:	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
III	1,81	1,13	1,78	1,17
IV	1,42	1,26	1,34	1,51
V a	1,42	1,52	1,95	1,72
b	(1,31	1,60)	—	—
c	1,11	1,12	1,47	1,18
VI	1,78	1,31	1,87	1,40
VII	1,85	1,59	2,08	1,85
Mittel:	1,56	1,32	1,75	1,47

Gewöhnlich, aber durchaus nicht immer, ist die tägliche Ausscheidung etwas grösser als die nächtliche. Es hängt das offenbar zusammen mit dem stärkeren Säftestrom, der in Folge der Flüssigkeitsaufnahme am Tage die Nieren passirt. In den Versuchsreihen V a und c, wo der Säftestrom durch die Nieren des Nachts prävalirt, ist auch die nächtliche Harnstoffausscheidung die grössere; noch deutlicher erhellt das aus Versuchsreihe V b. Durch starkes Schwitzen am Tag ist hier der Flüssigkeitsstrom durch die Nieren stark beschränkt und es überwiegt darum auch die nächtliche Harnstoffausscheidung über die tägliche ganz erheblich. Es liegt auch hier nicht der mindeste Grund vor, einen Einfluss der geistigen Ruhe auf die

Verminderung der nächtlichen Harnstoffausscheidung anzunehmen. Um aber jeden Zweifel in dieser Richtung zu beseitigen, führe ich einen Versuch von Schenk an (Ueber den Einfluss der Muskelarbeit auf die Eiweisszersetzung. Dieses Archiv. Bd. II. S. 21). Es brachten nämlich Schenk und Professor Neucki zwei auf einander folgende Nächte schlaflos zu, ohne dadurch eine Veränderung in der Harnstoffausscheidung zu erzielen. Dieser Versuch ist darum besonders beweiskräftig, weil die Harnstoffausscheidung an den den schlaflosen Tagen vorausgehenden 4 und 6 Normaltagen eine sehr gleichmässige war. Diese Gleichmässigkeit wurde also durch den Mangel an Schlaf durchaus nicht beeinträchtigt.

Böcker fand in seinen angeführten Versuchen eine geringe Vermehrung des Harnstoffs während des Schlafs, was der von ihm gefundenen Vermehrung des Urins entspricht.

Die Harnsäureausscheidung wurde von allen Beobachtern während des Schlafs und während der Nacht vermindert gefunden. Schon Schweig (Untersuch. über periodische Vorgänge etc. 1843) beobachtete diese Verminderung und gibt aus einer grossen Zahl von gut übereinstimmender Bestimmungen die für Morgens, Mittags und Nachts entleerte Harnsäure im Mittel zu 0,095, 0,209 und 0,106 an, was für die Stunde berechnet die Zahlen 0,016, 0,021 und 0,013 ergibt. Ebenso fiel auch Böcker in seinen Untersuchungen eine erhebliche Verminderung der harnsauren Verbindungen während des Schlafs auf, sie betrugen stündlich während des Wachens 0,017, während des Schlafs nur 0,005 Grm.

Bei meinen Versuchen habe ich nur in einer Reihe (V) die Harnsäure für Tag und Nacht bestimmt. An den 35 Tagen, an welchen hier die Harnsäurebestimmungen gemacht wurden, ist die Ausscheidung derselben ohne Ausnahme des Nachts geringer als am Tage. Die Mittelzahlen sind aus der nachstehenden Zusammenstellung ersichtlich.

Tabelle III.

Versuchsreihe.	Harnsäure-Ausscheidung:			
	Ruhe:		Anstrengung:	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
V a	0,020	0,010	0,032	0,014
b	(0,031	0,007)	—	—
c	0,013	0,007	0,013	0,006
Mittel:	0,016	0,008	0,022	0,010

Die Harnsäure ist ein Stoff, der nach allen meinen Untersuchungen sehr regelmässig bei körperlicher Anstrengung vermehrt gefunden

wird. Indessen scheint es doch sehr zweifelhaft, ob man in dieser Vermehrung ein directes Produkt der Muskelthätigkeit, oder vielleicht gar ein Produkt des vermehrten Zerfalls von Muskelsubstanz vermuthen soll. Dann würde ja leicht die Verminderung der Harnsäureausscheidung während der Nachtstunden aus dem Mangel an Muskelthätigkeit erklärlich sein. Das eigenthümliche Verhalten der Harnsäure gegenüber dem Wassergenuss — die Harnsäure lässt sich bekanntlich durch erheblichen Wassergenuss im Urin ganz zum Verschwinden bringen — und die sonderbare Steigerung, welche die Harnsäureausfuhr in Versuchsreihe V b in Folge eines lebhaften mehrstündigen täglichen Schweisses am Tage erfuhr, führt aber zu der Annahme, dass auch bei körperlicher Anstrengung der Verlust, den der Körper hierbei durch Schweiss und insensible Perspiration erleidet, und nicht die Anstrengung an sich der Grund für die Harnsäurevermehrung sei. Die unzweifelhafte Abhängigkeit der Harnsäureausfuhr von dem Wassergehalt des Körpers, die Verminderung derselben bei Wasserzufuhr, die Vermehrung bei Wasserentziehung spricht dagegen, dass die geistige Ruhe in irgend welchem ursächlichen Zusammenhang stehe zu der Verminderung der nächtlichen Harnsäureausscheidung. Denn in der Versuchsreihe V a und b ist Nahrung und geistiges Verhalten der Versuchsperson ganz dasselbe gewesen, und die Unabhängigkeit der Harnsäureausfuhr von diesen beiden wird bewiesen durch den erheblichen Einfluss des Schweisses darauf.

Böcker fand, dass durch den Schlaf ebenso wie die Urinausscheidung auch die Ausscheidung des Kochsalzes vermehrt wurde. Hegar dagegen (Ueber die Ausscheidung der Chlorverbindungen durch den Harn, Inaug.-Diss. Giessen 1852) gibt an, dass die Chlorausscheidung, die sonst des Nachts während des Schlafs stark herabgesetzt sei, durch Aufbleiben und Wachen vermehrt werde. Diese Gegensätze schon deuten an, dass bei der Ausscheidung des Kochsalzes andere Ursachen einen stärkeren Einfluss haben als der Schlaf. In der Regel wird des Nachts weniger Kochsalz durch den Urin entfernt; dass dies jedoch nicht immer der Fall ist, geht aus der nachstehenden Zusammenstellung meiner Versuche hervor, bei denen die Zeiten der Nahrungsaufnahme ziemlich dieselben blieben. Es wurden stündlich entleert bei

Versuchsreihe.	Ruhe:		Anstrengung:	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
IV	1,030	0,704	0,678	0,774
V a	0,766	0,772	0,932	0,867
V c	0,821	0,652	0,868	0,429
V b	0,516	0,763	—	—

In Versuchsreihe V a, die ein ähnliches Verhalten des Harnstoffs zeigt, überwiegt die nächtliche Ausscheidung des Kochsalzes etwas, während diese sonst gegen die tägliche zurücktritt. Durch die körperliche Anstrengung wird die Entfernung des Kochsalzes in verschiedener Weise beeinflusst, je nachdem starke Schweisssecretion damit verknüpft ist, oder nicht. Dass durch den Schweiss dem Körper Kochsalz entzogen wird, ist bekannt und die Versuchsreihe V b zeigt, wie mehrstündiger täglicher Schweiss die Kochsalzausfuhr am Tag herabsetzt, während sie für die Nacht unverändert bleibt.

Der Einfluss der Nahrungsaufnahme ergibt sich aus Versuchsreihe IV, wenn der Urin für Morgen, Mittag und Nacht getrennt untersucht wird. Der Urin enthielt hier Kochsalz (stündlich)

Morgens	Mittags	Nachts
0,806	1,188	0,704

Ebenso deutlich geht dieser Einfluss aus der Versuchsreihe VII hervor, die noch weiter darthut, dass das Maximum der Chlorausscheidung erst mehrere Stunden nach der genommenen Mahlzeit auftritt. Es wurden hier stündlich entleert bei ruhigem Verhalten

6—12 Uhr	12—5 Uhr	5—7 Uhr	7—9 Uhr	9—6 Uhr
0,47	1,04	1,29	1,05	0,43

Es manifestiren sich hier ganz bestimmte Einflüsse, Vermehrung der Ausscheidung durch Nahrungsaufnahme, Verminderung durch Wasserentziehung und Ausscheidung auf anderem Wege; ein deutlicher, durchgreifender Einfluss der geistigen Thätigkeit ist nirgends ersichtlich, denn die nicht einmal ausnahmslos dastehende Verminderung der Ausscheidung während der Zeit des Schlafs ist leicht durch den Mangel der Nahrungsaufnahme in den Nachtstunden erklärlich.

Die Ausscheidung der Schwefelsäure, die zum Theil von dem Schwefel der Proteinkörper abzuleiten ist, verhält sich ganz anders, als die des Kochsalzes. Fast durchgängig überwiegt hier die stündliche Ausscheidung der Nachtstunden die tägliche. In der Versuchsreihe III ist dem Nachturin der Urin der Morgenstunden noch beigemischt gewesen, und darum fällt hier die stündliche nächtliche Ausscheidung so gering aus, denn Versuchsreihe IV zeigt, dass der Morgenurin an Schwefelsäure am ärmsten ist. Es wurden in dieser Reihe nämlich stündlich ausgeschieden

	Morgens	Mittags	Nachts
bei Ruhe	0,046	0,081	0,080
bei Anstrengung . .	0,052	0,108	0,117

In denjenigen Versuchsreihen, wo der Morgenurin dem Tagesurin beigemengt ist, ist die nächtliche Ausscheidung die grössere.

Nach Gruner (Die Ausscheidung der Schwefelsäure durch den Harn, Inaug.-Dissertation. Giessen 1852) ist übereinstimmend mit meinen Versuchen die Schwefelsäureausscheidung am geringsten des Vormittags, sie steigt immer des Nachmittags (Verdauungstunden), um, bei verschiedenen Individuen verschieden, des Nachts etwas zu sinken.

Die Erklärung dieses Verhaltens ist nicht schwierig. Durch Nahrungsaufnahme und durch Muskelthätigkeit wird im Laufe des Tages die Schwefelsäureausscheidung erhöht, sie wird aber nicht mit der Schnelligkeit aus dem Blut entfernt, wie das Kochsalz, die Ausscheidung hinkt nach. Wir erhalten die Nacht noch einen Theil der dem Tag zukommenden vermehrten Ausscheidung, und des Vormittags die eigentlich der Nacht zukommende Verminderung der Ausscheidung.

Alle meine Versuche ergaben bei körperlicher Anstrengung eine deutliche Vermehrung der Schwefelsäureausscheidung und man ist gewiss berechtigt, die am Vormittag auftretende Verminderung derselben dem Mangel der Muskelthätigkeit in der Nacht zuzuschreiben. Die nachfolgende Tabelle zeigt auch sehr deutlich, wie die durch die Muskelthätigkeit veranlasste Vermehrung der ausgeschiedenen Schwefelsäure nicht bloß während der Zeit der Thätigkeit sich bemerkbar macht, sondern in die Zeit der Ruhe, in die Nacht hinein verschoben ist.

Tabelle IV.

Versuchsreihe.	Schwefelsäure-Ausscheidung:			
	Ruhe:		Anstrengung:	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
III	0,103	0,065	0,118	0,072
IV	0,064	0,080	0,083	0,117
V a	0,068	0,082	0,097	0,103
b	(0,067	0,084)	—	—
c	0,060	0,068	0,075	0,072
Mittel:	0,074	0,071	0,093	0,091

Böcker findet die Schwefelsäure im Schlaf kaum merklich vermehrt. Ich kann aus seinen Zahlen diese Vermehrung nicht herausrechnen. Ohne Schlaf schwanken seine Zahlen (für 6 Stunden) zwischen 0,338 und 0,467 und mit Schlaf zwischen 0,286 und 0,512, und seine eigenen Mittelzahlen lauten 0,385 und 0,381, oder nach einer andern Berechnung 0,386 und 0,345.

Auf irgend einen Einfluss der Gehirnthätigkeit auf den Stoffwechsel ist aus dem Verhalten der Schwefelsäure nicht zu schliessen.

Das Gehirn ist eine an Phosphor so reiche Substanz, dass es natürlich ist, dass der Phosphor mit der Thätigkeit des Gehirns in Beziehung gebracht wurde. „Ohne Phosphor kein Gedanke“, so lautete und lautet auch jetzt noch das Glaubensbekenntniss Vieler. Die phosphorhaltigen Fette sollten durch einen Oxydationsprocess die Thätigkeit des Gehirns und des Nervensystems vermitteln und dann als verbrauchter Stoff, zum Theil als Phosphorsäure, im Urin erscheinen. Untersuchen wir, welche Berechtigung zu dieser Ansicht vorliegt.

Was zunächst der Einfluss des Schlafes auf die Ausscheidung der Phosphorsäure betrifft, so habe ich nachstehend die Ergebnisse meiner Versuche zusammengestellt.

Tabelle V.

Versuchsreihe.	Phosphorsäure-Ausscheidung:			
	Ruhe:		Anstrengung:	
	Tag.	Nacht.	Tag.	Nacht.
III	0,124	0,106	0,161	0,127
IV	0,078	0,121	0,109	0,162
V a	0,087	0,120	0,177	0,146
b	(0,080	0,127)	—	—
c	0,038	0,053	0,088	0,102
Mittel:	0,082	0,100	0,134	0,134

Es wiederholen sich hier dieselben Verhältnisse wie bei der Schwefelsäure. Das Ueberwiegen der Ausscheidung in den Nachtstunden tritt hier noch deutlicher hervor in allen den Versuchsreihen, in denen Tag- und Nachturin genau geschieden sind; in der Reihe III ist dies aus dem Grunde nicht der Fall, der bereits bei der Schwefelsäure angeführt wurde, weil dem Nachturin der Urin der Morgenstunden beigefügt war. Denn auch für die Phosphorsäure ergibt die Reihe IV die geringsten Werthe in den Morgenstunden. Es wurden hier nämlich stündlich ausgeschieden bei

	Morgens	Nachmittags	Nachts
Ruhe . . .	0,036	0,112	0,121
Arbeit . . .	0,082	0,132	0,162

Im Allgemeinen wird angegeben (s. Neubauer u. Vogel, Anleitung zur Analyse des Harns. 4. Aufl. 1863. S. 130), dass die Ausscheidung der Phosphorsäure des Morgens am geringsten sei, dass sie des Nachmittags in Folge der Nahrungsaufnahme stark zunehme und Nachts wieder etwas falle. Von den 4 Versuchspersonen aber, welche a. a. O. aufgeführt werden, fällt bei zweien die höchste Zahl der Phosphorsäureausscheidung, wie auch bei mir, in die Nachtstunden.

Es ist das jedenfalls abhängig von der Zeit der letzten Nahrungsaufnahme, und von einer individuellen Verschiedenheit in der Schnelligkeit der Ausscheidung bei allen meinen Versuchen erblickt man noch deutlicher als bei der Schwefelsäure den Einfluss der körperlichen Anstrengung; die Phosphorsäureausscheidung wird dadurch ganz wesentlich vermehrt, sowohl während der Anstrengung (in den Tagstunden), als danach (in den Nachtstunden). Mehr jedoch als bei der Schwefelsäure fällt die Vermehrung in die Tagstunden.

Was lässt sich nun aus diesen Thatsachen schliessen? Eine Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung in Folge der Muskelthätigkeit lässt sich nicht bezweifeln, ebensowenig ist es zweifelhaft, dass die Ausscheidung derselben der Muskelthätigkeit noch nachfolgt. Danach ist der Schluss, dass die Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung in den Nachmittags- und Nachtstunden eine Folge sei der vermehrten Einfuhr und der Muskelthätigkeit des Tages und die Verminderung in den Morgenstunden die Folge der mangelnden Zufuhr und der unbedingten Muskelruhe während des Schlafs viel begründeter, als die Annahme, dass die Ruhe des Gehirns in der Nacht die verminderte Ausfuhr in den Vormittagsstunden veranlasst habe.

Böcker findet während eines sechstündigen Schlafes in seinen Versuchen eine sehr deutliche Verminderung der an Alkali gebundenen Phosphorsäure, sie betrug während des Schlafs im Mittel 0,250, während des Wachens 0,371; der Unterschied ist ungezwungen erklärlich durch die Muskelthätigkeit während des Wachens. Dagegen erschienen die Erdphosphate während des Schlafes zwar wenig, aber doch deutlich vermehrt (im Mittel 0,183 und 0,138). Wie diese Erscheinung zu deuten ist, weiss ich nicht; sie aber zur Erklärung der Vorgänge bei der Hirnthätigkeit zu benutzen, ist völlig unthunlich. Das Gehirn ist an Erdphosphaten sehr arm und wird sich an dem Stoffwechsel und der Ausscheidung der Erdphosphate nicht merklich betheiligen.

Es ist nun vorzugsweise das Verhältniss der ausgeschiedenen Phosphorsäure zum Harnstoff, welches zur Erläuterung der Stoffwechselvorgänge im Gehirn und Nervensystem herangezogen wurde. Namentlich Zülzer ist der Vertreter der Idee und sucht den Beweis dafür zu liefern, dass die relative Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung ihren Ursprung einer vermehrten Zersetzung der Nervensubstanz verdanke; bei Erregungszuständen z. B. im Fieber soll die Phosphorsäureausscheidung demnach relativ vermindert, in Depressionszuständen, wie dem Schlaf, vermehrt sein. Mir würde

es richtiger scheinen, etwa so zu rasoniren: bei Reizzuständen befindet sich Gehirn und Nervensystem in angestrenzter Thätigkeit, und wenn beide bei ihrer Thätigkeit überhaupt sich verzehren, so werden ihre Zerfallproducte zu der Zeit der Thätigkeit am stärksten ausgeschieden werden und zur Zeit der Ruhe am wenigsten stark, und selbst auch dann, wenn die Ausscheidung des einen oder des andern Stoffes sich verzögerte oder verschöbe, so muss dessen Ausscheidung doch, wie auch bei körperlicher Thätigkeit, in die Zeit dieser Thätigkeit hineinfallen, wenn diese nicht allzu kurz ist. Aber auch ausserdem sind gegen die Auffassung, wie sie Zülzer in seiner Arbeit (Ueber das Verhältniss der Phosphorsäure zum Stickstoff im Urin. Virch. Arch. 66 S. 223 und 282) zu begründen sucht, ernste Bedenken zu erheben.

Fürs Erste ist der Urin nicht der einzige Ausfuhrweg für die Phosphorsäure; ein nicht geringer Theil wird durch den Darm abgeschieden. Ist nun unter normalem Verhalten eine erhebliche Veränderung des Verhältnisses beider Ausscheidungswege zu einander nicht zu erwarten, so ist doch für kranke Zustände eine solche Erwartung gewagt, namentlich wenn die Verhältnisse des Blutdrucks und damit die Diffusionsvorgänge in den Nieren geändert werden.

Zweitens wird durch mancherlei verschiedene andere Einwirkungen, die mit der Thätigkeit und Ruhe des Gehirns und Nervensystems gar nichts zu thun haben, das in Rede stehende Verhältniss zwischen Harnstoff- und Phosphorsäureausscheidung sehr wesentlich umgeändert. Schon einer der frühesten Untersucher des Stoffwechsels nach neuerer Methode, E. A. Genth, bemerkt in seinen Untersuchungen über den Einfluss des Wassertrinkens 1856. S. 11, dass der Wassergenuss den Harnstoff und die Schwefelsäure im Urin vermehre, nicht aber, oder in nur unbedeutendem Maass die Phosphorsäure. Es wird durch das Wassertrinken in dem Verhältniss beider Ausscheidungen (des Harnstoffs und der Phosphorsäure) eine Aenderung hervorgebracht, die zwischen 1000:93 und 1000:40 sich bewegt. Die Versuche erstrecken sich über lange Zeiträume und die Aenderung in der Ausscheidung von Harnstoff und Phosphorsäure ist keine etwa kurz vorübergehende.

Auch Bencke (Ueber Nauheim's Sooltherme 1859. S. 159) fand, dass bei Genuss des Nauheimer Wassers zwar Harnstoff und Schwefelsäureausscheidung regelmässig zunehmen, die der Phosphorsäure aber nicht.

Ich erwähne weiter, dass in meinen Versuchen über die körperliche Anstrengung auch in jenen Versuchsreihen eine Vermehrung

der Phosphorsäureausscheidung durch Muskelthätigkeit gefunden wurde, in denen der Harnstoff nicht vermehrt wurde.

Von der Veränderung, welche das Verhältniss beider in Folge mässiger Anstrengung erleidet, gibt folgende Zusammenstellung Rechenenschaft, welche ich aus der IV. Reihe meiner oben erwähnten Versuche, in der nur des Nachmittags körperliche Arbeit geleistet wurde, berechnet habe. Es verhielt sich hier der Harnstoff zur Phosphorsäure

bei Ruhe:			bei Anstrengung:		
Morgens	Mittags	Nachts	Morgens	Mittags	Nachts
wie 100 zu					
3,0	6,9	8,2	5,6	8,3	10,4
3,9	7,4	10,3	6,9	8,4	11,5
1,8	8,8	9,7	8,3	6,8	7,6
2,8	4,8	8,9	8,9	9,2	11,3
4,4	6,9	9,1	5,3	9,5	11,3
3,1	5,7	11,2	8,4	8,9	10,8
3,2	6,9	9,7	7,2	8,5	10,5

Entweder handelt es sich bei dieser Veränderung des Verhältnisses um eine Verschiebung in der Ausscheidung, eine raschere Ausscheidung des einen, eine langsamere des andern Stoffes, oder um eine Umänderung der Quelle, aus der die Stoffe stammen. Die erste Eventualität darf man mit Grund wohl da annehmen, wo die Umänderung des Verhältnisses plötzlich geschieht und nicht lange dauert; die zweite bei anhaltendem oder lang dauerndem Wechsel der Verhältnisszahlen. Ein Theil der in Zülzer's Versuchen auftretenden stark umgeänderten Verhältnisszahlen verdankt ohne Zweifel wohl diesem ersten Umstand seine Entstehung. (So z. B. f. c. S. 285. c.)

Zu der Annahme, dass bei der relativen Vermehrung der Phosphorsäure diese einer verhältnissmässig an Phosphor reicheren Quelle entsprungen sei, führt die Vermehrung der Phosphorsäure bei körperlicher Anstrengung, wenn jede Vermehrung der Harnstoffausscheidung fehlt.

Wenn Zülzer als diese Quelle Gehirn und Nervensystem ansieht, so mache ich drittens darauf aufmerksam, dass beide nur einen geringen Theil des Körpergewichts ausmachen. Nach Huschke's zahlreichen Wägungen würde das Gehirn eines Menschen von 10 bis 90 Jahren im Mittel 1363 Grm. wiegen. Der Aschengehalt des Menschengehirns scheint sehr variabel. Für Säugethiere gibt ihn v. Bibra zu 0,3—0,7, bei Menschen von 0,1—0,6 und bei einem alten Mann sogar zu 1,0 pCt. an.

Nimmt man den Aschengehalt des Gehirns danach nicht zu

gering, zu 0,6 pCt., an, so würde es 8,2 Grm. Asche, die zum grössten Theil wohl aus Phosphaten besteht, enthalten. In welcher Art die Phosphorsäure darin gebunden ist, ist noch unbekannt, man wird aber, wenn man die Phosphorsäure darin zu 50 pCt. anschlägt, diese gewiss nicht zu gering veranschlagen, dann aber immer nur einen Phosphorsäuregehalt des Gehirns von nur 4,1 Grm. herausrechnen, gewiss eine sehr unerhebliche Quantität einer täglichen Ausscheidung von etwa 3,0 Grm. gegenüber, die einen ganz ausserordentlich intensiven Stoffwechsel müsste voraussetzen lassen, wenn sie irgend erheblich ändernd auf die Ausscheidung einwirken sollte.

Viel ungünstiger aber noch stellt sich diese Rechnung, wenn man Ranke's Bestimmungen der Blutmenge zu Grunde legt. Es ergibt sich daraus, wie wenig das Gehirn am Gesamtstoffwechsel theilnimmt und wie wenig es diesen zu ändern im Stande ist.

Nach Ranke's Untersuchungen nämlich (Blutvertheilung und Thätigkeitswechsel der Organe 1871. S. 82) ist der Blutgehalt der Organe in Procenten ihres Gewichtes folgender

Haut	1,07 pCt.
Knochen	2,36 "
Gedärme	3,46 "
Ruhender Muskel	5,14 "
Gehirn und Rückenmark	5,52 "
Nieren	11,86 "
Milz	12,50 "
Leber	28,71 "

Auf Herz, grosse Gefässe und Lungen treffen auf das Organgewicht berechnet 63,11 pCt. Blut.

Lässt sich danach auch dem Stoffwechsel des Gehirns etwa gleiche Intensität wie dem des ruhenden Muskels zuschreiben, so ist doch das Endproduct dieses Stoffwechsels im Vergleich zur Masse des Gesamtstoffwechsels, nach dem Blutgehalt berechnet, ausserordentlich gering. Denn nach Ranke (a. a. O. S. 81) ordnen sich die Organe geruhter Kaninchen nach ihrem Procentantheil an der gesamten Blutmenge des Körpers, von den blutärmsten anfangend, so:

pCt. der Gesamtblutmenge

1. Milz	0,23
2. Gehirn und Rückenmark	1,24
3. Nieren	1,63
4. Haut	2,10
5. Gedärme	6,30
6. Knochen	8,24
7. Herz, Lunge und grosse Gefässe	22,76
8. Ruhende Muskeln	29,20
9. Leber	29,30

Nimmt man nun auch das Gewicht von Gehirn und Nervensystem des Menschen im Verhältniss zum Gesamtgewicht des Körpers

erheblich höher an als beim Kaninchen, schlägt man die Fehler der Methode hoch an, verdrei- und vervierfacht man obige Zahl, so ist doch der Einfluss, den die Producte des Stoffwechsels des Gehirns auf die Masse und Zusammensetzung der Gesamtausscheidung liefern, so unbedeutend, dass schon sehr exacte Methoden dazu gehören, um diesen Einfluss zu ermitteln. Dazu kommt nun noch, dass Störungen in dem Stoffwechsel minimaler Hirnpartien bedeutende Erscheinungen hervorrufen können, dass also bei Weitem nicht das ganze Gehirn in seinem Stoffwechsel alterirt zu sein braucht, um sehr fühlbare Wirkungen hervorzurufen.

Aus dem nämlichen Grund, nämlich dem, dass die Masse des Gehirns und des in ihm enthaltenen Phosphors zu gering ist, um erhebliche Aenderungen in der Phosphorausscheidung hervorbringen zu können, halte ich auch die Deutung der Versuche Strübing's (Ueber die Phosphorsäure im Urin unter dem Einfluss oxydirender u. deprimirender Mittel, Dieses Archiv VI. 266) für falsch. Strübing fand nach Alkoholgenuss und nach Chloroformnarkose eine starke relative Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung und schiebt sie auf Rechnung der durch beide Mittel zerstörten Hirn- und Nervensubstanz. Berechnet man die ungefähre Menge von zerstörter oder verbrauchter Hirnsubstanz, welche die relative Vermehrung der Phosphorsäure verlangen würde, so kommt man zu Werthen, die namentlich für die kurze Dauer der betreffenden Zustände allzuhoch sind.

Es verdient ferner erwähnt zu werden, dass in Zülzer's Morphium- und Chloralversuchen sich eine erhebliche Verminderung des Harnstoffs bemerklich macht. Nach den Untersuchungen v. Böck's und Bauer's (Ueber den Einfluss einiger Arzneimittel auf den Gasaustausch, Zeitschrift für Biologie X. 336) findet nach Morphinum-injectionen, falls sie Muskelruhe erzeugen, eine erhebliche Herabsetzung des Stoffwechsels statt. Diese macht sich nicht blos in der Verminderung der Kohlensäureproduction, sondern namentlich auch in einer Herabsetzung der Urinausscheidung bemerklich.

Zülzer's Versuche beweisen, dass durch die erwähnten Einflüsse für kurze Zeit auch die Zersetzung der Albuminate beschränkt wird, während die Nieren noch fortfahren, die im Blute vorrätigen Phosphate auszuschcheiden.

In dem Chloroformversuch ist die Verminderung der Stickstoffausscheidung noch erheblicher, die Phosphorausscheidung zwar absolut auch etwas vermindert, aber nicht in dem hohen Maass, wie der Stickstoff, und darum relativ vermehrt.

Für die Ansicht Zülzer's ist auch der Fütterungsversuch mit

Gehirn durchaus nicht beweisend. Denn abgesehen von dem ausserordentlichen Abfall der Stickstoffausscheidung in diesem Versuch, neben dem die im Blut vorrätige Phosphorsäure ungehindert weiter ausgeschieden wird, ist eine Fütterung mit 250 Grm. Gehirn auch wohl im Stande, als an Phosphor relativ reiche Nahrung, das Verhältniss von Stickstoff und Phosphor umzuändern. Es wird aber im Ernste Niemand daran denken, dass ein verhältnissmässig ähnlicher Zerfall von Hirn- oder Nervensubstanz im lebenden Körper vorkommen kann.

In dem Versuche Zülzer's an dem trepanirten Hund, dem ein Theil der Gehirnhemisphäre zerstört wurde, ist ebenfalls die Stickstoffausscheidung stark herabgesetzt. Auch hier liegt die Annahme, dass die relative Vermehrung der Phosphorsäure im Harn dadurch veranlasst sei, dass bei der Abnahme des Harnstoffs das Blut fortgefahren habe, sich seines Vorrathes an Phosphaten zu entledigen, viel näher als die, dass das geringe Quantum zerstörter und in den Stoffwechsel gelangter Hirnsubstanz daran Schuld gewesen sei.

In diesem Versuch ist aber ausserdem der Knochen noch verletzt, und es liegt nahe, wenn eine andre Erklärung, als die gegebene; noththäte, den Grund einer Vermehrung der Phosphate in dem verletzten und entzündeten Knochen zu suchen.

Es wird zwar dem Stoffwechsel der Knochen in der Regel keine hohe Bedeutung beigemessen. Nach den obigen Angaben Ranke's aber beträgt allerdings der procentische Blutgehalt der Knochen nur 2,36, also weniger als die Hälfte des Blutgehalts des Gehirns; bei dem das Gewicht des Gehirns aber bei Weitem übertreffenden Gesamtgewicht der Knochen ist der Gesamtblutgehalt und somit deren Theilnahme am Gesamtstoffwechsel mit 8,24 pCt. der Gesamtblutmenge des Körpers, dem des Gehirns und Rückenmarks mit nur 1,22 pCt. stark überlegen. Zieht man nun weiter in Betracht noch den ausserordentlichen, den Gehalt der Hirnmasse daran vielmal überragenden Gehalt der Knochen an Phosphaten, so wird man doch nicht umhin können, in den Knochen ein Reservoir von phosphorsauren Salzen zu erblicken, das an der Gesamtausscheidung der Phosphorsäure sich nicht unwesentlich theilnimmt. Als eine wesentliche Stütze für meine Ansicht darf wohl die Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung durch körperliche Anstrengung in jenen Fällen angesehen werden, in denen eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung vollkommen fehlte. Man hat hier gar keine andere Wahl, als das Knochensystem als die Quelle dieser Vermehrung der Phosphorsäure anzusehen. Der Knochen zwar selbst leistet ja keine

Arbeit und es würde deshalb irgend eine Vermehrung seines Umsatzes nicht erforderlich sein, es wird aber bei der Muskelthätigkeit Arbeit an ihm geleistet, und es ist doch wohl natürlich, einen grösseren Abnutzen an dem gebrauchten Knochen als an dem in Ruhe gelassenen anzunehmen.

Wie schon früher bekannt war und durch Forster in seinen Versuchen über die Bedeutung der Aschebestandtheile in der Nahrung (Zeitschr. f. Biologie IX. 1873. S. 297) bestätigt, wird Phosphorsäure in stets abnehmender Menge bis zum Tode ausgeschieden, wenn auch gar keine Phosphate mit der Nahrung eingeführt werden, so dass der Körper, der eine salzfreie Nahrung erhält, eine erhebliche Masse von Phosphaten hergeben muss. Die Analyse Forster's ergibt nun, dass das Gehirn seinen Gehalt an Phosphorsäure ganz energisch zurückhält, womit auch Aeb'y's Angabe übereinstimmt, dass beim Winterschlaf das Gehirn der Marmelthiere mit besonderer Hartnäckigkeit seinen Wasser- und Salzgehalt bewahre. Es hat also gar nicht den Anschein, als ob das Gehirn bei Salz hunger sich an der Ausscheidung von Phosphaten betheilige und Forster hat ganz recht, wenn er die ausgeschiedenen Phosphate zum Theil aus den Knochen ableitet. Diese können schon ihrer grösseren Masse wegen einen sehr erheblichen Beitrag zu den ausgeschiedenen Phosphaten liefern, ehe die Analysen eine Verminderung ihres Procentgehaltes nachweisen. Unsere sämmtlichen Knochenanalysen zeigen bis jetzt nicht den Grad der Genauigkeit, dass sich erwarten liesse, sie müssten mit Bestimmtheit kleine Veränderungen im Gehalt der Knochen an Phosphaten constatiren.

Der Einwand Zülzer's gegen Forster, dass mit der aus dem Knochen stammenden Phosphorsäure auch der dazu gehörige Kalk im Urin erscheinen müsse, ist nicht berechtigt. Denn es kann der Kalk sowohl zurückgehalten worden sein, als auch einen andern Ausscheidungsweg gefunden haben. Mit welcher Zähigkeit gewisse Stoffe vom Körper zurückgehalten werden, wird durch die That- sache, dass trotz Kochsalzhunger Chlor im Magensaft noch auftritt, nachdem es aus dem Urin lange verschwunden ist, beleuchtet. Nach Baginsky (Jahrb. f. Kinderheilk. 15, 252) enthält der Kalk rachitischer Kinder nicht mehr Kalk, als der gesunder, dagegen enthalten aber die Fäces der Rachitiker viel grössere Kalkmengen, als die gesunder Kinder, so dass daraus hervorgeht, dass der vornehmste Ausfuhrweg für den Kalk der Darm ist. Bunge (Ueber die Bedeutung des Kochsalzes und das Verhalten der Kalisalze im menschlichen Organismus, Zeitschr. f. Biologie IX. 105) hat gezeigt, wie

merkwürdig die Salze sich im Körper untereinander zersetzen. Bei der Vielgestaltigkeit der phosphorsauren Verbindungen hat darum die Annahme, dass auch der phosphorsaure Kalk eine Umsetzung erfahren hat und die Phosphorsäure mit anderer Basis und der Kalk mit anderer Säure, beide getrennt, ihre Wege gingen, nichts Gewagtes.

Schliesslich muss ich gegen die Ansicht Zülzer's noch des Verhaltens der Salze bei fieberhaften Krankheiten Erwähnung thun. Bei diesen Krankheiten nimmt bekanntlich die Kochsalzausscheidung im Urin sehr rasch ab und sistirt mitunter vollständig. Da man ursprünglich dies Fehlen der Chloride im Harn nur bei Pneumonie beobachtet und den Gehalt der Sputa an Chlor sehr vermehrt gefunden hatte, so nahm man an, dass das Kochsalz in den Exudationsproducten zurückgehalten würde. Dies ist sicher auch in vielen Fällen richtig. Es fand sich aber bald, dass auch in fieberhaften Krankheiten ohne exudative Processe das Kochsalz im Urin ebenfalls fehlte. Dass hier veränderte Druckverhältnisse in den Nieren, vielleicht auch Veränderungen der Nieren selbst die Veranlassung zur Zurückhaltung des Kochsalzes gewesen sind, das wird durch den Umstand wahrscheinlich, dass in diesen Krankheiten auch die Urinentleerung überhaupt in hohem Maasse beschränkt ist und die Kochsalzausfuhr mit der Menge des entleerten Urins ziemlich parallel geht. Mit der Reconvalescenz und, ohne dass von aussen Chlor zugeführt wird, steigt mit der Urinausscheidung auch die Ausscheidung des Chlors wieder, ja man hat hier und da sogar eine völlige Fluth von ausgeschiedenen Chloriden bemerkt (J. Vogel-Neubauer und Vogel, Analyse des Harns. 1863. S. 320).

Es geht daraus unzweideutig hervor, dass die Chlorverbindungen, die ja im Körper nicht erzeugt werden und nicht als Producte der Oxydation und des Stoffwechsels angesehen werden können, während des Fiebers durch irgend welche Ursache, wahrscheinlich durch veränderten Druck, in den Nieren zurückgehalten werden. Der Harnstoff verhält sich ganz anders. In Folge vermehrten Zerfalls von Albuminaten wird er im Fieber reichlicher gebildet und auch reichlicher ausgeschieden. Seine Ausscheidung ist also von den Druckveränderungen in der Niere, oder von den materiellen Veränderungen derselben, wie sie das Fieber mit sich bringt, unabhängig. Wie aber verhält es sich mit den übrigen Salzen des Urins?

J. Vogel hat über das Verhalten der Schwefelsäure und der Phosphorsäure in Krankheiten eine grosse Anzahl von Versuchen angestellt (l. c. S. 327 und 332). Er gibt darüber an, dass er in den

meisten acuten fieberhaften Krankheiten die Schwefelsäureausscheidung sehr bedeutend vermindert gefunden habe; mitunter beobachtete er dabei merkliche Vermehrung. Von der Phosphorsäureausscheidung sagt er, dass sie bei acuten fieberhaften Krankheiten leichten Grads in den ersten Tagen etwas sinke, in der Reconvalescenz übersteige sie bisweilen die Norm; auch hier kommen Fälle vor, wo in der Acne acuter Krankheiten die Phosphorsäureausscheidung sehr gesteigert werden kann. Chloride, Phosphate und schwefelsaure Salze zeigen so bei Fieber ganz analoges Verhalten.

Vogel erklärt die Verminderung der Salzausscheidung hauptsächlich aus dem Mangel der Nahrungsaufnahme im Fieber. Hierdurch werden aber nicht erklärt die Fälle, wo während der Acne der Krankheit eine Vermehrung der Salzausfuhr beobachtet wurde, und die starke Vermehrung derselben mit Eintritt der Reconvalescenz, auch ohne vorhergängige Nahrungszufuhr. Es kann sich hier nur um eine Aenderung in der Thätigkeit der Niere handeln, sei diese nun veranlasst durch Veränderungen des Blutdrucks oder materielle Veränderungen der harnabscheidenden Elemente. Das bei fieberhaften Zuständen nicht ganz seltene Auftreten von Spuren von Eiweiss spricht ebenfalls noch für diese Ansicht. Es werden dadurch gewisse Stoffe, hier also die Salze, in verschiedenem Maass während des Fiebers aus dem Körper nicht ausgeschieden, sie häufen sich auf, um mit der Herstellung des normalen Zustandes oft plötzlich, oft nach und nach zur Ausscheidung zu gelangen.

Die von Zülzer behauptete verschiedene Betheiligung der Gehirn- und Nervenmasse an dem Stoffwechsel bei Ruhe und Thätigkeit dieser Organe erscheint mir dennoch höchst unwahrscheinlich und nichts weniger als bewiesen; und so wenig als wir einen Zerfall der Muskelsubstanz bei ihrer Thätigkeit kennen, so wenig sind wir durch die bis jetzt vorliegenden Thatsachen genöthigt, eine Aufzehrung der Gehirnmaterie durch ihre Thätigkeit anzunehmen.

Ich kehre zur Betrachtung der Vorgänge während des Schlafes zurück.

Ed. Smith (Canstatt's J.-Ber. f. 1857. Bd. 1. S. 77), hat vermittelst einer Gasuhr die während des Schlafs geathmete Luftmenge bestimmt und als geringste Zahl 332 C.-Z. für die Minute gefunden (= 5312 C.-Ctm.), während im wachenden Zustand sitzend 533 C.-Z. (= 8528 C.-Ctm.) und liegend 450 C.-Z. (= 7200 C.-Ctm.) geathmet wurde. Die in dieser Beobachtung angedeutete geringe Intensität des Athemprocesses wird bestätigt durch die geringe Menge der

Kohlensäureausscheidung, welche Scharling während des Schlafes fand (Versuche über die Quantität der in 24 Stunden ausgeathmeten Kohlensäure, *Annalen der Chemie u. Pharm. von Wöhler und Liebig* Bd. 45 [1843] S. 214).

Auch Liebermeister (*Handb. der Pathol. und Therapie des Fiebers*. S. 189) hat diese Verminderung der Kohlensäureausscheidung während des Schlafes constatirt, indem er bei einer Person, die zu jeder Zeit nach Belieben schlafen konnte, während tiefen Schlafes 12,3 und 12,7 Grm. Kohlensäure für $\frac{1}{2}$ Stunde erhielt, während dieselbe Person wachend bei ruhigem Liegen in der gleichen Zeit 15,6 und 14,7 Grm. ausschied.

Gegen Scharling's Versuche macht bereits Böcker den ganz berechtigten Einwand, dass sie zur Erörterung der Stoffwechselvorgänge im Schlaf darum nicht dienen könnten, weil noch andere Bedingungen mit in Rechnung kämen. Man könne Mitternacht nicht mit der Zeit nach der Mittagsmahlzeit vergleichen, und wenn man die Erhöhung, welche die Kohlensäureausfuhr in Folge der Nahrungsaufnahme erfahre, „in Abrechnung bringe, so sei sie im Schlaf so gross wie am Mittag.

Aber abgesehen noch von diesem Einwand, sind diese Versuche ungeeignet, um ein Licht auf die Vorgänge im Gehirn bei seiner Thätigkeit zu werfen. Es ist gar nicht anders zu erwarten, als dass im Schlaf die Kohlensäure vermindert gefunden wird, wegen der tieferen Muskelruhe. Denn wenn man in derselben Lage wacht oder schläft, so ist während des Schlafens der Tonus der Muskeln gewiss viel mehr herabgesetzt, als das jemals während des Wachens erreichbar ist. Neben diesem mächtigem, immer wiederkehrendem Einfluss der Muskelthätigkeit ist es unmöglich, einen andern Einfluss mit Sicherheit zu untersuchen.

Eine Zeit lang hielt man mit einer gewissen Vorliebe nach den bekannten Untersuchungen Pettenkofer's und Voit's den Schlaf für einen durch Sauerstoffmangel veranlassten Zustand, indem Sauerstoff als vorrätige Kraft gleichsam unverwendet im Körper aufgespeichert werde. Auf Grund meiner einer solchen Aufspeicherung widersprechenden Versuche habe ich von Anfang an die Richtigkeit der Untersuchungen von Pettenkofer's und Voit's bezweifelt und bestritten. Es hat sich dann weiter auch nach Voit's Angaben (Ueber die Wirkung der Temperatur der umgebenden Luft auf die Zersetzungen im Organismus der Warmblüter von C. Voit, *Zeitschr. f. Biologie* 14. [1878] S. 123) in der That herausgestellt, dass in den fraglichen Versuchen ein Fehler in der Wasserbestimmung unter-

gelaufen ist; so dass damit die Sauerstoffaufspeicherung im Schlafe beseitigt ist.

So fanden denn auch schon v. Böck und Bauer (Ueber den Einfluss einiger Arzneimittel auf den Gasaustausch bei Thieren. Zeitschr. f. Biologie X. 1874. 336), dass während der Morphinumarkose, falls sie Muskelruhe hervorruft, eine erhebliche Herabsetzung der Energie des Athmens und des Stoffwechsels sich bemerklich macht, und dass dabei keine Aufspeicherung von Sauerstoff stattfindet, dass im Gegentheil von dem aufgenommenen Sauerstoff mehr in der Kohlensäure wieder erscheine, als normal. Sie legen bei diesen Untersuchungen der Muskelthätigkeit ihren richtigen Werth bei.

Die Verwendung der Versuche über den Schlaf zur Aufklärung der Vorgänge im Gehirn hat, wie ich bereits erwähnt habe, wegen des nicht auszuschaltenden Einflusses der Muskelthätigkeit ihr Missliches. Noch übler verwendbar sind hier für die Versuche, bei denen der Schlaf durch narkotische Mittel herbeigeführt wird. Denn jedes Narcoticum hat noch seine eigenthümliche Wirkung und bezüglich des Morphiums wird in den angeführten Untersuchungen darauf aufmerksam gemacht, dass die Verminderung des Gaswechsels bei Morphinumarkose zum Theil wenigstens auf einer verminderten Erregbarkeit des Athemcentrums beruhe, eine Hypothese, die durch die Beobachtung am Krankenbett ihre volle Bestätigung findet.

In seiner „Theorie des Schlafs“ (Archiv f. die ges. Physiologie, Bd. X. S. 368) äussert Pflüger seine Ansichten über die chemischen Vorgänge im Hirn während des Schlafes etwa folgendermaassen: Die Leistungen der Organe sind bedingt durch die Dissociation der lebenden Materie, die im Wesentlichen eine besondere Modification von Eiweiss ist.

Die Erregbarkeit hat ihren nächsten Grund im intramoleculären Sauerstoff und sie erlischt, wenn dieser zur Bildung von Kohlensäure verbraucht ist. Dies bezieht sich speciell auf das centrale Nervensystem, wie es gewiss auch für alle Organe gilt. „Der Verbrauch chemischer Spannkraft“, sagt er wörtlich weiter, „in der grauen Substanz ist während des wachenden Zustandes so gross, dass die während derselben Zeit mögliche Aufsaugung von Sauerstoff durch die lebendige Gehirnmoleculäre nicht gleichen Schritt hält, so dass die graue Substanz durch das Wachsein mehr verliert, als gewinnt. Demnach muss also die Kohlensäurebildung stetig abnehmen.“ Der Schlaf tritt also ein, „wenn die gesunkene Kohlensäurebildung allein nicht mehr ausreicht, um die nothwendige Grösse der lebenden Kräfte zu liefern, welche zur Erhaltung des wachen

Zustandes erfordert wird.“ Während des Schlags gewinnt das Gehirn seinen Vorrath an intermolecularem Sauerstoff wieder, während zugleich die lebenden Molecüle ihren Verlust an brennbarer Materie, Kohlenstoff und Wasserstoff, ersetzen.

Es nimmt auch diese Theorie einen ganz besonders lebhaften Stoffwechsel im Gehirn, einen starken Sauerstoffverbrauch und starke Kohlensäurebildung, an. In der grauen Substanz, sagt Pflüger, sind sehr labile Zustände vorhanden, die wahrscheinlich eine stärkere Dissociation zu Folge haben, als in einem andern Organ des Körpers. Kein Organ erscheine so abhängig von der Sauerstoffzufuhr als das Gehirn, und die graue Substanz zersetze sich von selbst bei 0° unter Säurebildung. Die Abhängigkeit des Gehirns vom Sauerstoff ergebe sich aus der Thatsache, dass Frösche, welche in reinem Stickstoff stundenlang zugebracht hatten und schliesslich todt oder scheintodt herausgenommen wurden, sich wieder belebten; bei diesen Fröschen wurden die Functionen des Rückenmarks durch Sauerstoffzufuhr nach Stunden wieder hergestellt, die des Gehirns aber nicht mehr.

Was die leichte Säuerung der grauen Gehirnssubstanz betrifft, so habe ich bereits S. 103 darauf hingewiesen, dass wir es hier mit dem todtten und eine Zeit lang vor dem Tode gewiss nicht mehr functionirenden Organ zu thun haben. Das nach der S. 102 angegebenen Weise behandelte Gehirn war ausserdem zerschnitten worden und mit der atmosphärischen Luft in Verbindung getreten. Die Säuerung ist als Leichenerscheinung trotz der tiefen Temperatur und nicht als ein physiologischer Vorgang eines überlebenden Organs anzusehen.

Die höchst merkwürdige Thatsache, dass Frösche nach stundenlangem Verweilen in reinem Stickstoff, nachdem sie stundenlang nachher sauerstoffhaltiger Luft wieder ausgesetzt wurden, sich wieder belebten bis auf das Gehirn, ist kein genügender Beweis für die Abhängigkeit des Gehirns von der Sauerstoffzufuhr. Denn ausser der Sauerstoffzufuhr wird in den Versuchen dem Gehirn bei der doch sicher fast auf Null herabsinkenden Herzthätigkeit die Nahrungszufuhr und die Abfuhr der Zerfallproducte abgeschnitten. Von der grossen Giftigkeit der Kohlensäure für nervöse Gebilde habe ich bereits gesprochen, und es ist wohl möglich, da die Frösche sich lange Zeit in einer Luft mit etwa 1 pCt. CO₂ aufhielten, dass diese auf das Gehirn schädlicher wirkte, als auf die übrigen Organe, dass das Gehirn mithin völlig abgestorben war zu einer Zeit, als noch die übrigen Organe durch neue Sauerstoffzufuhr wieder zu beleben waren. Ja man könnte sogar, wenn man nicht den völligen Tod

des Gehirns voraussetzen wollte, aus der mangelnden Wirkung des Sauerstoffs auf das Gehirn daran denken, dass die Empfänglichkeit für Sauerstoffaufnahme im Gehirn viel geringer sei, als die anderer Organe, dass es sich gegen Sauerstoff sehr gleichgültig verhielte.

Gegen die Ansicht, dass der fehlende Sauerstoff und die abnehmenden Oxydationsprocesse im Gehirn den Schlaf einleiten, ist aber weiter noch Folgendes einzuwenden:

Erstens ist das aus den Organen, selbst aus den thätigen, zurückfließende venöse Blut nie seines Sauerstoffs vollständig beraubt, und es wäre auffallend, wenn das Gehirn sich darin anders verhalten sollte, als andere Organe. Ich halte zwar das Gehirn nicht, wie das gewöhnlich geschieht, für ein sehr blutreiches Organ; es ist darum vielleicht eher als ein anderes in der Lage, den nöthigen Sauerstoff nicht zugeführt zu erhalten, aber es liegt bis jetzt keine Thatsache vor, welche für die auffallende Sauerstoffarmuth des das Gehirn verlassenden Blutes spräche.

Zweitens ist die Gelegenheit zur genügenden und vermehrten Aufnahme für die verschiedenen Organe eine so einfache und beständig in Anwendung gebrachte, dass es kaum zu denken ist, dass beim Gehirn eine andere Organisation getroffen sein sollte. Jedes thätige Organ veranlasst sofort einen regeren Blutzufluss; die Blutkörperchen, welche bei ihrem Durchgang durch die Lungen sich nahezu mit Sauerstoff sättigen, müssen, um dem Bedürfniss des thätigen Organs an Sauerstoff zu genügen, sich um so öfter damit beladen, je mehr ihnen bei jedem Durchgang durch das thätige Organ an Sauerstoff entzogen wird. Ich habe zu Anfang dieser Arbeit bereits darauf aufmerksam gemacht, dass, wenn die Thätigkeit des Gehirns überhaupt mit einem Oxydationsprocess verknüpft sei, die Analogie mit allen übrigen Organen verlange, dass auch eine beschleunigte Circulation dabei eintrete, und diese ist bei geistiger Thätigkeit nicht wahrnehmbar.

Ich will hier indess noch anführen, dass Vulpian (Canstatt's J.-Ber. 1864. Bd. I. S. 230) den Aortabulbus eines Frosches unterband und $4\frac{1}{4}$ Stunden lang das Gehirn ohne Blutzufluss liess. Es fehlten alle willkürlichen Bewegungen, auf Zehendruck erfolgten keine Reflexe, auf elektrische Reize wurde noch reagirt und das Herz schlug noch. Nach Lösung der Ligatur dauerte es eine Stunde bis zur ersten Athembewegung, nach 2 Stunden waren sie noch selten und nach 17 Stunden war das Thier in ganz normalem Zustand. Vulpian führt diesen Versuch als einen Beweis dafür an, wie tief die Thätigkeit des centralen Nervensystems durch Blut-

mangel gesunken sein könne, ohne dass die Möglichkeit der Wiederherstellung durch neue Blutzufuhr aufgehoben sei.

Ich übergehe hier, als allzu schwach experimentell begründet, die Theorie, dass in den Nerven und in dem Gehirn sich in Folge der Thätigkeit Verbrauchstoffe bildeten, wie die Milchsäure z. B. und dass deren Anhäufung die Ursache der Ermüdung und somit auch des Schlafes sei.

Man wird sich nach dieser langen Auseinandersetzung des Ein-drucks kaum erwehren können, dass unsere Kenntnisse über die stofflichen Vorgänge während der Thätigkeit des Gehirns doch ausserordentlich unbedeutend sind, und dass die Ansicht, diese Vorgänge seien ähnliche oder dieselben, wie sie im thätigen Muskel beobachtet sind, und ausserdem sehr lebhafte und energische, doch eigentlich jeder reellen und experimentellen Basis entbehrt.

Ich komme nun zur Erörterung meiner Versuche.

Sie sind im Jahr 1877 angestellt nach der Methode, wie ich sie früher umständlich beschrieben habe (Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung, Schriften der Ges. z. Bef. d. ges. Nat. Wissensch. zu Marburg. Bd. X). Es kamen, wie in meinen späteren Untersuchungen überhaupt (Krit. und experimentelle Unters. über d. Wirkung des veränderten Luftdrucks *ibid.* Bd. II. 1877 und Unters. über die Einwirkung des Lichts auf den Stoffwechsel, Dieses Arch. Bd. XII. S. 1.) zwei Athemapparate zur Verwendung, von denen der grössere (als n. App. = neuerer Apparat) ein über 15 Minuten langes Athmen gestattet, der kleinere (als a. App. = alter Apparat bezeichnet) nur 10 Minuten lang Luft gewährte. Die Parallelversuche mit und ohne geistige Anstrengung sind unmittelbar nach einander gemacht.

Die erste Reihe der Versuche ist an mir selbst gemacht. Die Zeit der Versuchsdauer und die Zahl der Athemzüge wurde dabei von einem Gehülfen mit der Uhr in der Hand so bestimmt, dass der Secundenzeiger beobachtet und allemal mit Ablauf einer Minute die Zahl der geschehenen Athemzüge notirt wurde. Die Zahl der Aufzeichnungen ergab dann die Zahl der Minuten und es war leicht, die Zählung der Athemzüge jedes Versuchs zu controliren, da die Athemzüge, obwohl ganz ungezwungen, doch eine annähernde Regelmässigkeit haben. Anfang und Ende des Versuchs wurde von mir stets durch ein Zeichen markirt.

Ich theile zunächst die bei jedem Versuch aufgenommenen Protokolle mit.

No. 1. Den 17. Mai 1877, Morgens früh 4³/₄ Uhr. Seit gestern Abend 8 Uhr nichts genossen, kein Wein, kein Bier getrunken, Schlaf gut, n. App. Während des Versuchs wissenschaftliche Lectüre. Es gelang nicht, wegen der Aufmerksamkeit auf den Versuch diese dem Lesen vollständig zuzuwenden und das Gelesene gründlich aufzufassen. Das Buch wurde während des Lesens, durch das Stativ unterstützt, in der Hand gehalten. In 13 Min. 40 Sec. 73 Athemzüge.

No. 2. Den 17. Mai, einige Minuten nach Beendigung des Versuchs 1. Ich bemühte mich, möglichst gleichgültig zu sein und keine Gedanken zu haben, zählte, um die Aufmerksamkeit abzulenken und mich einzuschläfern, aber ohne Aufmerksamkeit die Athemzüge und hielt fast während der ganzen Dauer des Versuchs die Augen geschlossen. In 8 Min. 10 Sec. 74 Athemzüge, a. App.

No. 3. Den 19. Mai, Morgens 5 Uhr. Seit gestern Abend 8 Uhr ohne Nahrung; während des Nachtessens und danach 1 Schoppen Wein getrunken, Schlaf etwas unruhig. Während des Versuchs wissenschaftliche Lectüre mit mehr Aufmerksamkeit als gestern. In 16 Min. 15 Sec. 83 Athemzüge, n. App.

No. 4. Etwa 5 Minuten nach Beendigung von No. 3. Ich liess bei geschlossenen Augen die Gedanken gehen mit dem Bemühen einzuschlafen. In 10 Min. 44 Sec. 74 Athemzüge, a. App.

No. 5. Den 22. Mai, Morgens 5 Uhr nüchtern. Abends vorher etwas Maiwein getrunken. Augen geschlossen, bemüht möglichst wenig zu denken und einzuschlafen, dabei mechanisches Zählen der Athemzüge. In 9 Min. 50 Sec. 67 Athemzüge, a. App.

No. 6 etwa 5—6 Minuten nach No. 5. Mit ziemlicher Aufmerksamkeit gelesen. In 17 Min. 76 Athemzüge, n. App.

No. 7. Den 24. Mai, Morgens 5 Uhr nüchtern. Abends vorher nichts getrunken. Schlaf etwas unruhig. An dem Stativ für die Gummiröhren war eine pultartige Unterlage angebracht, auf der während des ganzen Versuchs geschrieben wurde (ein zwar vorher schon durchdachtes, aber doch während des Versuchs frisch gefasstes Resumé über Versuche mit comprimierter Luft). Aufmerksamkeit gut, das Schreiben wegen der gezwungenen Stellung etwas unbequem, so dass der Arm ermüdete. In 15 Min. 4 Sec. 78 Athemzüge, n. App.

No. 8. Etwa 5—6 Minuten nach No. 7. Augen geschlossen, Bemühung möglichst wenig zu denken und einzuschlafen. Mechanisches Zählen der Athemzüge. In 11 Min. 34 Sec. 78 Athemzüge, a. App.

No. 9. Den 26. Mai, Morgens 5 Uhr. Abends vorher 1 Flasche

Bier. Es wurde während des Versuchs ebenso wie in Versuch 7 (und zwar die Fortsetzung des in 7 begonnenen Schriftstücks) geschrieben. Der Arm am Schluss des Versuchs durch gezwungene Haltung etwas ermüdet. Es wurde von diesem Versuch an genauer darauf geachtet, dass vor Beginn des Versuchs die Luft aus den Lungen möglichst ausgepresst wurde; in den acht vorhergehenden Versuchen war darauf minder genau geachtet worden, da die geistige Beschäftigung schon kurz vor dem Versuch begann. In 11 Min. 12 Sec. 60 Athemzüge, a. App.

No. 10. Einige Minuten nach No. 8. Augen geschlossen, Bemühung möglichst wenig zu denken, wobei wie auch in früheren Versuchen es doch nur auf Augenblicke erreicht wird, dass die Gedanken wie beim Einschlafen sich verwirren. In 16 Min. 30 Sec. 90 Athemzüge, n. App.

No. 11. Den 29. Mai, Vormittags 12 Uhr. Seit dem Frühstück um 7 Uhr war nichts genossen worden. Ausrechnen einfacher Gleichungen, worin ich nicht geübt war. Aufmerksamkeit gut, Arm nicht merklich ermüdet. In 13 Min. 57 Sec. 78 Athemzüge, n. App.

No. 12. Einige Minuten nach Versuch 11. Bemühung wenig zu denken und einzuschlafen. Augen geschlossen. Es wurde im Zimmer über meinem Laboratorium Clavier gespielt, dem ich ohne besondere Achtsamkeit zuhörte. Einige Male begannen die Gedanken auf einen Moment zu schwinden. In 11 Min. 12 Sec. 66 Athemzüge, a. App.

No. 13. Den 1. Juni, Morgens 5 Uhr. Abends vorher beim Nachtessen und nachher 3 Glas Bier langsam getrunken. Auflösen algebraischer Gleichungen mit Aufmerksamkeit, Beweis des pythagoräischen Lehrsatzes, beides mir nicht gerade geläufige Beschäftigungen. Keine merkliche Ermüdung des Arms. In 16 Min. 13 Sec. 88 Athemzüge, n. App.

No. 14. Einige Minuten nach No. 13. Ohne geistige Beschäftigung, Augen geschlossen. In 12 Min. 25 Sec. 74 Athemzüge, a. App.

No. 15. Den 4. Juni, Morgens 5. Die Augen geschlossen und möglichst wenig gedacht. Der rechte Arm wurde gerade so aufgelegt wie bei den seitherigen Versuchen mit Schreiben oder Rechnen und Schreibbewegungen gemacht. In 15 Min. 50 Sec. 70 Athemzüge, n. App.

No. 16. Einige Minuten nach Beendigung von No. 15. Ausrechnen leichter Gleichungen. Es wurde mit Aufmerksamkeit gerechnet, aber ein falsches Resultat erzielt. In 11 Min. 59 Athemzüge, a. App.

No. 17. Den 7. Juni, Morgens 5 Uhr. Geometrie mit Aufzeichnen der nöthigen Figur. Aufmerksamkeit gut. Keine merkliche Ermüdung des Arms. In 17 Min. 5 Sec. 93 Athemzüge, n. App.

Der Ausathmungscyylinder war bei dem sehr lang dauernden Versuch so weit mit Ausathmungsluft gefüllt, dass er die letzte Ausathmung nicht mehr völlig fasste, so dass etwas Luft durch das Spaarwasser hindurch drang. Es wurde daher die ausgeathmete Luft im Ausathmungscyylinder blos zur chemischen Aanalyse benutzt und die Menge der ausgeathmeten Luft nach dem Stickstoffgehalt der eingeathmeten berechnet.

No. 18. Einige Minuten nach Beendigung von No. 17. Mit geschlossenen Augen möglichst wenig gedacht. Mit dem rechten Arm und Hand wurden einige Schreib- und Zeichenbewegungen gemacht, die denen von No. 17 etwa gleich kamen, sie wenigstens nicht übertrafen. In 9 Min. 55 Sec. 71 Athemzüge, a. App.

In der folgenden Tabelle VI sind die Resultate aufgeführt, wie sie jeder Versuch direct ergab; in Tabelle VII sind daraus die Werthe für 1 Minute berechnet.

Das Ergebniss dieser Versuche ist nicht zweifelhaft; sowohl die Mittelzahlen, als die einzelnen zusammengehörigen Versuche ohne Ausnahme bekunden, dass während der geistigen Anstrengung Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausscheidung erhöht gewesen sind. Ich stelle die Zahlen für beide der grösseren Uebersichtlichkeit wegen gegenüber, mit A die geistige Anstrengung, mit R die Ruhe bezeichnend.

CO ₂		O	
A.	R.	A.	R.
0,513	0,452	0,441	0,405
0,484	0,432	0,412	0,397
0,469	0,476	0,429	0,407
0,524	0,440	0,460	0,403
0,473	0,393	0,431	0,370
0,518	0,441	0,490	0,439
0,483	0,424	0,442	0,394

Als ich die Versuche anstellte, war ich der Meinung, es ganz bestimmt nur mit dem Einfluss der geistigen Arbeit zu thun und alle übrigen störenden Einflüsse beseitigt zu haben, und dennoch ist das nicht der Fall gewesen. Es fiel mir nicht ein daran zu denken, dass kleine Unbequemlichkeiten in der Haltung des Kopfes beim Lesen, das Festhalten des Buches, das Herumschlagen der Seiten, die kleinen Bewegungen beim Schreiben u. s. w. von einem weit erheblicheren Einfluss sein könnten als die geistige Arbeit selbst.

No. u. Datum.	Ein- Aus- geathmete Luft		Die ein- geathmete Luft		Die ausgeathmete Luft besteht aus					
	bei		besteht aus		pCt.			im Ganzen		
	0° und 760 Mm.		O	N	O	N	CO ₂	O	N	CO ₂
1877.	C.-Ctm.		C.-Ctm.					C.-Ctm.		
No. 1.										
17. 5. Mgs. 4 ³ / ₄ Uhr.	94440	94228	19785	74655	16,54	79,69	3,77	15585	75090	3552
No. 2.										
17. 5. Mgs. 4 ¹ / ₂ Uhr.	58501	58462	12256	46245	17,02	79,78	3,20	9950	46641	1871
No. 3.										
19. 5. Mgs. 5 Uhr.	101876	102986	21553	81323	16,39	79,74	3,87	16879	82121	3986
No. 4.										
19. 5. Mgs. 5 ¹ / ₂ Uhr.	63218	63061	13244	49974	16,29	79,78	3,73	10273	50436	2352
No. 5.										
22. 5. Mgs. 5 Uhr.	64816	64664	13579	51237	16,68	79,65	3,67	10786	51505	2373
No. 6.										
22. 5. Mgs. 5 ¹ / ₄ Uhr.	101132	100704	21187	79945	15,99	79,99	4,02	16103	80553	4048
No. 7.										
24. 5. Mgs. 5 Uhr.	107563	107401	22534	85029	16,48	79,79	3,73	17700	85695	4006
No. 8.										
24. 5. Mgs. 5 ¹ / ₂ Uhr.	70676	70310	14807	55869	16,44	79,89	3,67	11559	56171	2580
No. 9.										
26. 5. Mgs. 5 Uhr.	72572	71873	15204	57368	16,47	79,79	3,74	11837	57347	2688
No. 10.										
26. 5. Mgs. 5 ¹ / ₄ Uhr.	96226	95383	20159	76067	16,67	79,88	3,45	15900	76192	3291
No. 11.										
29. 5. Vorm. 12 Uhr.	101084	100102	21177	79907	16,39	79,95	3,66	16407	80031	3664
No. 12.										
29. 5. Vorm. 12 ¹ / ₄ Uhr.	68630	67707	14378	54252	16,17	80,13	3,70	10948	54254	2505
No. 13.										
1. 6. Mgs. 5 Uhr.	106308	105072	22272	84036	16,44	79,78	3,78	17274	83826	3972
No. 14.										
1. 6. Mgs. 5 ¹ / ₂ Uhr.	71093	70348	14894	56199	16,33	79,88	3,79	11488	56194	2666
No. 15.										
4. 6. Mgs. 5 Uhr.	94780	94364	19856	74924	16,47	79,60	3,93	15542	75114	3708
No. 16.										
4. 6. Mgs. 5 ¹ / ₂ Uhr.	69568	68709	14574	54994	16,42	79,75	3,83	11282	54795	2632
No. 17.										
7. 6. Mgs. 5 Uhr.	116122	115348	24328	91794	16,66	79,58	3,76	19217	91794	4337
No. 18.										
7. 6. Mgs. 5 ¹ / ₂ Uhr.	69714	69216	14605	55109	16,86	79,53	3,61	11670	55047	2499

VI.

Im Körper verbraachter O		CO ₂ in Grm.	Die CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H Grm.	Verhältniss des verbrauchten O			Dauer des Versuchs		Zahl der Athem- züge.
C -Ctm.	Grm.		C	O		der ein- zur ausge- athmet. Luft	O der CO ₂	zum O des HO	Min.	Sec.	
						= 1000.					
4200	6,023	7,003	1,910	5,093	0,930	998	846	154	13	40	73
2306	3,307	3,685	1,006	2,683	0,624	999	812	188	8	10	74
4674	6,703	7,858	2,143	5,715	0,988	1001	854	146	16	15	83
2971	4,260	4,637	1,265	3,372	0,888	997	791	209	10	44	74
2793	4,005	4,678	1,276	3,402	0,603	998	850	150	9	50	67
5084	7,209	7,981	2,176	5,805	1,485	996	795	205	17	—	76
4834	6,932	7,898	2,154	5,744	1,188	999	828	172	15	4	78
3248	4,658	5,086	1,387	3,699	0,969	995	794	206	11	34	78
3367	4,828	5,299	1,445	3,854	0,974	990	798	202	11	12	60
4259	6,107	6,488	1,769	4,719	1,388	991	773	227	16	30	90
4770	6,840	7,224	1,970	5,254	1,586	990	786	232	13	57	78
3430	4,919	4,939	1,347	3,592	1,327	987	730	270	11	12	66
4998	7,167	7,831	2,136	5,659	1,508	988	790	210	16	12	88
3406	4,884	5,256	1,433	3,823	1,061	990	783	217	12	24	74
4314	6,186	7,310	1,993	5,317	0,869	996	860	140	15	50	77
3292	4,721	5,189	1,415	3,774	0,947	988	799	201	11	—	59
5111	7,329	8,550	2,332	6,218	1,111	993	848	152	17	6	93
2935	4,209	4,927	1,344	3,583	0,626	993	851	149	9	54	71

Tabelle VII.

No.	Ein- geathmete Luft	Aus- geathmete Luft	Die ein- geathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus			Im Körper verbraucht		CO ₂ in		Die CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H		Zahl der Atemzüge.
	C.-Ctm.	C.-Ctm.	O	N	O	N	CO ₂	C.-Ctm.	Grm.	Grm.	Grm.	C	O	Grm.		
2	7163	7158	1501	5663	1218	5711	229	283	0,405	0,452	0,123	0,329	0,076	9,1	791	
4	5890	5875	1234	4656	957	4699	219	277	0,397	0,432	0,118	0,314	0,083	6,9	854	
5	6591	6576	1381	5211	1097	5238	241	284	0,407	0,476	0,130	0,346	0,061	6,8	838	
8	6110	6079	1280	4830	999	4856	223	281	0,403	0,440	0,120	0,330	0,084	6,7	906	
10	5832	5781	1222	4610	964	4618	199	258	0,370	0,393	0,107	0,286	0,083	5,5	1069	
12	6128	6045	1284	4844	977	4844	224	306	0,439	0,441	0,120	0,321	0,118	5,9	1040	
14	5733	5675	1201	4532	927	4532	215	275	0,394	0,424	0,116	0,308	0,086	6,0	961	
Mittel:	6207	6170	1300	4907	1020	4928	221	280	0,402	0,437	0,119	0,318	0,084	6,7	937	
1	6910	6895	1448	5463	1140	5494	260	308	0,441	0,513	0,140	0,373	0,068	5,4	1294	
3	6331	6338	1326	5005	1039	5054	245	288	0,412	0,484	0,132	0,352	0,060	5,1	1239	
6	5949	5924	1246	4703	947	4738	228	299	0,429	0,469	0,128	0,341	0,087	4,5	1331	
7	7139	7128	1496	5643	1175	5687	266	321	0,460	0,524	0,143	0,381	0,079	5,2	1379	
9	6480	6417	1358	5132	1057	5130	240	301	0,431	0,473	0,129	0,334	0,087	5,4	1209	
11	7246	7177	1518	5728	1176	5737	253	342	0,490	0,518	0,141	0,377	0,121	5,6	1276	
13	6562	6486	1375	5187	1066	5174	245	309	0,442	0,483	0,132	0,351	0,091	5,4	1208	
Mittel:	6660	6623	1395	5264	1086	5286	251	309	0,443	0,495	0,135	0,360	0,084	5,2	1276	
15	5986	5958	1254	4732	981	4744	234	273	0,391	0,452	0,126	0,336	0,055	4,9	1231	
18	7042	6991	1475	5567	1179	5560	252	296	0,425	0,498	0,136	0,362	0,064	7,2	982	
Mittel:	6514	6474	1364	5149	1080	5152	243	284	0,408	0,480	0,131	0,349	0,059	6,0	1106	
16	6324	6246	1325	4999	1026	4991	239	299	0,429	0,472	0,129	0,343	0,086	5,4	1179	
17	6791	6745	1423	5368	1124	5368	254	299	0,429	0,500	0,136	0,364	0,065	5,4	1249	
Mittel:	6557	6495	1374	5183	1075	5174	246	299	0,429	0,486	0,132	0,354	0,075	5,4	1214	

Während der Versuche stand ich vor dem Apparat, dessen Klappenvorrichtung auf der Platte eines Stativs auflag. Die Platte konnte mittelst dreier Durchbohrungen an drei senkrechten Pfosten auf und ab bewegt und in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden.

Während ich den Athemschlauch im Munde hielt, sass eine Klemme auf der Nase, vor mir stand das Buch, aus dem gelesen wurde, auf den Gläsern, welche die Klappenvorrichtung enthielten, an einem der Pfosten des Stativs angelehnt. Bei den Versuchen mit Schreiben war an diesen Pfosten pultartig ein Brett angelehnt und festgestellt. Die ganze Vorrichtung barg einige Unbequemlichkeiten. Die Nasenklemme und die Pfosten des Stativs hinderten etwas am Sehen, der im Munde zu haltende Athemschlauch etwas an der freien Bewegung. Diese Unbequemlichkeit war eigentlich so unerheblich, dass sie, wenn man nicht gerade darauf achtete, unbemerkt blieb. Bei den Versuchen, bei denen geschrieben wurde, wurde der rechte Arm allerdings so gut als thunlich aufgelegt; die Unbequemlichkeit war aber doch an diesen Versuchen stärker und machte sich durch das Gefühl einer geringen Ermüdung während des Versuchs, welche dazu veranlasste, die Stellung des Arms bisweilen zu ändern, bemerklich. Der letzte Umstand machte mich eigentlich erst aufmerksam darauf, dass in den Versuchen trotz gleicher ruhiger Stellung in den Parallelversuchen, trotz ähnlichen Auflegens des rechten Arms eine verschiedene Muskelauction vorhanden sei.

Sieht man sich die Versuche genauer an, so sind die drei ersten, bei denen gelesen wurde und bei denen die Unbequemlichkeit der Einrichtung weit weniger wahrnehmbar war, deutlich unterschieden von den letzten, bei denen Schreiben, schriftliches Rechnen, Figurenzeichnen eine merklichere Unbequemlichkeit verursachten.

In den drei ersten Versuchen beträgt die Vermehrung der Kohlensäure 0,061, 0,052 und 0,007, die des Sauerstoffs 0,036, 0,015 und 0,022 für die geistige Anstrengung. Die stärksten Unterschiede treffen hier auf Versuch 1 und 2, bei dem ausdrücklich bemerkt ist, dass hier während des Lesens das Buch mit der Hand gehalten wurde, wodurch ein grösserer Aufwand von Muskelarbeit nothwendig wurde als in den beiden andern Parallelversuchen, wo das Buch festgestellt wurde.

Bei den vier letzten Parallelversuchen sind die Unterschiede zwischen geistiger Arbeit und geistiger Ruhe viel erheblicher; der bei der geistigen Arbeit erzielte Zuwachs an Kohlensäure beträgt 0,084, 0,080, 0,077 und 0,059 und der an Sauerstoff 0,057, 0,061, 0,051 und 0,048.

Bei solchem Verhalten ist es absolut nicht anders möglich, als die Veränderungen, die sich hier im Stoffwechsel und in dem Athemprocess ausgedrückt haben, ganz allein der veränderten Muskelthätigkeit zuzuschreiben. Uebersieht man die vier letzten Parallelversuche

so sollte man fast glauben, die Uebung habe nach und nach eine günstigere und weniger unbequeme Stellung heraus gefunden und dadurch den Unterschied im Stoffwechsel nach und nach kleiner gemacht. Die Versuche beweisen wieder einmal, was ich schon öfter ausgesprochen, wie ausserordentlich präcis sich der Einfluss der Muskelthätigkeit geltend macht, und wie ängstlich man bei Beseitigung dieses mächtigen Factors zu Werke gehen muss, wenn man nicht argen Täuschungen und empfindlichen Irrthümern sich aussetzen will. Ich habe mich bei diesen Versuchen nicht beruhigt.

In No. 15 und 16, sowie 17 und 18 wurde die Muskelbewegung in der Art ausgeglichen, dass den Versuchen, bei denen geschrieben wurde, andere entsprachen, bei denen Stellung und Bewegung genau so ausgeführt wurden, als wenn geschrieben wurde.

Der Erfolg ist deutlich. Die Versuche stimmen so genau überein, wie das bei derartigen Versuchen überhaupt zu erwarten ist. In Versuch 17 ist allerdings eine kleine Unregelmässigkeit, wie in dem Protokoll bemerkt ist, vorgekommen. Sie ist aber absolut ohne Einfluss auf das Resultat, denn die wenigen Luftblasen, welche aus dem Ausathmungscylinder am Schluss des Versuchs herausdrangen, können auf die Zusammensetzung der grossen Menge Luft, die der Cylinder enthielt, keinen Einfluss gehabt haben, und die Menge der ausgeathmeten Luft ist nach dem Stickstoffgehalt der genau gemessenen Einathmungsluft bestimmt.

Man könnte den Versuchen vielleicht den Vorwurf machen, dass die geistige Thätigkeit der geistigen Ruhe gegenüber zu unbedeutend gewesen sei, da ein Mann, der an sich selbst experimentirt, durch die Beaufsichtigung des Versuchs zu viel in Anspruch genommen ist, so dass er seine Aufmerksamkeit weder völlig ablenken, noch sie genügend und ungetheilt einem anderen Gegenstand zuwenden kann.

Nun kann ich allerdings versichern, dass ich, da ich die Zeit des Versuchs nicht zu bestimmen und die Athemzüge nicht zu zählen hatte, um den Versuch mich nicht weiter kümmerte, als dass ich gegen Ende hie und da auf den sich senkenden Einathmungscylinder sah, um den passenden Moment des Schlusses zu bestimmen. Damit aber die Zwischenzeit zwischen Anfang und Ende des Versuchs ganz ungestört sei, wurde von meinem Gehülften ein Zeichen gegeben, wann der Einathmungscylinder beinahe geleert war. Es gelang mir daher auch ziemlich gut bei den Versuchen mit geistiger Anstrengung bei der Sache zu sein. Eine absolute geistige Ruhe war allerdings nicht zu erzielen, die Zahl der vorüberziehenden Gedanken und Bilder war

erheblich, und nur auf Augenblicke trat die Verwirrung der Gedanken ein, die dem Schlaf vorauszuweichen pflegt.

Darum habe ich noch an einer anderen Person meine Versuche wiederholt, die, an geistige Arbeit gewöhnt, wohl im Stande sein konnte, bald ihre Gedanken auf eine bestimmte geistige Beschäftigung zu concentriren.

Die Versuchsperson war Herr Gymnasialoberlehrer Kegel, ein gesunder Mann von einigen und dreissig Jahren, mit Kleidung 73 000 Grm. schwer, 167 Cm. lang, von untersetzter Statur und gut entwickelter Musculatur. Die Versuche selbst waren in ganz ähnlicher Weise angestellt, wie die an mir selbst. Nachdem seit Abend vorher nichts genossen war, kam Herr K. Morgens früh aus seiner Wohnung in mein Laboratorium. Wegen des Beginns des Versuchs und des Schlusses nach tiefer Expiration, der nöthigen Zeichen für Anfang und Ende des Versuchs war das Geeignete angeordnet und verabredet. Zeitdauer des Versuchs und Zahl der Athemzüge wurden von mir in derselben Weise bestimmt, wie das früher angegeben ist. Mit der betreffenden geistigen Beschäftigung wurde einige Minuten vor dem Versuch bereits begonnen und das Athemrohr in den Mund genommen, als die Gedanken schon auf die Lectüre gerichtet waren. Das Buch stand auf dem Stativ; hie und da musste eine Seite umgedreht werden. Das Protokoll besagt nun über die einzelnen Versuche Folgendes:

No. 25. Den 17. August, Morgens 6 Uhr. Homer gelesen. Die Versuchsperson gibt an, ohne alle Beschwerden geathmet und wenigstens längere Zeit mit Aufmerksamkeit sich in die Lectüre vertieft zu haben. Bewegungen fast Null. In 14 Min. 15 Sec. 80 Athemzüge, n. App.

No. 26 etwa 10 Minuten nach Beendigung von No. 25. Augen geschlossen, Bemühung möglichst wenig zu denken und einzuschlafen, was nur auf Momente gelang. In 9 Min. 28 Sec. 44 Athemzüge, a. App.

No. 27. Den 18. August, Morgens 6 Uhr. Caesar gelesen; gibt an die Gedanken völlig auf die Lectüre concentrirt gehabt zu haben. In 13 Min. 26 Sec. 64 Athemzüge, n. App.

No. 28 etwa 10 Minuten nach Beendigung von No. 27. Möglichste Gedankenlosigkeit und Versuch einzuschlafen. Augen geschlossen. In 9 Min. 18 Sec. 39 Athemzüge, a. App.

No. 29. Den 20. August, Morgens 6 Uhr. Mit Aufmerksamkeit Xenophon gelesen, Stellung etwas gebückt, jedoch angeblich ohne Beschwerde. In 9 Min. 33 Sec. 45 Athemzüge, a. App.

No. 30. Als bald nach Beendigung von No. 29 wie No. 28. In 11 Min. 20 Sec. 52 Athemzüge, n. App.

Nr. 31. Den 21. August, Morgens 6 Uhr. Xenophon gelesen; bei dem Versuch gesessen. Gegen Ende des Versuchs trat wegen eines Gewitters so grosse Dunkelheit ein, dass das Lesen schwer wurde. In 14 Min. 6 Sec. 77 Athemzüge.

Der Controlversuch musste der Dunkelheit wegen unterbleiben.

No. 32. Den 24. August, Morgens 6 Uhr. Sitzend, möglichst ohne Gedanken, mit dem Bemühen einzuschlafen. Augen geschlossen. In 11 Min. 37 Sec. 40 Athemzüge, a. App.

No. 33. Bald nach Beendigung von No. 32. Sitzend, mit Aufmerksamkeit griechisch gelesen. In 16 Min. 100 Athemzüge, n. App.

No. 34. Den 25. August, Morgens 6 Uhr. Sitzend, mit geschlossenen Augen, bemüht einzuschlafen. In 12 Min. 54 Sec. 61 Athemzüge, n. App.

No. 35. Als bald nach No. 34. Mit grosser Aufmerksamkeit Xenophon gelesen, als sässe er in seinem Zimmer zu Hause. In 10 Min. 14 Sec. 60 Athemzüge, a. App.

In der hier folgenden Tabelle VIII sind die Resultate der Untersuchung, wie die Versuche sie geben, niedergelegt; in Tabelle IX sind sie für 1 Minute berechnet.

Der bequemen Uebersicht wegen stelle ich hier die Zahlen für Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme für geistige Arbeit und Ruhe neben einander.

CO ₂		O	
A.	R.	A.	R.
0,568	0,536	0,522	0,492
0,629	0,543	0,511	0,459
0,696	0,597	0,637	0,459
0,623	—	0,507	—
0,542	0,498	0,450	0,448
0,479	0,587	0,414	0,422
0,559	0,553	0,507	0,456

Man sieht, dass die Werthe für die geistige Anstrengung im Mittel sowohl als in den einzelnen Versuchen mit einer Ausnahme erheblich überwiegen.

Es wird bei diesen Versuchen auffallen, dass das Verhältniss von Kohlensäure zum Sauerstoff mehr als gewöhnlich schwankend ist. Der Grund dafür liegt jedenfalls in dem Mangel der Uebung, an dem Apparat zu athmen. Höchst wahrscheinlich ist die Blutkohlensäure durch mehr oder minder forcirtes oder sparsames Athmen bald mehr bald weniger vollständig aus dem Blut entfernt. Es

Tabelle VIII.

No. u. Datum	Ein- geathmete Luft bei 40° 760 mm	Aus- geathmete Luft		Die ein- geathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus pCt.						im Ganzen				Im Körper verbraucher O		CO ₂ in		Das CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H	Zahl der Athemzüge.	Dauer des Ver- suchs
		C.-Ctm.	C.-Ctm.	O	N	O	N	CO ₂	O	N	CO ₂	O-Ctm.	Grm.	Grm.	C	O	Grm.	Grm.						
																			C.-Ctm.	C.-Ctm.				
25. 7. 8. Mgs. 6 Uhr	99212	97821	20785	78427	15,94	79,86	4,20	15593	78120	4108	5192	7,445	8,099	2,209	5,890	1,555	80	15						
26. 7. 8. Mgs. 6½ Uhr	60436	59838	12661	47775	15,73	79,79	4,30	9413	47852	2573	3248	4,658	5,073	1,383	3,690	0,968	44	9	28					
27. 18. 8. Mgs. 6 Uhr	101483	101046	21261	80222	16,30	79,47	4,23	16470	80301	4274	4791	6,870	8,445	2,303	6,142	0,728	64	13	26					
28. 18. 8. Mgs. 6½ Uhr	62832	62649	13163	49660	16,26	79,65	4,09	10187	49900	2562	2976	4,268	5,051	1,377	3,674	0,594	39	9	18					
29. 20. 8. Mgs. 6 Uhr	73060	72155	15306	57754	15,33	80,00	4,67	11061	57724	3370	4245	6,087	6,644	1,812	4,832	1,255	49	9	33					
30. 20. 8. Mgs. 6½ Uhr	89647	89939	18781	70866	16,85	79,33	3,82	15155	71349	3436	3626	5,200	6,774	1,847	4,927	0,273	52	11	20					
31. 21. 8. Mgs. 6 Uhr	102369	102193	21446	80923	16,11	79,53	4,36	16463	81274	4456	4983	7,146	8,785	2,396	6,389	0,757	77	14	6					
32. 24. 8. Mgs. 6 Uhr	66386	66029	13908	52478	15,57	79,99	4,44	10281	52816	2932	3627	5,201	5,780	1,576	4,204	0,997	40	11	36					
33. 24. 8. Mgs. 6½ Uhr	109711	109511	22984	86727	16,40	79,88	4,02	17960	87149	4402	5024	7,204	8,679	2,367	6,312	0,892	100	16	0					
34. 25. 8. Mgs. 6 Uhr	99643	100213	20875	78768	17,01	79,13	3,83	17076	79299	3838	3799	5,448	7,567	2,064	5,503	—	64	12	54					
35. 25. 8. Mgs. 6½ Uhr	69286	69209	14515	54771	16,30	79,62	4,08	11281	55204	2724	3234	4,638	5,370	1,464	3,906	0,732	60	11	12					

III. SPECK

Tabelle IX.

No.	Ein- Aus- geathmete Luft		Die ein- geathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus			Im Körper verbrannt O		CO ₂ in		Das CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H		Verhältnis des verbrauchten O zum O		Zahl Tiefe der Atemzüge	
	C-Clm.		O	N	O	N	CO ₂	C-Clm.	Grm.	Grm.		C	O	Grm.					
25	6962	6865	1458	5504	1094	5482	288	364	0,522	0,568	0,155	0,413	0,109	791	209	5,6	1240		
27	7555	7522	1583	5972	1226	5978	318	357	0,511	0,629	0,171	0,457	0,054	894	106	4,8	1586		
29	7650	7555	1603	6047	1158	6044	353	445	0,637	0,696	0,190	0,506	0,131	794	206	5,1	1491		
31	7260	7248	1521	5739	1168	5764	316	353	0,507	0,623	0,176	0,454	0,054	894	106	5,5	1329		
33	6857	6844	1436	5420	1122	5447	275	314	0,450	0,542	0,148	0,394	0,056	876	124	6,2	1097		
35	6186	6179	1296	4889	1007	4928	243	298	0,414	0,479	0,131	0,349	0,065	842	158	5,3	1154		
Mittel:	7078	7035	1483	5595	1129	5607	299	354	0,507	0,589	0,161	0,429	0,078	848	151	5,4	1316		
26	6384	6321	1337	5047	994	5055	272	343	0,492	0,536	0,146	0,390	0,102	792	208	4,6	1373		
28	6756	6736	1415	5340	1095	5366	275	320	0,459	0,543	0,148	0,395	0,072	861	139	4,2	1611		
30	7910	7936	1657	6243	1337	6295	303	320	0,459	0,597	0,163	0,434	0,025	947	53	4,6	1724		
32	5723	5692	1199	4554	886	4553	253	313	0,448	0,498	0,136	0,383	0,086	809	191	3,4	1659		
34	7724	7769	1618	6106	1324	6147	297	294	0,422	0,587	0,160	0,427	0,094	1010	10	5,0	1557		
Mittel:	6899	6891	1445	5454	1127	5483	280	318	0,456	0,553	0,151	0,402	0,086	883	117	4,4	1585		

werden daher zur Beurtheilung der Verhältnisse im Allgemeinen die Zahlen für den Sauerstoffverbrauch die tauglicheren sein. Aber auch hier sind die Zahlen nicht absolut richtig. Uebersieht man die Zahlen für den eingeathmeten und ausgeathmeten Stickstoff, so treten hier ungewöhnlich hohe Differenzen auf. Auch dies hat seinen Grund in dem Mangel an Uebung. Die Zahlen für den Stickstoff werden nur dann richtig, wenn vor Beginn des Versuchs und bei seinem Schluss die Lungen gleich stark ausgepresst werden, und dazu gehört Uebung. Da man indessen annehmen darf, dass gerade so viel Stickstoff ausgeathmet, als eingeathmet wird, so kann man nach dem Stickstoffgehalt der ausgeathmeten Luft leicht die Menge der eingeathmeten berechnen.

In der nachfolgenden Tabelle ist die Menge der eingeathmeten Luft nach dieser Methode bestimmt und daraus dann der verbrauchte Sauerstoff berechnet.

Tabelle X.

No.	Die eingeathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus		Im Körper verbrauchter O		O für Oxydation des H
	N	O	N	O	C.-Ctm.	Grm.	
25	78120	20704	78120	15593	5111	7,329	1,439
26	47852	12682	47852	9413	3269	4,688	0,998
27	80301	21282	80301	16470	4812	6,900	0,758
28	49900	13224	49900	10187	3037	4,355	0,681
29	57714	15298	57724	11061	4237	6,076	1,214
30	71349	18909	71349	15155	3754	5,383	0,456
31	81274	21539	81274	16463	5076	7,279	0,890
32	52816	13997	52816	10281	3716	5,329	1,125
33	87149	23096	87149	17960	5136	7,365	1,053
34	79299	21016	79299	17076	3940	5,649	0,146
35	55204	14630	55204	11281	3349	4,802	0,896

Hieraus leiten sich nun für die Minute folgende Zahlen ab:

O-Verbrauch:		O für Oxydation des H:	
A.	R.	A.	R.
0,514	0,495	0,100	0,105
0,514	0,467	0,056	0,072
0,636	0,475	0,132	0,040
0,516	—	0,063	—
0,460	0,459	0,066	0,097
0,429	0,438	0,080	0,010

Diese Zahlen ändern an dem Resultat im Ganzen gar nichts; sie sind aber gleichmässiger, weniger schwankend und richtiger als die obigen.

Es tritt nun bei Vergleichung dieser Zahlen sofort zweierlei zu Tage.

Erstens die auffallend starke Erhöhung des Sauerstoffconsums (und auch der Kohlensäureausscheidung) in dem Versuch 29 gegenüber dem Controlversuch 30. Sieht man die Bemerkungen in den Protokollen durch, so ist der Versuch 29 der einzige, bei dem von einer gebückten Stellung die Rede ist. Früher ist davon die Rede gewesen, dass das Lesen durch das Stativ und die Stellung des Buches erschwert wurde, und dass deshalb die Stellung des Lesenden davor nicht ganz bequem genommen werden konnte. In dem Versuch, wo dies am meisten auffiel (die Bemerkung ist selbstverständlich niedergeschrieben, ehe der Versuch beendet oder gar berechnet war), wo also am meisten Muskelkraft aufgewandt war, ist auch der Sauerstoffverbrauch ein erheblich vermehrter.

Zweitens bemerkt man von Versuch 32 ab eine deutliche Abnahme des Sauerstoffverbrauches in den vier Versuchen, in denen das Stehen vor dem Stativ in eine sitzende Stellung verändert worden war. Und ferner hören in diesen vier Versuchen die Unterschiede zwischen geistiger Anstrengung und geistiger Ruhe auf. Sitzend war das Lesen bequemer geworden, es erforderte nicht mehr körperliche Anstrengung, als das Sitzen ohne Lesen, und damit fällt der Mehrverbrauch an Sauerstoff zu Gunsten der geistigen Thätigkeit vollständig weg.

Um mich nun darüber noch zu vergewissern, ob in der That die Muskelaction, die zu gezwungenen Stellungen nöthig ist, die äusserlich mitunter gar nicht einmal in die Augen fallen, den Athmeprocess so erheblich beeinflussen kann, wie die vorbergehenden Untersuchungen angeben, so habe ich noch die folgende Untersuchungsreihe angestellt, über die die folgenden Protokolle das Nähere angeben.

No. 44. Den 18. Mai 1878, Vormittags 11 Uhr. Am Stativ mit aufgelegten Armen in möglichst bequemer Stellung und ohne Bewegung gestanden. Die Athemzüge zur Controle selbst gezählt, die Zeit durch einen Gehülfen bestimmt; n. App. In 8 Min. 40 Sec. 74 Athemzüge.

No. 45. Etwa 6—8 Minuten nach Beendigung von No. 44. In etwas gebückter Stellung, etwa wie bei dem Lesen, die Arme, nicht aufgelegt, wechselten ab im Halten des Athemrohrs, wobei während des Versuchs etwa 6 mal der Arm bis zum Mund gehoben wurde. In den Rückenmuskeln Gefühl von Müdigkeit, a. App. In 7 Min. 54 Athemzüge.

No. 47. Den 25. Mai, Morgens 6 Uhr. In unbequemer gebückter Stellung mit gebogenem Rücken, so dass am Ende des Versuchs Müdigkeit in den Rückenmuskeln gespürt wurde. Die Arme wurden

5—6 mal gehoben, um das Athemrohr zu halten, n. App. In 8 Min. 72 Athemzüge.

Die Bestimmung der eingeathmeten Luft missglückte, da am Einathmungscylinder eine Nebenöffnung nicht geschlossen war (die Einathmungsluft ist nach dem Stickstoffgehalt der ausgeathmeten Luft bestimmt).

No. 48. Kurze Zeit nach No. 47. Möglichst bequeme Stellung, das Athemrohr wird mit beiden auf dem Stativ aufliegenden Armen gehalten. Keine Bewegung, a. App. In 9 Min. 35 Sec. 62 Athemzüge.

No. 49. Den 28. Mai, Morgens 6 Uhr. Unbequeme Stellung mit etwas hinten übergebogenem Kopf. Rückenmuskel schliesslich etwas ermüdet. Arme 5—6 mal gehoben bis zum Mund; a. App. In 7 Min. 55 Sec. 60 Athemzüge.

No. 50. Kurze Zeit nach No. 49. Bequeme Stellung, beide Arme aufgelegt.

No. 51. Den 1. Juni, Morgens 6 Uhr. Bequeme Stellung, doch etwas weniger bequem als seither, die das Athemrohr haltenden aufgestützten Hände werden einige Male gewechselt; a. App. In 9 Min. 22 Sec. 58 Athemzüge.

No. 52. Als bald nach No. 51. Sehr unbequeme Stellung mit gebogenem Rücken und etwas hinten übergebeugtem Kopf; starkes Müdigkeitsgefühl gegen Ende des Versuchs und daher einige Male kurzes Strecken des Rückens. Das Müdigkeitsgefühl dauert noch etwas über den Versuch hinaus, n. App. In 8 Minuten 53 Sekunden 73 Athemzüge.

Ueber die Resultate dieser Versuche geben die folgenden beiden Tabellen Rechenschaft. Die erste enthält die Zahlen, wie der Versuch unmittelbar sie ergab, die zweite die auf 1 Minute Dauer reducirten Werthe (s. Tabelle XI u. XII).

Wir sehen ohne Weiteres, wie ausnahmslos durch die unbequeme und gezwungene Stellung die Ausfuhr der Kohlensäure und die Aufnahme des Sauerstoffs um ein Erhebliches gesteigert wird. Die Steigerung ist durchweg viel stärker, der grösseren Unbequemlichkeit der Stellung entsprechend, als in den an mir ausgeführten Versuchen mit Lesen und Schreiben, in denen die Unbequemlichkeit der Stellung zwar auch, aber doch in geringerem Maasse vorhanden war. Die Versuche erläutern aufs Neue, wie ängstlich selbst scheinbar unbedeutende Muskelaction vermieden werden muss, wenn man den Einfluss irgend einer Einwirkung auf den Athemprocess ermitteln will.

Das Endresultat der Versuche ist das, dass die geistige Thätigkeit direct auf den allgemeinen Stoffwechsel keinen Einfluss ausübt.

Tabelle XI.

No.	Ein- Aus- geathmete Luft		-Die ein- geathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus pct.				Die ausgeathmete Luft besteht aus im Ganzen				Im Körper verbraucht		CO ₂ in		Die CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H		Zahl der Athemzüge	Dauer des Versuchs.	
	C.-Chem.		O	N	O	N	CO ₂	O	N	CO ₂	C.-Chem.	Grm.	Grm.	C	O	H	M.	Sec.					
1878																							
44	71932	71723	15070	56862	17,48	79,21	3,31	12537	56812	2374	2533	3,632	4,680	1,276	3,404	0,228		74	8	40			
45	64873	64209	13591	51282	16,67	79,56	3,77	10704	51085	2420	2887	4,410	4,771	1,301	3,470	0,670		54	7	0			
47	70412	70138	14751	55661	17,08	79,36	3,56	11980	55661	2497	2771	3,974	4,923	1,343	3,580	0,394		72	8	0			
48	63936	63450	13395	50541	16,85	79,49	3,66	10691	50436	2322	2704	3,878	4,578	1,248	3,330	0,548		62	9	36			
49	63197	62550	13240	49957	16,50	79,65	3,85	10320	49821	2409	2920	4,147	4,749	1,295	3,454	0,693		60	7	54			
50	66662	66276	13966	52696	16,96	79,57	3,47	11240	52736	2300	2726	3,909	4,536	1,236	3,298	0,611		64	9	0			
51	63222	62591	13245	49977	16,47	79,82	3,71	10309	49960	2322	2936	4,210	4,578	1,248	3,330	0,880		58	9	22			
52	80562	79919	16878	63654	16,62	79,82	3,56	13283	63791	2845	3894	5,154	5,609	1,530	4,079	1,075		74	8	53			

Tabelle XII.

No.	Ein- geathmete Luft	Aus- geathmete Luft	Die ein- geathmete Luft besteht aus		Die ausgeathmete Luft besteht aus		Im Körper verbraucht O		CO ₂ in		Die CO ₂ besteht aus		O für Oxy- dation des H		Verhältniss des ein- zu- ausge- athmet. Luft.		O der CO ₂ zum O des HO		Zahl der Athemzüge.	Tiefe
			O	N	O	N	CO ₂	C.-Chem.	Grm.	Grm.	C	O	H	O	O des HO					
44	8300	8276	1739	6561	1447	6555	274	292	0,419	0,540	0,147	0,393	0,027	997	937	63	8,5	972		
48	6660	6609	1395	5265	1114	5254	242	281	0,404	0,477	0,130	0,347	0,057	992	859	141	6,6	1031		
50	7407	7364	1552	5855	1249	5859	256	303	0,434	0,504	0,137	0,366	0,068	994	844	156	7,1	1042		
51	6750	6682	1414	5336	1101	5334	248	314	0,449	0,489	0,133	0,356	0,093	990	791	209	6,2	1124		
	7279	7233	1525	5754	1228	5751	255	297	0,326	0,502	0,137	0,365	0,061	993	858	142	7,1	1042		
45	9265	9173	1942	7326	1529	7298	346	412	0,591	0,682	0,186	0,496	0,096	990	838	162	7,7	1201		
47	8801	8767	1844	6958	1497	6958	312	347	0,497	0,615	0,168	0,447	0,050	996	901	99	9,0	878		
49	8000	7918	1676	6324	1306	6306	305	370	0,525	0,601	0,164	0,437	0,088	990	833	167	7,6	1053		
52	9069	8997	1900	7169	1435	7181	320	405	0,580	0,631	0,172	0,459	0,121	991	791	209	8,3	1089		
	8784	8714	1840	6944	1457	6936	321	383	0,548	0,632	0,172	0,460	0,089	992	841	159	8,1	1055		

Die molecularen Vorgänge im Gehirn, die ihr zu Grund liegen, sind also entweder keine Oxydationsprocesse, oder sie sind so gering, dass sie unseren Untersuchungsmethoden nicht zugänglich sind.

Den Versuchen wird der Vorwurf gemacht werden, dass die geistige Arbeit an Intensität zu unbedeutend und an Dauer zu kurz gewesen sei. Hiergegen bemerke ich, dass man im gewöhnlichen Leben doch gewohnt ist, die in den Versuchen angegebenen Beschäftigungen einem einfachen Sichgehenlassen gegenüber als geistige Thätigkeit anzusehen, und dass bei körperlicher Thätigkeit eine minimale, im gewöhnlichen Leben gar nicht beachtete Leistung genügt, um ihren Einfluss auf den Stoffwechsel bemerkbar zu machen, und dass zum Nachweis desselben Versuche von sehr viel kürzerer Dauer, als die hier angestellten, ausreichend sind.

Sollte Lavoisier's gemeinschaftliches Maass für körperliche und geistige Arbeit aber, trotz der hier erhobenen Zweifel, dennoch bestehen, so würden, damit gemessen, die Gelehrten dem Handlanger gegenüber gewaltig zu kurz kommen.

IV.

Literarischer Anzeiger.

No. I (Pharmakologie).

1.

Mommsen, J., Beitrag zur Kenntniss von den Erregbarkeitsveränderungen der Nerven durch verschiedene Einflüsse, insbesondere durch Gifte. I. Theil. Virchow's Archiv. Bd. 83. S. 243 ff, 1881.

Die Prüfung des peripherischen Nerv-Muskelapparates ist in neuerer Zeit zu einem stehenden Capitel pharmakologischer Untersuchungen geworden. Mommsen hebt hervor, dass die Resultate dieser Forschungen in einem „gewissen Missverhältniss“ zu der aufgewandten Arbeit stehen und sucht den Grund hierfür hauptsächlich in der Unzulänglichkeit der Methoden. Er selbst experimentirt abweichend von der Mehrzahl früherer Autoren nicht am lebenden Thiere, sondern am isolirten Nerv-Muskelpreparat des Frosches, nachdem er erfahren, dass die Ergebnisse der ersten Versuchsanordnung untereinander sehr wenig übereinstimmen. Er beobachtet alle Cautelen, welche nach den Erfahrungen der Nerv-Muskelphysiologie geboten sind (vgl. hierüber das Original).

Der kurzen Darlegung der Ergebnisse der Mommsen'schen Untersuchung dürften einige Bemerkungen über die Beurtheilung früherer ähnlicher Untersuchungen und die Fragestellung überhaupt vorausgeschickt werden.

Dass die in der Regel bei pharmakologischen Experimenten in Anwendung gezogene Methode (Reizung des durchschnittenen Ischiadicus,